

CAIO CÉSAR SILVA ALVARENGA CORREIA

**IRRIGAÇÃO DE CULTIVARES DE RABANETE E RÚCULA NA REGIÃO DE
VIÇOSA – MG**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

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

T

C824i
2017
Correia, Caio Cesar Silva Alvarenga, 1987-
Irrigação de cultivares de rabanete e rúcula na região de
Viçosa - MG / Caio Cesar Silva Alvarenga Correia. – Viçosa,
MG, 2017.

xi, 50f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando França da Cunha.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.46-50.

1. Horticultura - Viçosa (MG). 2. Rúcula. 3. *Eruca sativa*.
4. Rabanete. 5. *Raphanus sativus*. 6. Irrigação por gotejamento.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Agrícola. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola.
II. Título.

CDD 22 ed. 635.8151

CAIO CÉSAR SILVA ALVARENGA CORREIA

**IRRIGAÇÃO DE CULTIVARES DE RABANETE E RÚCULA NA REGIÃO DE
VIÇOSA – MG**

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

APROVADA: 06 de fevereiro de 2017.



Derly José Henriques da Silva



Catariny Cabral Aleman



Everardo Chartuni Mantovani
(Coorientador)



Fernando França da Cunha
(Orientador)

“Ao término de um período de decadência sobre
vêm o ponto de transição. A luz poderosa que fora
banida ressurgue. Há movimento, mas este não é
gerado pela força... O movimento é natural,
espontaneamente...”.



I Ching, O Livro das Mutações

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, através do Departamento de Engenharia Agrícola e do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola (Área de concentração em Recursos Hídricos), pelo apoio e oportunidade em cursar o mestrado.

Ao professor Fernando França da Cunha, pela orientação e conhecimentos compartilhados. Também, pela paciência e dedicação.

Ao professor Everardo Chartuni Mantovani, por acreditar em mim e pela excelente pessoa que é.

Aos meus pais Vicência Aparecida e João Luiz, pelo incentivo e suporte, bem como, pelo carinho e dedicação à minha educação.

Aos meus irmãos, Mauro Henrique e João Luiz Jr. pelas horas de diversão e prazerosas conversas. Em especial ao Mauro, que contribuiu no experimento.

À professora Paula pela amizade, companheira em muitas dificuldades.

Aos funcionários da Horta Velha (Local do experimento): Wilson, Carlos, Zim, Cocó, Miltinho, Isaías, Felicinho, Marcos, e todos os outros. Sem eles não seria possível o experimento.

Ao Departamento de Fitotecnia/UFV por ceder o local para realização do experimento.

Ao grupo GESAI pelo auxílio na realização dos trabalhos.

Aos companheiros Santos, Thalita, Felipe e Patrick que tanto contribuíram no trabalho.

Aos amigos da capoeira, pelos momentos de lazer.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola pela convivência e apoio.

Às amigas Alcione, Renata e Manuela pelas alegrias.

À toda comunidade Carangolinha de cima.

À todos e todas que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho acontecesse, meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

CAIO CÉSAR SILVA ALVARENGA CORREIA, filho de Vicência Aparecida Silva Alvarenga Correia e João Luiz Alvarenga Correia, nascido no dia oito de dezembro de 1987, no município de Campina Verde, estado de Minas Gerais, Brasil. Em 2006 ingressou na Universidade Federal de Viçosa (UFV) no curso de Geografia, no ano de 2008 transferiu para o curso de Agronomia e colou grau no ano de 2014. Durante a graduação trabalhou com extensão e, antes de encerrar a graduação, trabalhou na área de irrigação. Foi bolsista de extensão durante três anos na graduação, e fez estágios na área de irrigação antes do término da graduação. Iniciou o programa de Pós-graduação no ano de 2014.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Aumento no consumo de hortaliças	1
1.2 Agricultura familiar na região de Viçosa – MG	1
1.3 Irrigação e produção hortícola	2
1.4 Rúcula	5
1.5 Rabanete	6
1.6 Objetivo	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1. Caracterização da área e do ensaio experimental	8
2.2. Clima	8
2.3. Caracterização do solo	11
2.4. Tratamentos e delineamento experimental	12
2.5. Instalação e condução da pesquisa	12
2.5.1. Ambiente protegido	12
2.5.2. Sistema de irrigação	14
2.5.3. Semeadura, tratos culturais e fitossanitários	14
2.5.4. Manejo da irrigação	15
2.5.5. Obtenção dos dados meteorológicos	18
2.6. Variáveis analisadas	19
2.6.1. Descrição das análises no rabanete	20

2.6.2.	Descrição das análises na rúcula	22
2.7.	Análise estatística	23
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
3.1.	Cultura do rabanete	24
3.2.	Cultura da rúcula	36
4.	CONCLUSÕES	45
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variação diária da radiação global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) e evapotranspiração de referência (mm d^{-1}) referentes as três épocas de cultivo das hortaliças. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.	9
Figura 2. Variação diária da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%) referentes as três épocas de cultivo das hortaliças. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.	10
Figura 3. Ambiente protegido do local do experimento (a); vista interna da casa de vegetação (b); detalhe do registro no início de cada linha lateral (c) e de várias linhas laterais (d). Viçosa-MG, DFT-UFV, 2016.	13
Figura 4. Implemento para abertura dos sulcos (a); semeadura e gabarito utilizado (b); parcela antes (c) e após o desbaste (d). Viçosa-MG, DFT-UFV, 2016.	15
Figura 5. Detalhes do teste de uniformidade de aplicação de água (a) e (b); e estação meteorológica (c) e (d). Viçosa-MG, DFT-UFV, 2016.	18
Figura 6. Estimativa da profundidade de raízes (PR) no ciclo 3, potencial de água na planta (PAP) no ciclo 2, massa de folhas por planta (MFP) no ciclo 3 e eficiência do uso da água (EUA) nos ciclos 1, 2 e 3 em função de lâminas de irrigação para as cultivares de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.	27
Figura 7. Estimativa do potencial de água na planta (PAP) nos ciclos 1 e 3, temperatura foliar (TF) nos ciclos 1 e 2, massa de folhas por planta (MFP) no ciclo 2, diâmetro da raiz tuberosa (DT) nos ciclos 2 e 3, comprimento da raiz tuberosa (CT) no ciclo 2 e massa de raízes tuberosas comerciais (MTC) no ciclo 2 de rabanete em função de lâminas de irrigação. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.	28
Figura 8. Estimativa do número de folhas por planta (NFP) e comprimento de raiz tuberosa acima da superfície do solo (CTASS) em função de lâminas de irrigação, em duas avaliações realizadas no ciclo 3 do rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.	32
Figura 9. Estimativa da massa fresca de raiz (MFR) no ciclo 3, potencial de água na planta (PAP) nos ciclos 2 e 3, temperatura foliar (TF) no ciclo 2 e eficiência de uso da água (EUA) nos ciclos 1, 2 e 3 da rúcula em função de lâminas de irrigação. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.	39
Figura 10. Estimativa da temperatura foliar (TF) no ciclo 1 em função de lâminas de irrigação para as cultivares de rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados das análises físico-hídricas em diferentes profundidades do solo no local do experimento. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.....	11
Tabela 2. Resultados das análises químicas do solo no local do experimento. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.....	12
Tabela 3. Irrigação real e total necessária aplicada em cada tratamento e época de cultivo. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016	24
Tabela 4. Análise de variância da profundidade de raízes (PR), potencial de água na planta (PAP), temperatura foliar (TF), massa de folhas por planta (MFP), diâmetro (DT) e comprimento de raiz Tuberosa (CT), número (NTNC) e massa de raízes Tuberosas não-comerciais (MTNC), número de raízes Tuberosas comerciais (NTC) e massa de raízes Tuberosas comerciais (MTC) e eficiência do uso da água (EUA) para três cultivos de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016	25
Tabela 5. Valores médios de profundidade de raízes (cm), potencial de água na planta (kPa), massa de folhas por planta (g), diâmetro (DT, em cm) e comprimento de raízes Tuberosas (CT, em cm), número (NTNC, em ud m^{-2}) e massa de raízes Tuberosas não-comerciais (MTNC, em Kg m^{-2}), número (NTC, em ud m^{-2}) e massa de raízes Tuberosas comerciais (MTC, em Kg m^{-2}) e eficiência do uso da água (Kg m^{-3}) em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação em três cultivos de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016	26
Tabela 6. Correlação simples para as variáveis lâmina de irrigação (LI), profundidade de raízes (PR), potencial de água na planta (PAP), temperatura foliar (TF), número de folhas por planta (NFP), massa de folhas por planta (MFP), diâmetro (DT) e comprimento da raiz tuberosa (CT), comprimento da raiz tuberosa acima da superfície do solo (CTASS), número (NTNC) e massa de raiz tuberosa não-comerciais (MTNC), número (NTC) e massa de raízes tuberosas comerciais (MTC) e eficiência do uso da água (EUA) da cultura de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.....	30
Tabela 7. Análise de variância do número de folhas por planta (NFP) e comprimento de raiz tuberosa acima da superfície do solo (CTASS) para três cultivos de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016	31
Tabela 8. Número de folhas por planta (NFP) e comprimento de raiz tuberosa acima da superfície do solo (CTASS) em função de diferentes cultivares e tempos de coleta em três cultivos de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.....	31
Tabela 9. Irrigação real e total necessária aplicada em cada tratamento e época de cultivo de rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016	37

Tabela 10. Análise de variância da profundidade de raízes (PR), massa fresca de raízes (MFR), potencial de água na planta (PAP), temperatura foliar (TF), número de folhas comerciais (NFC), número total de plantas (NTP), massa fresca da parte aérea (MFPA) e eficiência do uso da água (EUA) para três cultivos de rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.....	38
Tabela 11. Valores médios de temperatura foliar (°C) em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação no ciclo 1 da rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.....	40
Tabela 12. Valores médios de temperatura foliar (TF), número de folhas comerciais (NFC) e número total de plantas (NTP) em função de diferentes cultivares no segundo cultivo da rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016	41
Tabela 13. Correlação simples para as variáveis lâmina de irrigação (LI), profundidade de raízes (PR), massa fresca de raízes (MFR), potencial de água na planta (PAP), temperatura foliar (TF), número de folhas comerciais (NFC), número total de plantas (NTP), massa fresca da parte aérea (MFPA) e eficiência do uso da água (EUA) da cultura da rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016	42

RESUMO

CORREIA, Caio César Silva Alvarenga, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2017. **Irrigação de cultivares de Rabanete e Rúcula na região de Viçosa-MG.** Orientador: Fernando França da Cunha. Coorientador: Everardo Chartuni Mantovani.

A Zona da Mata de Minas Gerais se destaca na produção de hortaliças. Para alcançar sucesso nessa atividade, é necessária a escolha correta de cultivares e aplicação correta da irrigação, dentre outros fatores de produção. Objetivou-se na presente pesquisa avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de hortaliças submetidas a diferentes lâminas de irrigação via gotejamento na região de Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais. O experimento foi realizado na Horta de Pesquisa do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram cultivadas duas espécies de hortaliças em ambiente protegido durante três ciclos. As espécies cultivadas foram Rabanete (*Raphanus sativus* L.) e Rúcula (*Eruca sativa* L.). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições, tendo nas parcelas cinco lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura-ET_c), nas subparcelas três cultivar de cada hortaliça, com cinco repetições. As cultivares de rabanete foram: Híbrido nº 25 (Sakata); Crunchy Royale (Sakata) e Vip Crimson (Feltrin); e da rúcula foram: Antonella (Isla); Cultivada (Isla) e Folha Larga (Feltrin). A ET_c foi por meio do método GESAI, onde a evapotranspiração de referência foi obtida pela equação de Penman-Monteith-FAO56 alimentada por dados coletados da estação meteorológica terrestre. Os dados foram submetidos às análises de variância, regressão e correlação simples. Para a cultura do rabanete, foi observado no Híbrido 25 Sakata apresentou maiores valores de profundidade de raízes, massa de folhas por planta, número e massa de raízes tuberosas não-comerciais. Na Vip Crimson observou-se maiores valores de diâmetro e comprimento de raiz tuberosa. A cultivar Crunchy Royale atingiu maiores valores de eficiência do uso da água e número e massa de raízes tuberosas comerciais. Para a cultura da rúcula, as cultivares comportaram semelhantemente quantos aos aspectos agrônômicos e produtivos avaliados. Os aumentos das lâminas de irrigação proporcionaram aumento do potencial de água na planta e reduções na temperatura foliar e eficiência do uso da água das hortaliças. Os resultados obtidos neste trabalho

indicam que as lâminas de irrigação aplicadas não influenciaram nas produtividades das culturas de rabanete e rúcula. Devido a alta capacidade de retenção de água no solo, pode-se pensar que a lâmina de água utilizada pela planta teve relevância na experimentação. Sendo o solo do presente experimento de alta capacidade de retenção de água no solo, recomenda-se irrigar com lâmina de 50% da ETc, desde que, no início do ciclo o solo esteja na capacidade de campo. A cultivar Crunchy Royale deve ser recomendada no cultivo de rabanete na região de Viçosa Minas Gerais. As cultivares de rúcula não apresentaram diferenças em suas características agronômicas.

ABSTRACT

CORREIA, Caio César Silva Alvarenga, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2017. **Irrigation of varieties of Radish and Rocket plant in region of Viçosa-MG, Brazil.** Adviser: Fernando França da Cunha. Co-Adviser: Everardo Chartuni Mantovani.

The region of Zona da Mata, State of Minas Gerais, in Southeastern Brazil is prolific for the production of vegetables. To achieve success in this activity, the right choice of vegetables and proper irrigation techniques are necessary as well as others factors of production. The aim of this research was to evaluate the agronomic performance of vegetable cultivars submitted to different irrigation depth by way of drip irrigation on the above mentioned region. The experiment was installed in the Field Research Center at the Agronomy Department of Viçosa University in Viçosa, Brazil. Two vegetables were grown in a protected environment for three cycles. The species cultivated were radish (*Raphanus sativus*) and Rocket (*Eruca sativa*). The experimental design was randomly blocks, with five replicates, each taking five irrigation depth (50, 75, 100, 125 and 150% of crop evapotranspiration-ET_c). On the split plots three cultivars from each vegetable with five repetition were used. The radish cultivars were: Híbrido nº 25 (Sakata); Crunchy Royale (Sakata) and Vip Crimson (Feltrin); and Rocket cultivars were: Antonella (Isla); Cultivada (Isla) and Folha Larga (Feltrin). The control of the same system in the treatment of the complete ET_c experiment was by means of GESAI method, in which the reference for the evapotranspiration was obtained from Penman-Monteith-FAO56 equation and fed by data collected from weather station. To the radish culture, it has been verified that in general, the Híbrido 25 Sakata showed the highest values to depth of roots, mass of leaves per plants, number and mass of non-commercial tuberous root. The Vip Crimson showed the highest values of diameter and length of tuberous root. The variety Crunchy Royale showed the highest values of water use efficiency, number and mass of commercial tuberous root. For the rocket crops, the varieties behaved in the same way with respect to agronomic aspects and yield aspects evaluated. The increases of the irrigation depth provided the rise of plant water potential, a decrease in leave temperature and water use efficiency for the subjected vegetables. The results obtained in this work indicate that the applied irrigation depths did not influence the yield of the radish and arugula cultures. Due to the high capacity

of water retention in the soil, one can think that the water depth used by the plant had relevance in the experimentation. As the soil of the present experiment with high water retention capacity in the soil, it is recommended to irrigate depth with a 50% ETC, provided that at the beginning of the cycle the soil is in the field capacity. The cultivar Crunchy Royale must be recommended for the radish farming in the region of Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. The cultivars of arugula did not present differences in their agronomic characteristics.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Aumento no consumo de hortaliças

Nos dias atuais o consumo de hortaliças elevou-se, devido a maior conscientização da população na busca de uma dieta alimentar saudável e rica em diversidade. Desta forma, inicia-se a preocupação para resolver algumas questões fundamentais como: diminuir a estacionalidade de oferta das hortaliças, oferecer produtos de melhor qualidade e incrementar a sustentabilidade das culturas com o menor impacto ambiental. Desse modo, a realização de pesquisas científicas com hortaliças é necessária no sentido de reduzir ou até mesmo eliminar essas deficiências do setor produtivo.

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 três a seis 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, pois, quanto ao rendimento, este pode variar entre US\$ 2 mil e US\$ 25 mil por hectare.

A área explorada com hortaliças no Brasil é estimada em 800 mil hectares, com produção de aproximadamente 16 milhões de toneladas (BISCARO et al., 2013). Geralmente a produção de hortaliças concentra-se próximo aos grandes centros consumidores, os chamados “cinturões verdes”. A produção é caracterizada pela alta perecibilidade e sazonalidade e o consumo passa por variações ao longo do ano, fato este que, dificulta a eficiência da distribuição destes produtos.

1.2 Agricultura familiar na região de Viçosa – MG

A produção de hortaliças é uma atividade agrícola quase sempre presente em pequenas propriedades rurais, seja como atividade de subsistência ou com a finalidade de comercialização do excedente agrícola em pequena escala. A pequena propriedade rural possui produção agrícola diversificada, caracterizada pela limitação de área e

baixo nível tecnológico implementado. Entretanto, o produtor de hortaliças apresenta a excelente característica de preocupar com a preservação dos recursos naturais e com a qualidade de vida (MONTEZANO; PEIL, 2006).

De acordo com o IBGE, no senso publicado em 2006, Minas Gerais ocupa a segunda posição no ranking brasileiro, em relação ao número de estabelecimentos familiares, com 10% do total (437.415 estabelecimentos), possuindo uma área equivalente a 8.845.883 hectares ocupados pela agricultura familiar. O número de agricultores familiares na mesorregião da Zona da Mata é de 121.594, e possuem um percentual de participação de 14,04% no estado. Ou seja, o potencial de produção hortícola nestes estabelecimentos é alto e, precisa de melhor embasamento teórico para sua viabilidade.

Contudo, a literatura existente sobre o desempenho agrônomo e econômico de hortaliças na Zona da Mata de Minas Gerais ainda é escassa, e o seu uso ainda é fundamentada em experiências empíricas dos 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 nematoides e aos distúrbios fisiológicos.

A escolha de variedade de hortaliças mais adaptadas ao clima e tipo de solo de uma região permite incrementos em produtividade da cultura. Muitos agricultores, não sabendo deste fato, insistem em utilizar as mesmas cultivares que já usavam seus antepassados, tornando o cultivo pouco produtivo e levando ao desestímulo dessa atividade.

1.3 Irrigação e produção hortícola

O cultivo de hortaliças é uma atividade com características diferenciadas, necessitando de irrigação e demanda intensiva de insumos agrícolas, como fertilizantes (minerais 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 utilização de sistemas de irrigação na horticultura é justificada pelo fato da irregularidade no regime pluvial tornar-se restritiva ao desenvolvimento agrícola, pois, mesmo dentro de estações chuvosas,

observa-se períodos de déficit hídrico devido à evapotranspiração. 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.

No Brasil, a agricultura irrigada é a maior consumidora 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). Práticas adequadas de irrigação contribuem para aumentar a produtividade das culturas, melhorar a qualidade dos produtos agrícolas, minimizar o uso da água e preservar os recursos hídricos. Diante disso, o controle da irrigação e pesquisas para determinação de lâmina ótima de irrigação pode contribuir para a produção de hortaliças.

O manejo racional da irrigação consiste em determinar o momento de irrigar e o tempo de funcionamento de um equipamento de irrigação, ou a sua velocidade de deslocamento, com a finalidade de aplicar a quantidade de água necessária ao pleno desenvolvimento da cultura.

A determinação do consumo de água de uma cultura é fundamental no manejo da água de irrigação, podendo ser obtida a partir de medidas efetuadas no solo, na planta e nos elementos climáticos. Os métodos baseados em medidas no solo se fundamentam na determinação do seu teor de água; os que utilizam medidas na planta consideram o monitoramento do seu potencial hídrico e avaliações da resistência estomática e da temperatura da folha, dentre outros; já os métodos baseados nos elementos climáticos consideram, desde simples medições da evaporação da água em um tanque, por exemplo os tanques classe A, até complexas equações para a estimativa da evapotranspiração (MAGALHÃES; CUNHA, 2012). A determinação da evapotranspiração tem sido mais usada por causa da sua maior praticidade e da menor exigência de mão de obra no manejo da irrigação.

Para determinação da evapotranspiração, diversos métodos são aplicados (ALLEN et al., 1998; BERNARDO et al., 2006; MANTOVANI et al., 2012). Nesta pesquisa utilizou-se o método GESAI (MANTOVANI et al., 2012) que utiliza a

evapotranspiração de referência, definida em uma primeira etapa, posteriormente multiplica o valor da evapotranspiração de referência pelos coeficientes de cultura (K_c), de depleção de água no solo (K_s) e de localizada (K_L).

De acordo com SILVA et al. (2007) a irrigação em hortaliças vem sendo realizada tradicionalmente por aspersão, principalmente por aspersão convencional. No entanto, alguns aspectos fundamentais de sustentabilidade da atividade agrícola irrigada não estão sendo contemplados. O primeiro é relacionado à sanidade das plantas. 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. Diante do cenário atual de competitividade pelo uso da água e problemas relacionados à disponibilidade dos recursos hídricos, há necessidade 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. Refere-se à irrigação localizada, a aplicação da água via superfície ou sub superfície 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: maior eficiência no uso da água, menor consumo de energia, controle fitossanitário facilitado e favorecido e fertirrigação viabilizada e favorável.

A eficiência de uso da água (EUA) é a relação entre a produtividade e a quantidade de água utilizada pela cultura. O conhecimento da EUA juntamente com programas que buscam sua potencialização é cada vez mais necessária, haja visto a crescente preocupação da população mundial com a disponibilidade dos recursos hídricos (HATFIELD et al., 2001). A EUA varia principalmente em função dos elementos climáticos e da disponibilidade de água (ABBATE et al., 2004), apesar da cultura também proporcionar tal efeito.

Os métodos de irrigação também influenciam a EUA. Em geral, os sistemas de irrigação localizada proporcionam maior eficiência em relação aos sistemas de irrigação por aspersão. A irrigação localizada permite melhor controle da lâmina d'água aplicada, diminui as perdas por evaporação (pois não gera deriva, não molha a superfície das plantas e não molha toda a superfície do solo), não há perdas por percolação e por escoamento superficial, não irriga plantas daninhas entre as fileiras de plantio e permite

maior eficiência de irrigação, a qual não é afetada pelo vento, tipo de solo e pela interferência do irrigante.

1.4 Rúcula

A rúcula (*Euruca sativa* L.) vêm ganhando destaque, devido seu sabor picante e cheiro agradável e acentuado, também conhecida como mostarda persa. Segundo GONZALEZ et al. (2006) a rúcula é originária da região mediterrânea, muito popular nas regiões de colonização italiana no Brasil, devido à sua introdução no país ser oriunda da migração italiana (MOURA et al., 2008). Essa hortaliça é rica em potássio, enxofre, ferro e vitaminas A e C.

A *Euruca sativa* L. necessita de temperaturas amenas (15 a 18 °C) para bom desenvolvimento e qualidade. Temperaturas elevadas induzem ao florescimento precoce, prejudicando a produção, as folhas ficam menores e rijas, pungentes e amargas. Quanto aos solos, prefere os de textura média (SEDIYAMA et al., 2007).

OLIVEIRA et al. (2012) pesquisando a rúcula cultivada e folha larga em ambiente salino, concluíram que ambas foram influenciadas pela salinidade. Contudo, a cultivar folha larga foi mais tolerante ao stress salino. O atributo número de folha, observa-se que não varia com tratamentos experimentais, portanto, considerara tal atributo como sendo genético (SILVA et al., 2011; SANTOS et al., 2012).

Estudos com adubação e eficiência em uso de água com rúcula mostram que diferentes doses de potássio influenciam tanto a determinação indireta do teor de clorofila quanto a eficiência no uso de água, que teve resposta quadrática aos níveis de adubação aplicado, e que a variável número de folhas não foi influenciada pelos tratamentos (PORTO et al., 2013).

TRANI et al. (1994) e PIMPINI; ENZO (1997) citam que a rúcula não suporta excesso de água de chuvas torrenciais e irrigação excessiva, principalmente no início do ciclo de cultivo. Tal ambiente com excesso de água causa tombamento das plantas, bem como, amarelecimento das folhas. Recomenda-se que a cultura receba 10 a 20 litros de água por metro quadrado (TRANI et al., 1994). Estudos sobre eficiência uso de água parâmetros nutricionais na cultura da rúcula sob stress hídrico, apontam que para solos de classe textural argilosa reposição de 80% da capacidade de campo obtém se maior eficiência no uso de água (BECARI, 2015).

1.5 Rabanete

Outra hortaliça de destaque é o rabanete (*Raphanus sativus* L.), de origem europeia e asiática. Essa planta pertence à família Brassicaceae. Em sua raiz observa-se coloração avermelhada (cultivar mais consumida) ou branca, tipo globular ou cilíndrico. O rabanete desenvolve-se melhor em regiões de clima ameno, com temperaturas entre 13 e 20 °C. O rabanete é boa fonte de vitamina A, complexo B e C, cálcio, fósforo, potássio, magnésio, sódio e ferro (VIDIGAL; PEDROSA, 2007).

O rabanete, apesar de ser uma cultura de pequena importância em termos de área plantada, é cultivado em grande número em pequenas propriedades dos cinturões verdes de regiões metropolitanas. Uma das vantagens de se cultivar esta espécie é a possibilidade de obter ganhos durante o tempo transcorrido entre duas outras culturas de ciclo mais longo, pois, além de ser relativamente rústica, apresenta ciclo muito curto (cerca de 30 dias), com retorno rápido (CARDOSO; HIRAKI, 2001).

O rabanete é uma espécie exigente em solo fértil, principalmente, para evitar distúrbios fisiológicos, como a rachadura da raiz, e pode não responder a doses de adubo orgânico, na faixa de 15 a 45 t ha⁻¹ de húmus de minhoca ou esterco bovino curtido (COSTA et al., 2006).

PEREIRA et al. (1999) estudando níveis de reposição da capacidade de campo no cultivo do rabanete encontrou que as melhores produção e raízes foram obtidos nos maiores níveis de reposição da capacidade de campo, e que os níveis de reposição influenciaram o potencial hidrogênico (pH) do produto. Para BREGONCI et al. (2008) o stress hídrico reduz o diâmetro das raízes tuberosas, principalmente quando aplicado na segunda fase do ciclo de cultivo. O mesmo autor encontrou pouco efeito sobre o comprimento das raízes.

Estudos sobre lâmina de irrigação em rabanete mostra que reposições de 100% da demanda hídrica da cultura não são necessários, e que os valores recomendados são de 60% a 80% da demanda (KLAR et al., 2015). Utilizando a metodologia do Tanque Classe A para o manejo do rabanete, obtiveram resultados mostrando que 40% da evaporação do tanque classe A atingiu níveis de produção equivalentes a lâminas de 100% da evaporação do tanque classe A (SLOMP et al., 2011).

1.6 Objetivo

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi identificar os melhores cultivares de hortaliças (rúcula e rabanete), 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 familiar na região de Viçosa, estado de Minas Gerais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área e do ensaio experimental

Os experimentos foram executados na Horta de Pesquisa do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), situada no município de Viçosa-MG, pertencente à mesorregião da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. A área experimental está localizada na latitude de 20° 45' S e longitude de 42° 52' O, com altitude de 648 m. Foram cultivadas duas hortaliças em ambiente protegido durante três ciclos: Rabanete (*Raphanus sativus L.*) e Rúcula (*Eruca sativa L.*).

A cultura do rabanete foi cultivada com ciclos de 38 (11/01 à 17/02/2016), 40 (01/03 à 09/04/2016) e 38 (12/04 à 19/05/2016) dias. A cultura da rúcula foi cultivada com ciclos de 33 (11/01 à 12/02/2016), 36 (01/03 à 05/04/2016) e 36 (12/04 à 17/05/2016) dias.

2.2. Clima

As variações dos elementos meteorológicos diários nos três períodos de cultivo das hortaliças estão apresentadas nas Figuras 1 e 2. A radiação solar (Figura 1) foi maior no primeiro cultivo, apresentando valor médio em todo o período de 7,0 MJ m⁻² d⁻¹, e oscilando dentro do intervalo de 2,2 e 10,4 MJ m⁻² d⁻¹. Nos outros cultivos, os valores médios de radiação solar foram de 5,9 e 5,4 MJ m⁻² d⁻¹ para os cultivos 2 e 3, respectivamente. No ciclo 2 a radiação solar oscilou entre 2,7 e 8,6 MJ m⁻² d⁻¹ e no ciclo 3 entre 1,9 e 7,4 MJ m⁻² d⁻¹. Esse comportamento influenciou os valores de temperatura do ar (Figura 2) e evapotranspiração de referência (ET₀) (Figura 1).

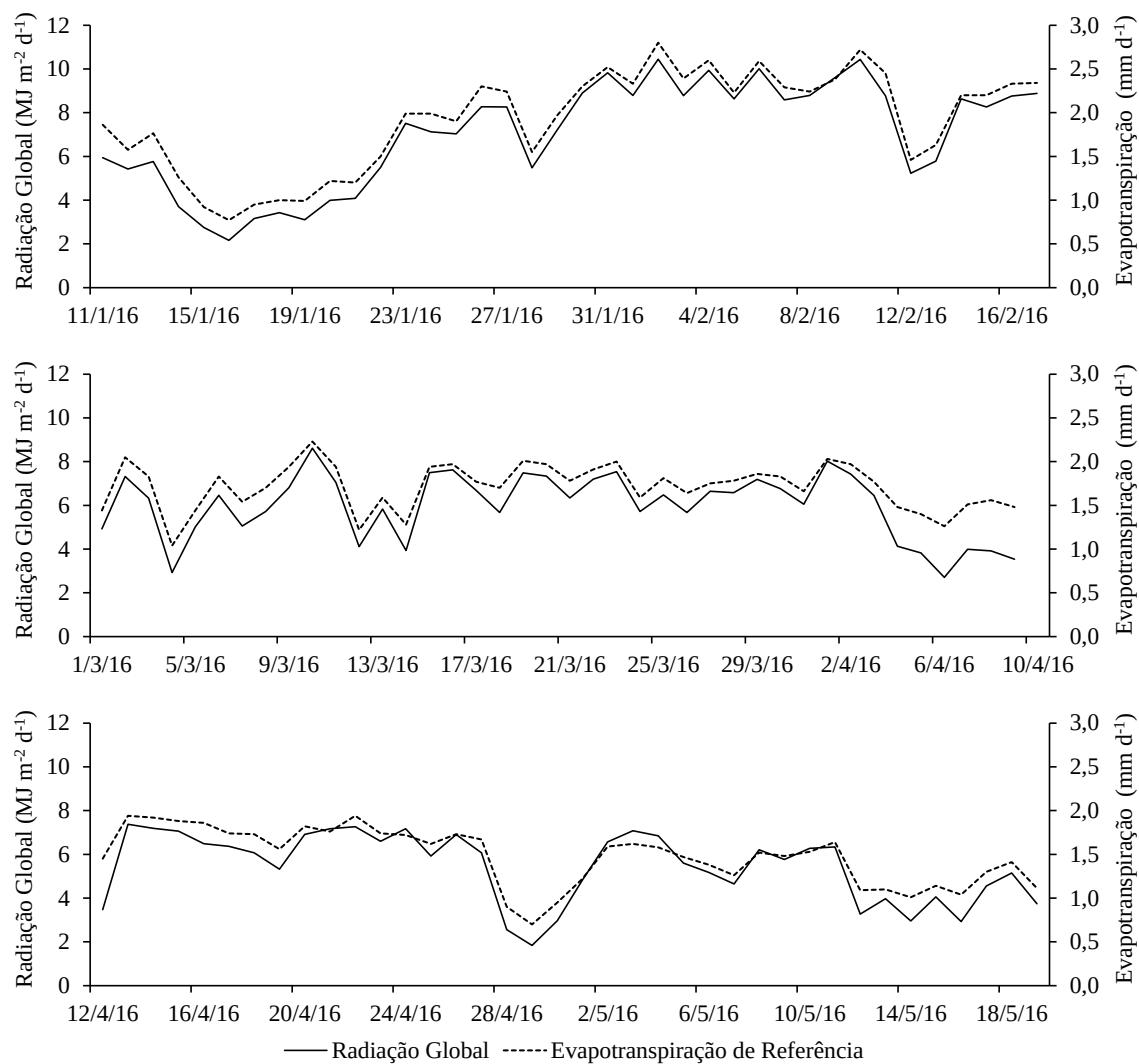


Figura 1. Variação diária da radiação global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) e evapotranspiração de referência (mm d^{-1}) referentes as três épocas de cultivo das hortaliças. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.

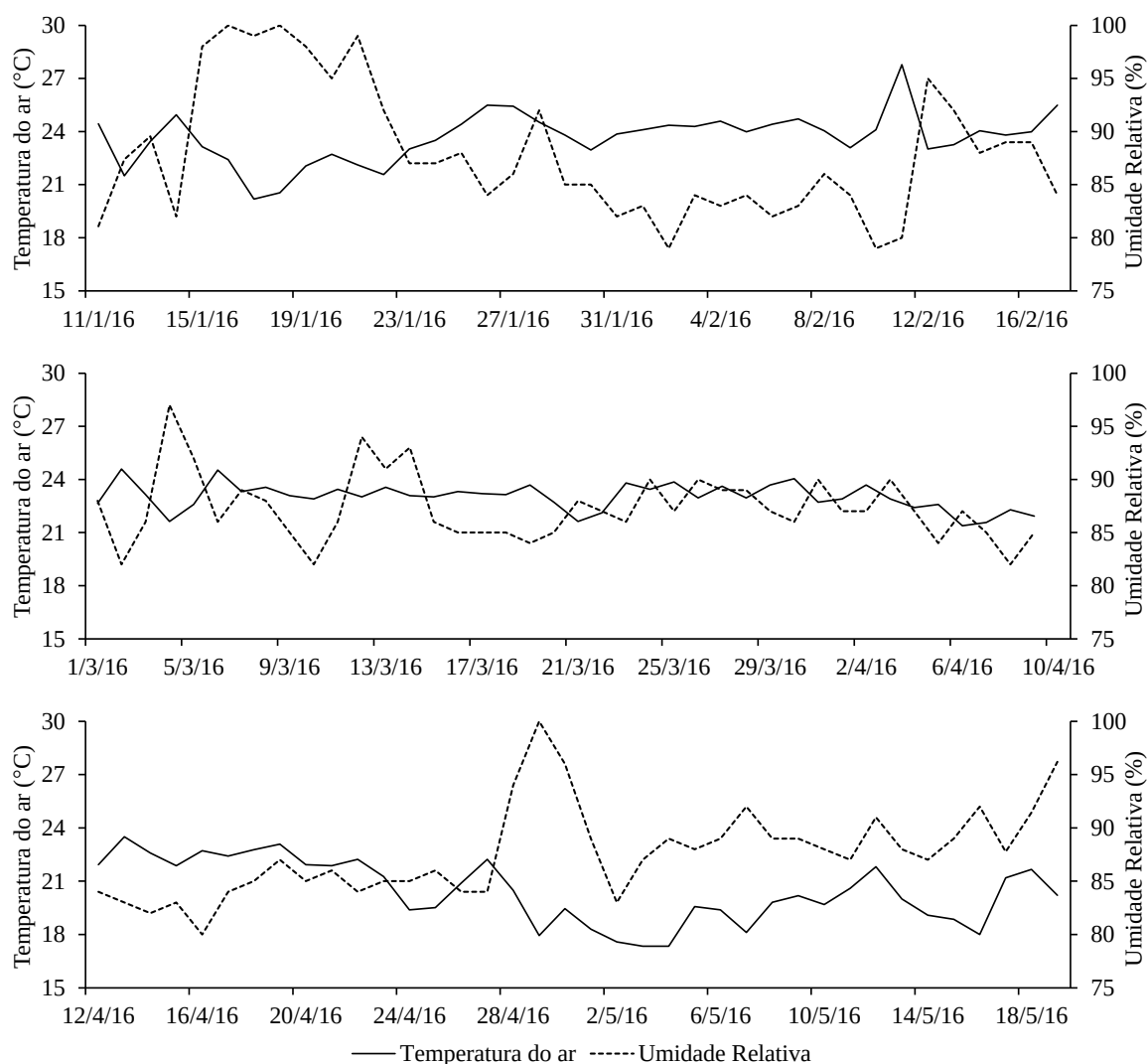


Figura 2. Variação diária da temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) referentes as três épocas de cultivo das hortaliças. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.

A temperatura média diária do ar (Figura 2), da mesma forma da radiação solar, foi maior no primeiro cultivo, alcançando valor médio de 23,7 °C, variando dentro de uma amplitude de 20,2 e 27,8 °C. Ao longo do segundo e terceiro cultivos os valores de temperatura foram menores. Para o segundo cultivo a máxima foi de 24,6 °C e mínima de 21,4 °C, tendo temperatura média de 23,0 °C. No terceiro cultivo a máxima foi de 23,5 °C e a mínima de 17,4 °C, com temperatura média de 20,5 °C.

A umidade relativa (UR) média diferiu pouco entre os cultivos, no primeiro ciclo o valor médio da UR foi de 88%, já nos ciclos 2 e 3 foi, respectivamente de, 87,6% e 87,3%. O valor máximo para os três ciclos foi de 100%, enquanto que os valores mínimos foram de 33%, 46% e 41%, para os ciclos 1, 2 e 3 respectivamente. Os maiores valores de temperaturas coincidem com os menores valores de umidade relativa do ar (Figura 2) ao longo dos três cultivos, o que é esperado, pois, a variação da umidade relativa é inversamente relacionada com a temperatura do ar.

A ET_0 (Figura 1) também foi maior no primeiro cultivo, alcançando valor médio de $1,92 \text{ mm d}^{-1}$, variando dentro de uma amplitude de $0,77$ e $2,80 \text{ mm d}^{-1}$. No segundo cultivo, o valor médio foi de $1,71 \text{ mm d}^{-1}$, oscilando entre $1,04$ e $2,23 \text{ mm d}^{-1}$. No terceiro cultivo a média foi de $1,48 \text{ mm d}^{-1}$, variando entre $0,70$ e $1,94 \text{ mm d}^{-1}$.

2.3. Caracterização do solo

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, com classificação textural Franco-argilo-arenosa na profundidade de 0 a 15 cm e Argilo-arenosa entre 15 e 30 cm de acordo com classificação da EMBRAPA (2013). Antes da instalação do experimento, amostras de solo foram coletadas nas camadas de $0-15$ e $15-30 \text{ cm}$ e análises físico-hídricas do solo (Tabela 1) foram realizadas no Laboratório de Física de Solos do Departamento de Solos (DPS) da UFV. As análises granulométricas das camadas do solo (percentagem de areia, silte e argila) foram determinadas utilizando-se do método do densímetro (EMBRAPA, 2011). As densidades do solo foram obtidas seguindo recomendações da EMBRAPA (2011). Os teores de água equivalentes à capacidade de campo foram obtidos pelo método da bacia (BERNARDO et al., 2006) e os pontos de murcha permanente da planta obtidas por meio das curvas de retenção de água no solo usando-se o extrator de Richards (RICHARDS, 1949). Para isso, utilizou-se a tensão de 15 bar como aquela equivalente ao ponto de murcha permanente da planta.

Tabela 1. Resultados das análises físico-hídricas em diferentes profundidades do solo no local do experimento. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

Prof.cm.....	CC ¹g g ⁻¹	PMP ²g g ⁻¹	Ds ³g cm ⁻³	Argila%	Silte%	Areia%	Classificação Textural
0-15	0,4474	0,2656	1,24	32	5	63	Franco-argilo-arenosa
15-30	0,4482	0,2739	1,27	37	12	51	Argilo-arenosa

*Análises físico-hídricas extraídas de DELAZARI (2014); ¹Umidade na capacidade de campo pelo método padrão da bacia; ²Umidade no ponto de murcha permanente; ³Densidade do solo.

Os atributos químicos do solo foram determinados antes do primeiro cultivo e realizados no Laboratório de Análise Química de Solos do DPS/UFV (Tabela 2). Não houve recomendações de adubação, devido aos teores de nutrientes estarem adequados aos cultivos (SEDIYAMA et al., 2007; VIDIGAL; PEDROSA, 2007).

Tabela 2. Resultados das análises químicas do solo no local do experimento. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

Prof. cm	pH	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Ca ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Al ³⁺ cmol _c dm ⁻³	H+Al cmol _c dm ⁻³	SB	t	T	V %	m	Prem mg L ⁻¹
0-15	6,2	555	216	6,5	1,6	0,0	3,0	8,7	8,7	11,7	74,2	0,0	42,9
15-30	6,3	422	295	6,3	1,5	0,1	1,0	8,5	8,6	9,5	89,5	1,2	42,4

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.

2.4. Tratamentos e delineamento experimental

Para as duas hortaliças, os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema de parcelas subdivididas (split-plot), tendo nas parcelas cinco lâminas de irrigação e nas sub parcelas três cultivares para ambas espécies, com cinco repetições. Em parâmetros que envolveram parcelas avaliadas no “tempo”, como as análises de crescimento, o experimento foi analisado em esquema de parcelas sub-subdivididas (split-split-plot) tendo, desta maneira, o tempo nas sub-subparcelas. As unidades amostrais foram constituídas de parcelas de 0,8 m de largura e 1,0 m de comprimento, com área total de 0,8 m², sendo constituídas de 40 plantas por parcela para ambas as culturas.

As lâminas de irrigação foram para reposição de 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura (ET_c).

As cultivares de rabanete utilizadas foram: Híbrido nº 25, comercializada e distribuída pela empresa Sakata; Crunchy Royale (Sakata) e Vip Crimson (Feltrin). E de rúcula foram: Antonella, comercializada e distribuída pela empresa Isla; Cultivada (Isla) e Folha Larga (Feltrin).

2.5. Instalação e condução da pesquisa

2.5.1. Ambiente protegido

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (Figuras 3a e 3b) com área total de 240 m² (8 m de largura e 30 m de comprimento). As laterais são revestidas de tela de fios de polietileno, o teto é coberto com plástico azul, e sob o teto, na parte interna da casa de vegetação, possui um sombrite móvel, ou seja, pode ser aberto ou recolhido conforme o interesse.

No preparo do solo utilizou-se enxada rotativa em toda a área da casa de vegetação e, em seguida, levantaram os canteiros de maneira manual, utilizando enxadas manuais, apresentando um metro de largura por, aproximadamente, seis metros de comprimento. Destes seis metros de comprimento três metros foram utilizados para o cultivo do rabanete e o restante foram utilizados para o cultivo da cultura da rúcula. Na identificação das parcelas estaquearam-se todos os canteiros com estacas previamente identificadas com os respectivos tratamentos (Figura 3b).

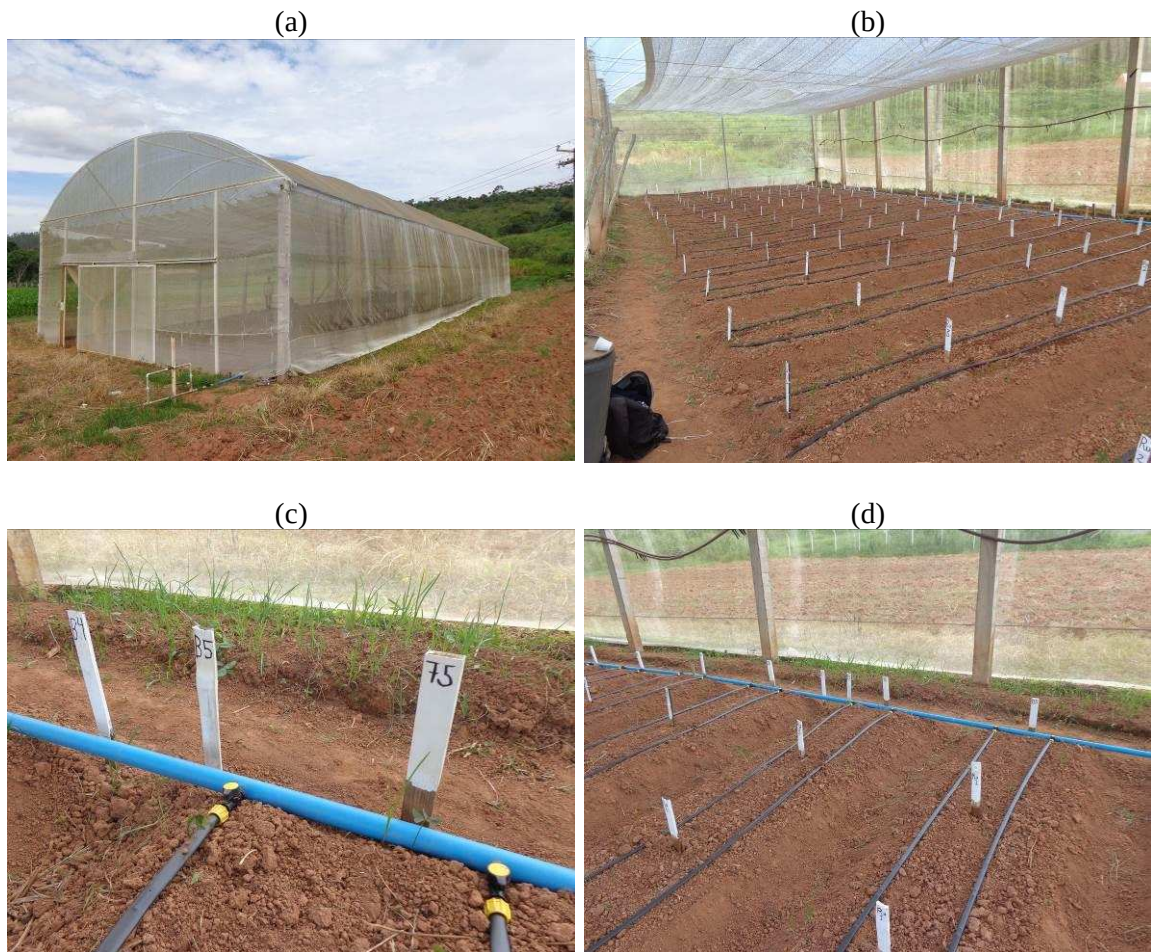


Figura 3. Ambiente protegido do local do experimento (a); vista interna da casa de vegetação (b); detalhe do registro no início de cada linha lateral (c) e de várias linhas laterais (d). Viçosa-MG, DFT-UFV, 2016.

2.5.2. Sistema de irrigação

O sistema de irrigação, operado mediante gravidade, foi por gotejamento. As fitas gotejadoras (modelo Amandi, marca Petroisa) possuíam 16 mm de diâmetro e 15 milésimos de polegada de espessura. O espaçamento entre as fitas gotejadoras foi de 40 cm, o que possibilitou a irrigação de duas fileiras de planta. Os emissores (gotejadores) operaram com pressão de serviço de 98 kPa (~10 mca), aplicando vazão aproximada de 1,2 L h⁻¹, e espaçados de 20 cm.

Para a diferenciação entre os tratamentos com lâminas de irrigação fez-se uso de conectores de início de linha com registros (Figuras 3c e 3d). De acordo com o tempo necessário para aplicar as diferentes lâminas de irrigação, abria-se ou fechava-se os registros e obtinha a diferenciação das lâminas nos diferentes tratamentos.

2.5.3. Semeadura, tratos culturais e fitossanitários

Optou-se por semeadura direta seguindo o espaçamento de 0,2 m entre linhas e 0,05 m entre plantas. Para confeccionar as linhas de semeadura utilizou-se implemento manual para abrir os sulcos (Figura 4a) e posterior deposição das sementes. Para melhor uniformidade nas linhas de semeadura, utilizou-se gabaritos para garantir espaçamento correto entre as sementes (Figura 4b). O desbaste foi realizado 15 dias após a semeadura (DAS), mantendo um espaçamento de 0,1 m entre plantas. Nas Figuras 4c e 4d são apresentados os canteiros antes e depois do desbaste, respectivamente.

Todas as capinas foram manuais, por meio do arranquio das plantas daninhas, realizadas semanalmente. Não houve incidência de pragas no primeiro e segundo cultivo, todavia, no terceiro cultivo a presença de pulgão verde (*Myzus persicae*), logo no início do cultivo, demandou o uso de inseticida. O inseticida utilizado foi o Keshet 25 EC (Deltametrina 25 g L⁻¹), da empresa Milenia Agrociência S.A.

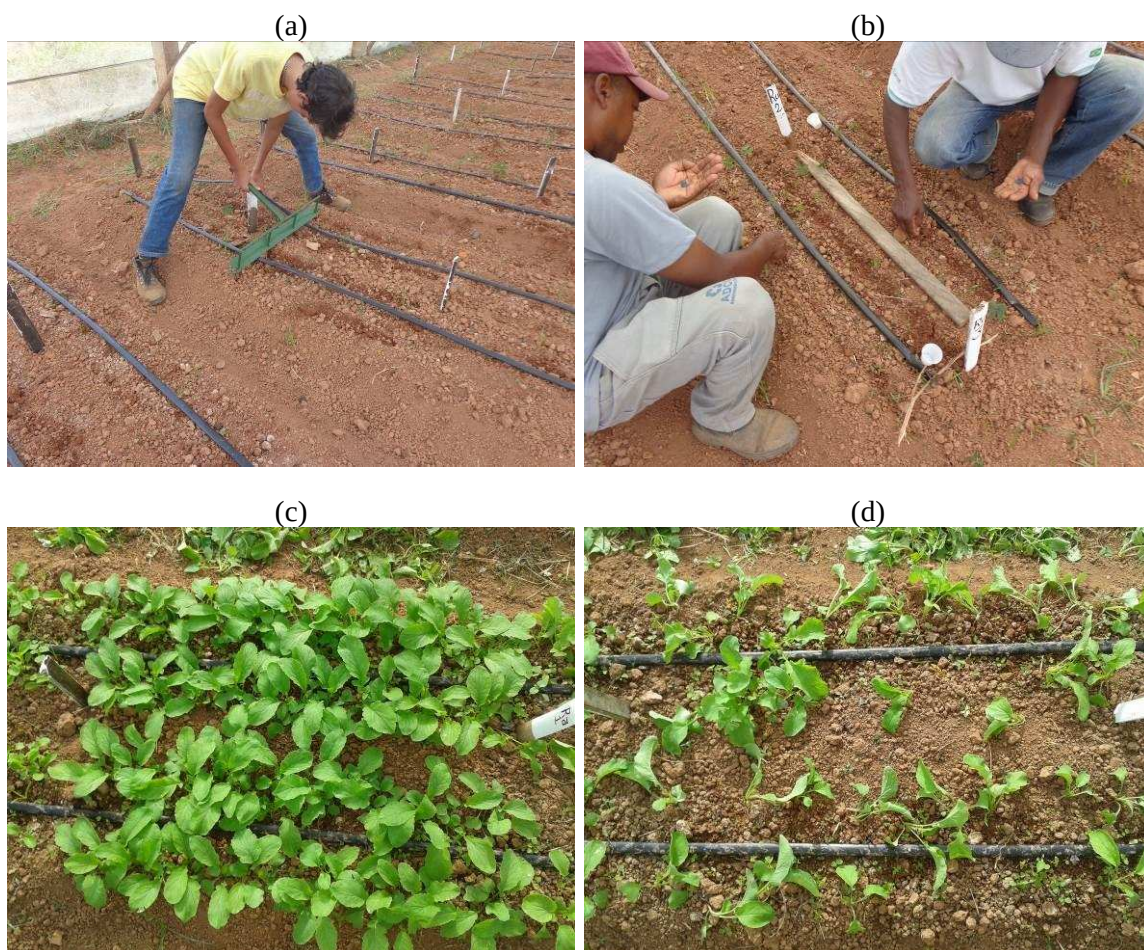


Figura 4. Implemento para abertura dos sulcos (a); semeadura e gabarito utilizado (b); parcela antes (c) e após o desbaste (d). Viçosa-MG, DFT-UFV, 2016.

2.5.4. Manejo da irrigação

O turno de rega (TR) foi fixo para cada fase da cultura, tendo TR para a primeira fase de dois dias e para as fases posteriores de três dias.

A irrigação real necessária para o tratamento com reposição hídrica de 100% da evapotranspiração da cultura foi definida em função de parâmetros climáticos, do sistema de irrigação, da planta e do solo (Equação 1), representando a real necessidade de água das culturas.

$$IRN_{LOC} = \sum_{dia1}^i ET_0 K_C K_S K_L - P_E \quad (1)$$

em que: IRN_{LOC} = 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); e P_E = precipitação efetiva no período (mm).

A precipitação efetiva é aquela utilizada diretamente pela cultura (BERNARDO et al., 2006), sendo o experimento conduzido em casa de vegetação esse valor correspondeu a zero ao longo de todo o período experimental.

Os dados meteorológicos diários para estimativa da ET_0 foram coletados da estação meteorológica automática E 4000, instalada no interior da casa de vegetação. E os valores da ET_0 medidos pela estação foram utilizados para determinar a lâmina de 100%, após serem conferidos por meio de cálculos prévios. Os parâmetros coletados foram: evapotranspiração de referência (ET_0 em mm d⁻¹), temperatura do ar (em graus Celsius); umidade relativa do ar (em porcentagem); radiação solar global (medida por fotocélula, obtida em MJ m⁻²); velocidade do vento a 2 m de altura (assumiu-se valor constante de 0,02 m s⁻¹).

A metodologia de Penman-Monteith-FAO56 (ALLEN et al., 1998) foi utilizada para estimar a ET_0 (Equação 2).

$$ET_0 = \frac{0,408 s (R_N - G) + \gamma \frac{900}{t + 273} U_2 \frac{(e_s - e)}{10}}{s + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (2)$$

em que: ET_0 = evapotranspiração de referência (mm d⁻¹); s = declividade da curva de pressão de saturação (kPa °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 °C⁻¹); t = temperatura média do ar (°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 e = pressão atual de vapor d'água (hPa).

Os coeficientes de cultivo (K_C) aplicados foram de acordo com a literatura (DOORENBOS; PRUITT, 1977; BERNARDO et al., 2006; MAROUELLI et al., 2008), e a duração das fases de acordo com o desenvolvimento vegetativo das hortaliças. Os coeficientes de umidade do solo (K_S) e de localização (K_L) foram calculados de acordo com as Equações 3 e 4, respectivamente.

$$K_s = \frac{\ln(LAA + 1)}{\ln(CTA + 1)} \quad (3)$$

$$K_L = 0,1 \sqrt{P} \quad (4)$$

em que: K_s = coeficiente de umidade do solo (adimensional); LAA = lâmina atual de água no solo (mm); CTA = capacidade total de água no solo (mm); K_L = coeficiente de localização (adimensional); e P = maior valor entre porcentagem de área molhada ou sombreada (%).

O valor da IRN_{LOC} foi corrigido em função da eficiência de irrigação do sistema, definindo a irrigação total necessária para sistemas localizados (ITN_{LOC}), conforme Equação 5.

$$ITN_{LOC} = \frac{IRN_{LOC}}{Ei} \quad (5)$$

em que: ITN_{LOC} = irrigação total necessária em sistemas localizados (mm); IRN_{LOC} = irrigação real necessária em sistemas localizados (mm); e Ei = eficiência de irrigação (decimal).

Em sistemas localizados de irrigação a eficiência de aplicação é aproximadamente 100%, ficando a eficiência de irrigação igual a eficiência de distribuição para atendimento de uma área adequadamente irrigada de 80%. A uniformidade de distribuição de água (Figuras 5a e 5b) foi determinada utilizando-se a metodologia proposta por KELLER; KARMELI (1975). Para cálculo do coeficiente de uniformidade utilizou-se a metodologia expressa pelo coeficiente de uniformidade de distribuição (Equação 6).

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \quad (6)$$

em que: CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição (%); q_{25} = média do menor quartil das vazões ($L h^{-1}$); e q_m = média das vazões ($L h^{-1}$).

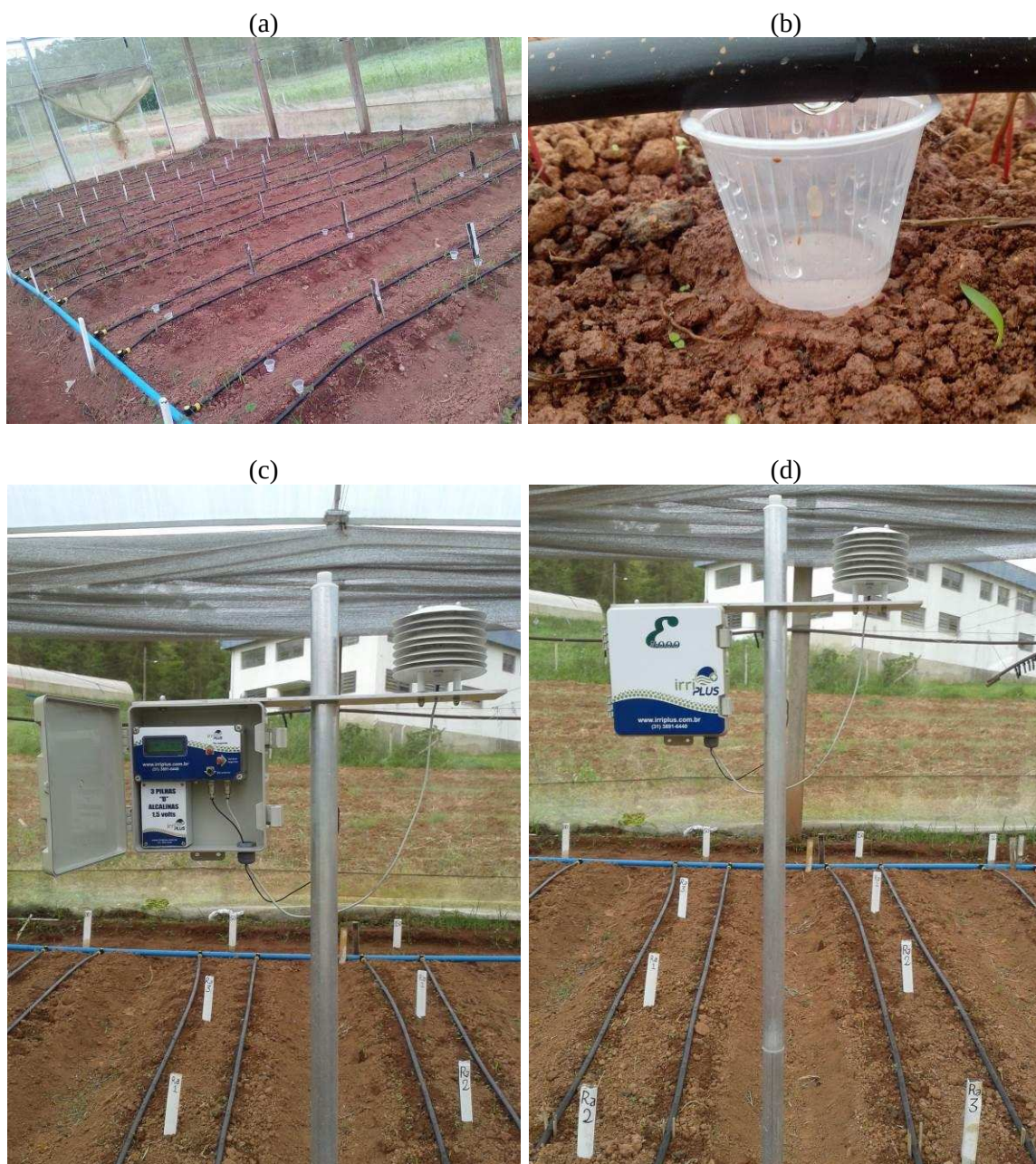


Figura 5. Detalhes do teste de uniformidade de aplicação de água (a) e (b); e estação meteorológica (c) e (d). Viçosa-MG, DFT-UFV, 2016.

2.5.5. Obtenção dos dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos por meio de estação meteorológica automática da empresa Irriplus, modelo Casa de Vegetação E 4000, instalada centralmente no local de cultivo (Figuras 5c e 5d). A referida estação possui sistema de registro dos dados, e sensores para medir radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar. Bem como, fornece o valor da ET_0 baseada na metodologia de Penman-Monteith-FAO56 (ALLEN et al., 1998).

A medida de radiação solar possui resolução de $0,006 \text{ MJ m}^{-2}$, a temperatura possui resolução de $0,06^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa do ar possui amplitude de 0-100%. Outras variáveis requeridas para cálculo da ET_0 (por exemplo, velocidade do vento), adotou-se o indicado no manual FAO 56 para dados faltantes. A alimentação da estação é por meio de pilhas, utilizando três pilhas grandes D. Os principais componentes da estação são: o display para a visualização dos dados climáticos em tempo real, botões de controle para acessos às variáveis meteorológicas, conector tipo DB9 para o download dos dados registrados, radiômetro e abrigo meteorológico.

A estação E 4000 utiliza-se de um componente eletrônico comercial LM35CAZ[®] da empresa National Semiconductor, com encapsulamento plástico TO-92, para medir temperatura. Como higrômetro, a estação faz uso do componente eletrônico HIH-4000-004, da empresa Honeywell, com encapsulamento SIP (System in a Package) e possui um filtro no sinal de saída para estabilizar a resposta. O piranômetro tem como base um semicondutor tipo fotodiodo, este componente é um sensor fotoelétrico de silício que converte a energia da irradiância solar em tensão elétrica. A estação utiliza como sensor o modelo BPW20R, da empresa Vishay Semiconductors, seu encapsulamento é o TO-5 (FINHOLDT et al., 2011).

A estação é equipada com proteção para os sensores. Aos sensores de temperatura e umidade relativa do ar, para evitar incidência de radiação e formação de microclima nas proximidades dos sensores, ocasionando leituras duvidosas, utilizou-se um abrigo de polipropileno na cor branca (para refletir maior quantidade de radiação). Ao sensor de radiação utilizou um invólucro torneado, também em polipropileno, que transmiti a irradiância solar em comprimento de onda que o sensor é sensível (FINHOLDT et al., 2011).

2.6. Variáveis analisadas

Para ambas as culturas foram avaliadas características agronômicas ao longo do crescimento das plantas, bem como, aqueles obtidos com a colheita das mesmas. Algumas variáveis foram obtidas do total de plantas nas parcelas, enquanto, outras foram obtidas de quatro plantas cativas ao longo de cada ciclo.

As variáveis usadas para a avaliação dos efeitos dos tratamentos na cultura do rabanete foram: profundidade de raízes (cm), potencial de água na planta (kPa), temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$), número de folhas ao longo do desenvolvimento da cultura (ud),

comprimento da raiz tuberosa acima da superfície do solo ao longo do desenvolvimento da cultura (cm), massa fresca das folhas (g), diâmetro da raiz tuberosa (cm), comprimento da raiz tuberosa (cm), número de raízes tuberosas comerciais e não-comerciais (ud m^{-2}), massa de raízes tuberosas comerciais e não-comerciais (Kg m^{-2}) e eficiência do uso de água (Kg m^{-3}).

As variáveis usadas para a avaliação dos efeitos dos tratamentos na rúcula foram: profundidade de raízes (cm), potencial de água na planta (kPa), temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$), número de folhas comerciais (ud planta^{-1}), número total de plantas (ud m^{-2}), massa fresca da parte aérea (Kg m^{-2}) e eficiência do uso da água (Kg m^{-3}).

2.6.1. Descrição das análises no rabanete

a) Profundidade de raízes (PR, cm)

A profundidade de raízes obtida por meio da abertura de uma trincheira, que facilitou a obtenção de torrão de solo contendo a maior parte do sistema radicular do rabanete, utilizando enxadão. Após a retirada da maior profundidade possível da raiz, destorroou o solo aderido às raízes, e levou a planta para medir do colo até a extremidade da raiz utilizando régua com escala de 0,1 cm. Esta análise foi realizada em quatro plantas cativas previamente identificadas no início dos ciclos.

b) Potencial de Água na Planta (PAP, kPa)

Para determinar o potencial de água da planta (expressa em kPa) utilizou a metodologia da bomba de Scholander (SCHOLANDER et al., 1965), na qual, utiliza-se uma câmara de pressão ligada à um cilindro de nitrogênio usado para pressurizar a câmara. De acordo com a metodologia, as medidas foram obtidas entre 3:00 h e 6:00 h (antes do amanhecer), horário em que o potencial de água na planta é máximo. Se houver estresse hídrico a reposição do potencial não é verificada evidenciando algum nível de estresse hídrico causado pela falta de água no solo. Devido ao gás nitrogênio ser seco, utilizou-se um papel úmido dentro da câmara para fazer a medida. A análise foi feita em duas folhas, obtidas de duas plantas diferentes nas parcelas.

c) Temperatura Foliar (TF, $^{\circ}\text{C}$)

A verificação da temperatura da folha foi realizada com o uso de termômetro infravermelho digital. Utilizou-se a medida de quatro plantas por parcela. As avaliações foram feitas nos horários de 11:30 h às 13:30 h, ou seja, nos horários de maiores insolações para que variações no tempo, no momento da medição, não cause efeitos.

Observou-se se havia nuvens impedindo a plena insolação, nesses momentos não foram realizadas medições, somente quando havia plena insolação eram feitas aferições. A temperatura das folhas varia com o conteúdo de água em seu interior, sendo a maior capacidade de redução da temperatura foliar observada em plantas que não estão sob estresse hídrico.

d) Número de Folhas no Desenvolvimento (NFD, ud)

Ao longo do período de cultivo, em intervalos de seis dias, foi feita a contagem do número de folhas com largura maior que três centímetros, para tanto, identificou-se quatro plantas cativas por parcela e a contagem sempre nas mesmas plantas. As plantas cativas, previamente identificadas ao longo de todo o ciclo, foram necessárias para evitar variações entre unidades amostradas (planta de rabanete).

e) Comprimento da raiz Tuberosa Acima da Superfície do Solo (CTASS, cm)

Ao longo do período de cultivo, em intervalos de seis dias, foi feita a medição da altura da raiz tuberosa acima da superfície do solo de quatro plantas cativas devidamente identificadas, para que possibilitasse ser feita a medida nas mesmas plantas.

f) Massa de Folha por Planta (g)

É a massa média das folhas de cada planta da parcela. Foi obtida retirando-se a parte aérea das quatro plantas cativas e aferindo suas respectivas massas.

g) Diâmetro da raiz Tuberosa (DT, cm)

É a média de duas medidas perpendiculares ao comprimento da raiz tuberosa, ou seja, é a medida transversal da raiz. Foi realizada utilizando um paquímetro.

h) Comprimento da raiz Tuberosa (CT, cm)

É a medida entre a inserção das folhas e o início da raiz, ou seja, é a medida longitudinal da raiz tuberosa. Utilizou-se uma régua com escala de 0,1 cm.

i) Número de raízes Tuberosas Comerciais (NTC, ud)

Para a classificação das raízes comerciais e não comerciais foram utilizados os critérios: rachaduras; defeitos na superfície; formato; tamanho. As raízes tuberosas comerciais foram os que apresentaram os critérios favoráveis à comercialização dos mesmos.

j) Número de raízes Tuberosas Não-Comerciais (NTNC, ud)

Toda e qualquer raiz tuberosa que apresentou rachaduras, defeitos na superfície, formatos irregulares, ou outros defeitos que impedisse sua comercialização.

k) Massa de raízes Tuberosas Comerciais (MTC, Kg m⁻²)

Foi a massa referente às raízes tuberosas classificados como comerciais.

- l) Massa de raízes Tuberosas Não-Comerciais (MTNC, Kg m⁻²)

Foi a massa referente às raízes tuberosas classificados como não-comerciais.

- m) Eficiência do Uso da Água (EUA, Kg m⁻³)

Foi definida pela relação entre produtividade comercial da hortaliça na parcela e a quantidade de água aplicada, possíveis quantidades de água oriundas da umidade do solo, porém, absorvida pelas raízes não foram quantificadas, portanto, não foram incluídas no cálculo do volume de água utilizada. A EUA foi calculada pela equação 7.

$$EUA = \frac{P}{V} \quad (7)$$

em que: EUA = eficiência do uso da água (kg m⁻³); P = produtividade comercial da hortaliça (kg ha⁻¹); e V = volume de água aplicada no período de produção (m³ ha⁻¹).

2.6.2. Descrição das análises na rúcula

- a) Profundidade de raízes (PR, cm)

Procedeu-se de maneira idêntica ao rabanete.

- b) Potencial de água na planta (PAP, kPa)

Procedeu-se de maneira idêntica ao rabanete.

- c) Temperatura foliar (TF, °C)

Procedeu-se de maneira idêntica ao rabanete.

- d) Número de Folhas Comerciais (NFC, ud planta⁻¹)

Foi o número de folhas que estavam em condições de serem comercializadas por planta, ou seja, não apresentavam danos e estavam em tamanho adequado. Tal contagem foi realizada nas quatro plantas cativas, após a colheita destas.

- e) Número Total de Plantas (NTP, ud m⁻²)

Foi o número total de plantas colhidas em cada parcela, o valor refere a unidades de plantas nas parcelas.

- f) Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA, Kg m⁻²)

Foi a massa da planta depois de retirada as raízes.

- g) Eficiência do Uso da Água (EUA, Kg m⁻³)

Procedeu-se de maneira idêntica ao rabanete.

2.7. Análise estatística

Os dados foram submetidos às análises de variância, regressão e correlação simples. A comparação de médias foi realizada usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos, foram testados modelos lineares e quadráticos. A seleção do modelo foi com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação (r^2) e no fenômeno biológico.

Foram realizadas análises de correlação simples (r) para todos os parâmetros avaliados, classificando-as de acordo com COHEN (1988): “muito baixo” ($r < 0,1$); “baixo” ($0,1 < r < 0,3$); “moderado” ($0,3 < r < 0,5$); “alto” ($0,5 < r < 0,7$); “muito alto” ($0,7 < r < 0,9$); e “quase perfeito” ($r > 0,9$).

Para execução das análises estatísticas foram utilizados os programas estatísticos “ASSISTAT 7.7” (SILVA; AZEVEDO, 2016) e “SIGMAPLOT 11.0” (SYSTAT SOFTWARE, INC., 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Cultura do rabanete

Na Tabela 3 pode ser observada a irrigação real e total necessária aplicada para suprir as exigências dos tratamentos de 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da evapotranspiração da cultura (ETc). Os resultados dos testes de uniformidade realizados nos sistemas de irrigação nos ciclos 1, 2 e 3 forneceram médias de 88,3; 89,9 e 97,0% de coeficiente de uniformidade de distribuição, respectivamente. Verificou que o rabanete apresentou maior demanda por irrigação no primeiro cultivo, seguido do segundo e terceiro cultivo. Esse resultado é devido a maior demanda evapotranspirométrica ocorrida nos primeiros cultivos (Figura 1).

Tabela 3. Irrigação real e total necessária aplicada em cada tratamento e época de cultivo. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

Época	Parâmetro	Lâminas de irrigação (% da ETc)				
		50	75	100	125	150
1	Irrigação Real Necessária (mm)	29,17	43,75	58,33	72,92	87,50
	Irrigação Total Necessária (mm)	33,03	49,55	66,06	82,58	99,10
2	Irrigação Real Necessária (mm)	18,95	28,42	37,89	47,37	56,84
	Irrigação Total Necessária (mm)	21,08	31,61	42,15	52,69	63,23
3	Irrigação Real Necessária (mm)	19,13	28,70	38,26	47,83	57,39
	Irrigação Total Necessária (mm)	19,72	29,58	39,44	49,31	59,17

Observa-se na Tabela 4 o resumo das análises de variância para os três ciclos de cultivo do rabanete. Houve interação entre cultivares e lâminas de irrigação para profundidade de raízes no ciclo 3. Observou-se no tratamento de lâmina de irrigação de 125% da ETc, que a cultivar Vip Crimson obteve a menor profundidade de raiz, entretanto, nas demais lâminas de irrigação não houve diferença (Tabela 5). Verificou-se efeito isolado das cultivares nos ciclos 1 e 2 (Tabela 4), onde o Híbrido 25 da Sakata atingiu maiores profundidades de raiz em relação à Crunchy Royale (Tabela 5). As lâminas de irrigação não afetaram o comprimento de raiz (Tabela 4 e Figura 6), corroborando com BREGONCI et al. (2008). Esses autores aplicaram estresse hídrico em diferentes fases do ciclo do rabanete em Alegre - ES, e observaram que o estresse hídrico reduziu o diâmetro e a massa de raízes tuberosas, principalmente quando o estresse foi aplicado na fase II, entretanto, a profundidade do sistema radicular não foi influenciada pelo estresse de água.

Tabela 4. Análise de variância da profundidade de raízes (PR), potencial de água na planta (PAP), temperatura foliar (TF), massa de folhas por planta (MFP), diâmetro (DT) e comprimento de raiz Tuberosa (CT), número (NTNC) e massa de raízes Tuberosas não-comerciais (MTNC), número de raízes Tuberosas comerciais (NTC) e massa de raízes Tuberosas comerciais (MTC) e eficiência do uso da água (EUA) para três cultivos de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio										
		PR 1	PR 2	PR 3	PAP 1	PAP 2	PAP 3	TF 1	TF 2	TF 3	MFP 1	MFP 2
Bloco	4	5,02E+0 ^{ns}	1,40E+0 ^{ns}	1,18E+1 [*]	7,85E+3 ^{**}	3,74E+3 ^{ns}	8,97E+3 ^{**}	2,51E+0 ^{ns}	9,14E-1 ^{ns}	7,44E+0 [*]	7,84E+2 ^{ns}	1,56E+2 ^{ns}
Irrigação	4	7,73E+0 ^{ns}	1,50E+0 ^{ns}	1,31E+0 ^{ns}	2,68E+4 ^{**}	2,09E+4 ^{**}	3,93E+4 ^{**}	8,39E+0 [*]	4,29E+0 ^{**}	2,79E+0 ^{ns}	4,98E+2 ^{ns}	6,22E+2 ^{**}
Resíduo (a)	16	3,46E+0	1,21E+0	3,25E+0	8,65E+2	1,99E+3	8,41E+2	2,08E+0	4,63E-1	2,02E+0	4,76E+2	8,54E+1
Cultivar	2	4,72E+1 ^{**}	1,71E+1 ^{**}	1,04E+1 ^{**}	1,33E+2 ^{ns}	3,31E+3 ^{**}	8,33E+2 ^{ns}	1,18E+0 ^{ns}	3,86E-2 ^{ns}	3,49E-1 ^{ns}	1,18E+4 ^{**}	7,76E+3 ^{**}
Irrigação x Cultivar	8	2,87E+0 ^{ns}	1,82E+0 ^{ns}	3,84E+0 [*]	5,19E+2 ^{ns}	3,46E+3 ^{**}	3,74E+3 ^{ns}	7,90E-1 ^{ns}	1,98E-1 ^{ns}	3,55E-1 ^{ns}	1,39E+2 ^{ns}	1,03E+2 ^{ns}
Resíduo (b)	40	2,52E+0	1,71E+0	1,59E+0	9,31E+2	5,06E+2	2,12E+3	1,60E+0	1,81E-1	3,98E-1	2,68E+2	7,24E+1
Total	74	4,38E+0	2,00E+0	2,97E+0	2,62E+3	2,50E+3	4,36E+3	2,02E+0	5,02E-1	1,25E+0	6,51E+2	3,20E+2
CV (%) Parcela		9,88	10,05	15,80	10,76	23,51	13,65	5,16	2,80	5,75	43,27	21,82
CV (%) Subparcela		8,43	11,93	11,04	11,16	11,86	21,67	4,53	1,75	2,55	32,45	20,08

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio										
		MFP 3	DT 1	DT 2	DT 3	CT 1	CT 2	CT 3	NTNC 1	NTNC 2	NTNC 3	MTNC 1
Bloco	4	4,35E+1 ^{ns}	2,94E-2 ^{ns}	2,40E+0 ^{**}	2,90E-1 ^{ns}	6,42E-1 ^{ns}	2,08E+0 ^{ns}	5,96E-1 ^{ns}	1,29E+1 ^{ns}	5,39E+1 ^{ns}	8,96E+0 ^{ns}	3,86E-2 ^{ns}
Irrigação	4	3,76E+1 ^{ns}	1,25E-1 ^{ns}	1,71E+0 ^{**}	4,80E-1 [*]	1,17E+0 ^{ns}	4,20E+0 ^{**}	5,83E-1 ^{ns}	1,58E+1 ^{ns}	5,86E+1 ^{ns}	1,19E+1 ^{ns}	6,21E-2 ^{ns}
Resíduo (a)	16	5,52E+1	3,83E-1	3,58E-1	1,34E-1	1,43E+0	7,57E-1	7,16E-1	1,40E+1	5,67E+1	8,32E+0	7,66E-2
Cultivar	2	3,03E+3 ^{**}	3,89E-1 ^{ns}	8,96E+0 ^{**}	5,67E-1 ^{ns}	2,02E+1 ^{**}	1,39E+1 ^{**}	2,63E-1 ^{ns}	1,10E+3 ^{**}	3,22E+3 ^{**}	1,48E+3 ^{**}	3,80E+0 ^{**}
Irrigação x Cultivar	8	2,65E+2 ^{**}	2,15E-1 ^{ns}	4,72E-1 ^{ns}	3,42E-1 ^{ns}	6,72E-1 ^{ns}	5,23E-1 ^{ns}	4,46E-1 ^{ns}	1,35E+1 ^{ns}	3,00E+1 ^{ns}	1,36E+1 ^{ns}	1,20E-1 ^{ns}
Resíduo (b)	40	6,48E+1	2,03E-1	3,20E-1	1,92E-1	9,51E-1	6,29E-1	7,70E-1	2,40E+1	3,60E+1	1,24E+1	1,01E-1
Total	74	1,62E+2	2,35E-1	7,65E-1	2,27E-1	1,54E+0	1,28E+0	6,90E-1	4,87E+1	1,28E+2	5,11E+1	1,92E-1
CV (%) Parcela		21,67	14,14	17,02	8,64	12,99	14,69	13,45	34,70	55,05	31,76	44,35
CV (%) Subparcela		23,49	10,30	16,08	10,36	10,60	13,39	13,96	45,37	43,87	38,70	50,83

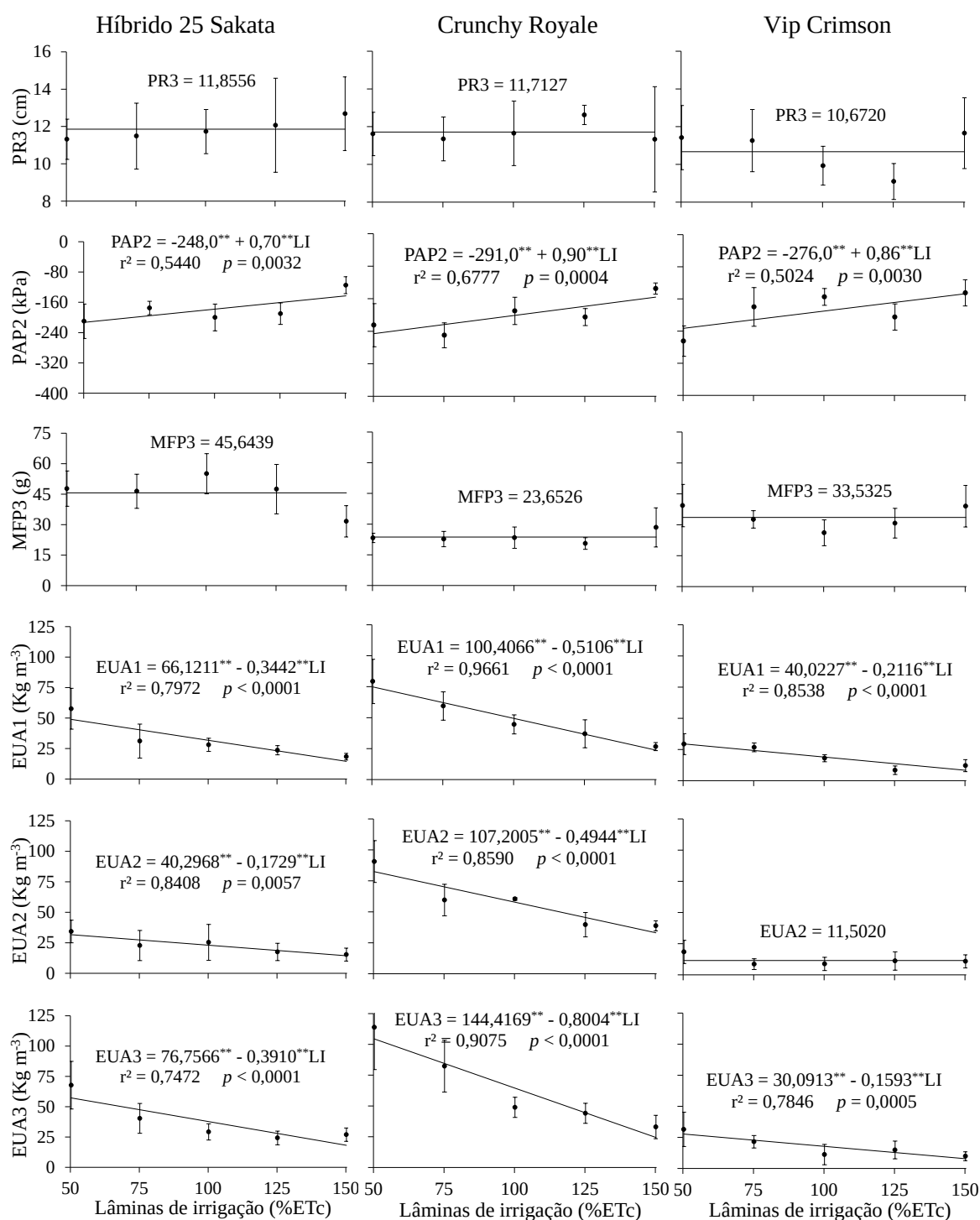
Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio										
		MTNC 2	MTNC 3	NTC 1	NTC 2	NTC 3	MTC 1	MTC 2	MTC 3	EUA 1	EUA 2	EUA 3
Bloco	4	4,36E-2 ^{ns}	8,17E-2 ^{**}	3,07E+1 ^{ns}	9,45E+0 ^{ns}	7,34E+1 ^{ns}	3,38E-1 ^{ns}	1,18E-1 ^{ns}	3,06E-1 [*]	1,68E+2 ^{ns}	9,45E+1 ^{ns}	3,86E+2 [*]
Irrigação	4	4,72E-2 ^{ns}	1,60E-2 ^{ns}	3,36E+1 ^{ns}	5,93E+1 ^{ns}	2,47E+1 ^{ns}	4,46E-2 ^{ns}	4,13E-1 [*]	1,13E-1 ^{ns}	3,16E+3 ^{**}	1,64E+3 ^{**}	5,52E+3 ^{**}
Resíduo (a)	16	6,59E-2	1,50E-2	2,48E+1	3,14E+1	2,66E+1	1,86E-1	1,26E-1	7,36E-2	1,21E+2	1,22E+2	1,21E+2
Cultivar	2	8,98E-1 ^{**}	2,17E+0 ^{**}	3,29E+3 ^{**}	4,99E+3 ^{**}	5,04E+3 ^{**}	1,54E+1 ^{**}	1,62E+1 ^{**}	1,46E+1 ^{**}	5,86E+3 ^{**}	1,45E+4 ^{**}	1,58E+4 ^{**}
Irrigação x Cultivar	8	1,61E-2 ^{ns}	1,06E-2 ^{ns}	1,32E+1 ^{ns}	3,33E+1 ^{ns}	2,44E+1 ^{ns}	2,22E-1 ^{ns}	8,93E-2 ^{ns}	1,24E-1 ^{ns}	2,61E+2 ^{**}	4,71E+2 ^{**}	9,21E+2 ^{**}
Resíduo (b)	40	3,32E-2	2,11E-2	2,41E+1	3,56E+1	2,36E+1	1,59E-1	8,52E-2	1,25E-1	6,48E+1	7,29E+1	1,84E+2
Total	74	6,31E-2	7,97E-2	1,12E+2	1,68E+2	1,63E+2	5,86E-1	5,48E-1	5,15E-1	4,27E+2	6,02E+2	9,71E+2
CV (%) Parcela		81,27	38,89	22,85	27,26	22,06	25,60	33,70	22,60	33,03	35,95	28,38
CV (%) Subparcela		57,71	46,12	22,54	29,02	20,79	23,70	27,74	29,50	24,17	27,76	35,00

* p<0,05; ** p<0,01; ^{ns} não significativo.

Tabela 5. Valores médios de profundidade de raízes (cm), potencial de água na planta (kPa), massa de folhas por planta (g), diâmetro (DT, em cm) e comprimento de raízes Tuberosas (CT, em cm), número (NTNC, em ud m^{-2}) e massa de raízes Tuberosas não-comerciais (MTNC, em Kg m^{-2}), número (NTC, em ud m^{-2}) e massa de raízes Tuberosas comerciais (MTC, em Kg m^{-2}) e eficiência do uso da água (Kg m^{-3}) em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação em três cultivos de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

Fator	Cultivo	Lâminas de Irrigação	Cultivares		
			Híbrido 25 Sakata	Crunchy Royale	Vip Crimson
Profundidade de Raízes (cm)	1		19,48 a	17,24 b	19,74 a
	2		11,83 a	10,19 b	10,85 b
	3	50% ETc	11,32 a	11,61 a	11,42 a
		75% ETc	11,49 a	11,35 a	11,26 a
		100% ETc	11,73 a	11,65 a	9,93 a
		125% ETc	12,07 a	12,62 a	9,10 b
		150% ETc	12,68 a	11,33 a	11,66 a
Potencial de Água na Planta (kPa)	2	50% ETc	-210 b	-225 b	-265 a
		75% ETc	-175 b	-250 a	-180 b
		100% ETc	-200 a	-190 a	-155 b
		125% ETc	-190 a	-205 a	-205 a
		150% ETc	-115 a	-135 a	-145 a
Massa de Folhas por Planta (g)	1		68,21 a	26,17 c	56,86 b
	2		57,77 a	23,15 c	46,14 b
	3	50% ETc	47,71 a	23,25 b	39,28 a
		75% ETc	46,42 a	22,70 b	32,59 b
		100% ETc	55,04 a	23,37 b	26,06 b
		125% ETc	47,44 a	20,56 b	30,73 b
		150% ETc	31,61 a	28,38 a	39,00 a
DT (cm)	2		2,84 b	3,98 a	3,73 a
CT (cm)	1		9,26 b	8,27 c	10,07 a
	2		5,07 b	6,29 a	6,41 a
NTNC (ud m^{-2})	1		17,30 a	11,05 b	4,05 c
	2		26,10 a	11,10 b	3,85 c
	3		17,45 a	7,50 b	2,30 c
MTNC (Kg m^{-2})	1		0,883 a	0,814 a	0,176 b
	2		0,379 a	0,466 a	0,103 b
	3		0,633 a	0,262 b	0,051 c
NTC (ud m^{-2})	1		20,55 b	33,85 a	11,00 c
	2		18,25 b	35,65 a	7,80 c
	3		23,00 b	37,75 a	9,35 c
MTC (Kg m^{-2})	1		1,598 b	2,506 a	0,946 c
	2		0,790 b	1,955 a	0,412 c
	3		1,188 b	1,972 a	0,441 c
Eficiência do Uso da Água (Kg m^{-3})	1	50% ETc	57,56 b	79,22 a	29,29 c
		75% ETc	31,09 b	59,39 a	26,68 b
		100% ETc	27,97 b	44,56 a	17,99 b
		125% ETc	23,56 b	36,95 a	8,38 c
		150% ETc	18,30 ab	26,62 a	11,99 b
	2	50% ETc	34,25 b	90,59 a	18,35 c
		75% ETc	22,75 b	59,50 a	8,52 c
		100% ETc	25,30 b	60,35 a	8,76 c
		125% ETc	17,44 b	39,63 a	11,07 b
		150% ETc	15,29 b	38,72 a	10,81 b
	3	50% ETc	67,70 b	113,84 a	25,12 c
		75% ETc	40,33 b	82,25 a	17,12 c
		100% ETc	29,17 ab	48,84 a	8,87 b
		125% ETc	24,18 ab	44,05 a	11,87 b
		150% ETc	26,89 ab	32,89 a	7,84 b

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

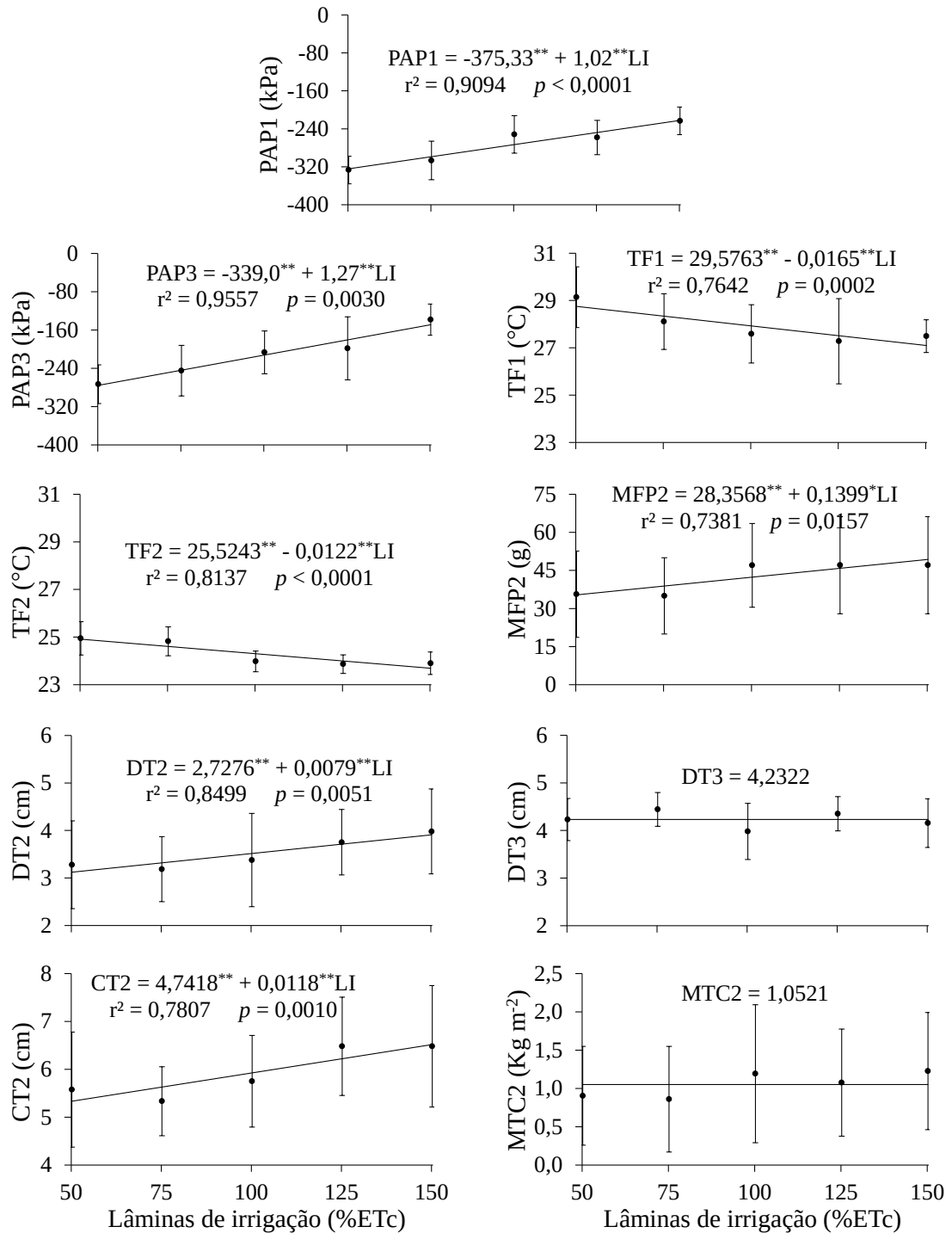


**** e *** significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Figura 6. Estimativa da profundidade de raízes (PR) no ciclo 3, potencial de água na planta (PAP) no ciclo 2, massa de folhas por planta (MFP) no ciclo 3 e eficiência do uso da água (EUA) nos ciclos 1, 2 e 3 em função de lâminas de irrigação para as cultivares de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.

Foi possível observar interação entre cultivares e lâminas de irrigação para o potencial de água do rabanete no ciclo 2 (Tabela 4). Nas maiores lâminas de irrigação não foi verificado diferença entre os potenciais de água na planta (Tabela 5). Verificou-se na Figura 6 que as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear positivo no

potencial de água em todas as variedades de rabanete no ciclo 2. Nos ciclos 1 e 3 o mesmo efeito foi obtido, ou seja, independente da variedade de rabanete, as lâminas de irrigação proporcionaram aumento linear no potencial de água na planta (Figura 7).



*** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.*

Figura 7. Estimativa do potencial de água na planta (PAP) nos ciclos 1 e 3, temperatura foliar (TF) nos ciclos 1 e 2, massa de folhas por planta (MFP) no ciclo 2, diâmetro da raiz tuberosa (DT) nos ciclos 2 e 3, comprimento da raiz tuberosa (CT) no ciclo 2 e massa de raízes tuberosas comerciais (MTC) no ciclo 2 de rabanete em função de lâminas de irrigação. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.

Esse aumento do módulo do potencial da água na planta evidencia que o rabanete sofreu maior estresse hídrico nos tratamentos que receberam menores lâminas de irrigação. Existe alta correlação entre o potencial de água na planta e a fotossíntese, pois em plantas estressadas, a redução do potencial causa a redução de atividades enzimáticas necessários no processo de fixação de CO₂ (KOONJAH et al., 2006). Desta forma, espera-se que plantas que apresentem baixos valores de potencial de água na planta, apresentem menores produtividades.

Observou-se efeito isolado da irrigação na temperatura foliar do rabanete nos ciclos 1 e 2 (Tabela 4), sendo que as reduções das lâminas de irrigação proporcionaram aumento da temperatura foliar do rabanete (Figura 7). Quando o potencial de água na planta do rabanete foi reduzido nos tratamentos que receberam menores lâminas de irrigação (Figuras 6 e 7), o conteúdo de água na planta também foi reduzido, justificando o aumento da temperatura foliar acarretado pelo fechamento dos estômatos, e perda do calor latente causado pela vaporização da água. O potencial de água na planta e a temperatura foliar apresentaram correlação negativa “alta” (Tabela 6), corroborando com o trabalho de CHU et al. (1970).

Segundo VIEIRA et al. (2015) para que se possa utilizar a temperatura foliar no manejo da irrigação, como indicador das condições hídricas das culturas, é necessário que se estabeleça os índices de estresse hídrico das culturas, que determinem o momento e a lâmina de irrigação. No entanto, existem vários inconvenientes do uso desta metodologia, uma vez que, condições climáticas diferentes daquelas ocorridas durante o período experimental, podem gerar respostas diferentes das culturas à disponibilidade hídrica. Como na presente pesquisa as leituras foram realizadas em dias de pleno sol, somente em condições semelhantes, os índices estabelecidos seriam confiáveis. Desse modo, não seria possível estabelecer estimativas de lâminas de irrigação em dias nublados, a menos que fossem empregados métodos de correção.

Tabela 6. Correlação simples para as variáveis lâmina de irrigação (LI), profundidade de raízes (PR), potencial de água na planta (PAP), temperatura foliar (TF), número de folhas por planta (NFP), massa de folhas por planta (MFP), diâmetro (DT) e comprimento da raiz tuberosa (CT), comprimento da raiz tuberosa acima da superfície do solo (CTASS), número (NTNC) e massa de raiz tuberosa não-comerciais (MTNC), número (NTC) e massa de raízes tuberosas comerciais (MTC) e eficiência do uso da água (EUA) da cultura de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

	PR	PAP	TF	NFP	MFP	DT	CT	CTASS	NTNC	MTNC	NTC	MTC	EUA
LI	0,0248 ^{ns}	0,5539 ^{**}	-0,2041 ^{**}	-0,0222 ^{ns}	0,1375 [*]	0,1406 [*]	0,0694 ^{ns}	0,1093 ^{ns}	-0,0035 ^{ns}	0,0468 ^{ns}	-0,0256 ^{ns}	0,0492 ^{ns}	-0,4761 ^{**}
PR		-0,4369 ^{**}	0,7345 ^{**}	0,2754 ^{**}	0,3985 ^{**}	0,2497 ^{**}	0,7699 ^{**}	0,6361 ^{**}	0,0257 ^{ns}	0,3480 ^{**}	-0,0751 ^{ns}	0,2123 ^{**}	-0,0832 ^{ns}
PAP			-0,5261 ^{**}	-0,0612 ^{ns}	-0,0322 ^{ns}	-0,1890 ^{**}	-0,4168 ^{**}	-0,2048 ^{**}	0,0569 ^{ns}	-0,2039 ^{**}	-0,0082 ^{ns}	-0,1554 [*]	-0,2632 ^{**}
TF				0,1737 ^{**}	0,1760 ^{**}	0,3061 ^{**}	0,6730 ^{**}	0,4844 ^{**}	-0,0477 ^{ns}	0,3165 ^{**}	0,0107 ^{ns}	0,2541 ^{**}	0,0830 ^{ns}
NFP					0,5256 ^{**}	-0,1046 ^{ns}	0,2895 ^{**}	0,7283 ^{**}	0,2408 ^{**}	0,1378 [*]	-0,2243 ^{**}	-0,0898 ^{ns}	-0,1941 ^{**}
MFP						-0,0672 ^{ns}	0,3106 ^{**}	0,5408 ^{**}	0,2485 ^{**}	0,0893 ^{ns}	-0,4379 ^{**}	-0,3173 ^{**}	-0,3809 ^{**}
DT							0,5352 ^{**}	0,0398 ^{ns}	-0,3085 ^{**}	0,1948 ^{**}	0,2054 ^{**}	0,4130 ^{**}	0,2063 ^{**}
CT								0,6792 ^{**}	-0,2202 ^{**}	0,2206 ^{**}	-0,0908 ^{ns}	0,2275 ^{**}	-0,0355 ^{ns}
CTASS									0,1129 ^{ns}	0,2394 ^{**}	-0,3147 ^{**}	-0,0619 ^{ns}	-0,3234 ^{**}
NTNC										0,5864 ^{**}	0,0661 ^{ns}	0,0331 ^{ns}	0,0056 ^{ns}
MTNC											0,2987 ^{**}	0,4126 ^{**}	0,1766 ^{**}
NTC												0,8730 ^{**}	0,7644 ^{**}
MTC													0,7041 ^{**}

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} $p > 0,05$. Classificação da correlação (r) de COHEN (1988): “muito baixo” ($r < 0,1$); “baixo” ($0,1 < r < 0,3$); “moderado” ($0,3 < r < 0,5$); “alto” ($0,5 < r < 0,7$); “muito alto” ($0,7 < r < 0,9$); e “quase perfeito” ($r > 0,9$).

Observa-se interação entre cultivares de rabanete e tempo de avaliação para o número de folhas por planta em todos os ciclos do rabanete (Tabela 7). O Híbrido 25 Sakata apresentou maior número de folhas por planta em relação ao rabanete Crunchy Royale (Tabela 8). Verificou-se também na Tabela 8 que o Híbrido 25 Sakata apresentou maior número de folhas por planta em relação a Vip Crimson no início do ciclo 1, entretanto, na última avaliação não houve diferença. O Híbrido 25 Sakata apresentou maior número de folhas em relação ao Vip Crimson em todas as avaliações no ciclo 3 e não diferiu no ciclo 2.

Tabela 7. Análise de variância do número de folhas por planta (NFP) e comprimento de raiz tuberosa acima da superfície do solo (CTASS) para três cultivos de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		NFP 1	NFP 2	NFP 3	CTASS 1	CTASS 2	CTASS 3
Bloco	4	2,62E-1 ^{ns}	7,09E-1 ^{ns}	3,41E-1 ^{ns}	2,36E+0 ^{ns}	3,88E-2 ^{ns}	4,33E-1 ^{ns}
Irrigação	4	8,79E-2 ^{ns}	1,22E+0 ^{ns}	3,67E+0 ^{**}	9,48E-1 ^{ns}	1,33E+0 ^{**}	2,82E+0 ^{**}
Resíduo (a)	16	6,40E-1	4,38E-1	1,39E-1	1,13E+0	2,33E-1	1,90E-1
Cultivar	2	1,45E+1 ^{**}	4,19E+0 ^{**}	2,72E+0 ^{**}	6,49E+1 ^{**}	1,79E+0 [*]	1,16E+1 ^{**}
Irrigação x Cultivar	8	3,93E-1 ^{ns}	6,17E-1 ^{ns}	2,14E-1 ^{ns}	7,16E-1 ^{ns}	2,42E-1 ^{ns}	3,94E-1 ^{ns}
Resíduo (b)	40	3,73E-1	2,90E-1	2,16E-1	8,93E-1	3,57E-1	2,00E-1
Tempo	A	3,06E+2 ^{**}	1,78E+2 ^{**}	5,76E+1 ^{**}	4,67E+2 ^{**}	2,22E+2 ^{**}	5,16E+1 ^{**}
Irrigação x Tempo	B	2,27E-1 ^{ns}	1,52E-1 ^{ns}	3,61E+0 ^{**}	3,30E-1 ^{ns}	2,38E-1 ^{ns}	3,32E+0 ^{**}
Cultivar x Tempo	C	3,74E+0 ^{**}	1,30E+0 ^{**}	4,01E-1 ^{**}	7,34E+0 ^{**}	3,50E+0 ^{**}	9,63E-1 ^{**}
Irrigação x Cultivar x Tempo	D	1,80E-1 ^{ns}	1,27E-1 ^{ns}	8,44E-2 ^{ns}	3,99E-1 ^{ns}	2,89E-1 ^{ns}	9,61E-2 ^{ns}
Resíduo (c)	E	2,00E-1	1,55E-1	6,13E-2	3,57E-1	2,05E-1	7,36E-2
Total	F	3,19E+0	1,55E+0	7,46E-1	5,44E+0	1,84E+0	8,21E-1
CV (%) Parcela		14,22	11,27	8,63	23,89	14,03	22,10
CV (%) Subparcela		10,85	9,18	10,79	21,22	17,36	22,66
CV (%) Sub-subparcela		7,96	6,70	5,74	13,42	13,16	13,75

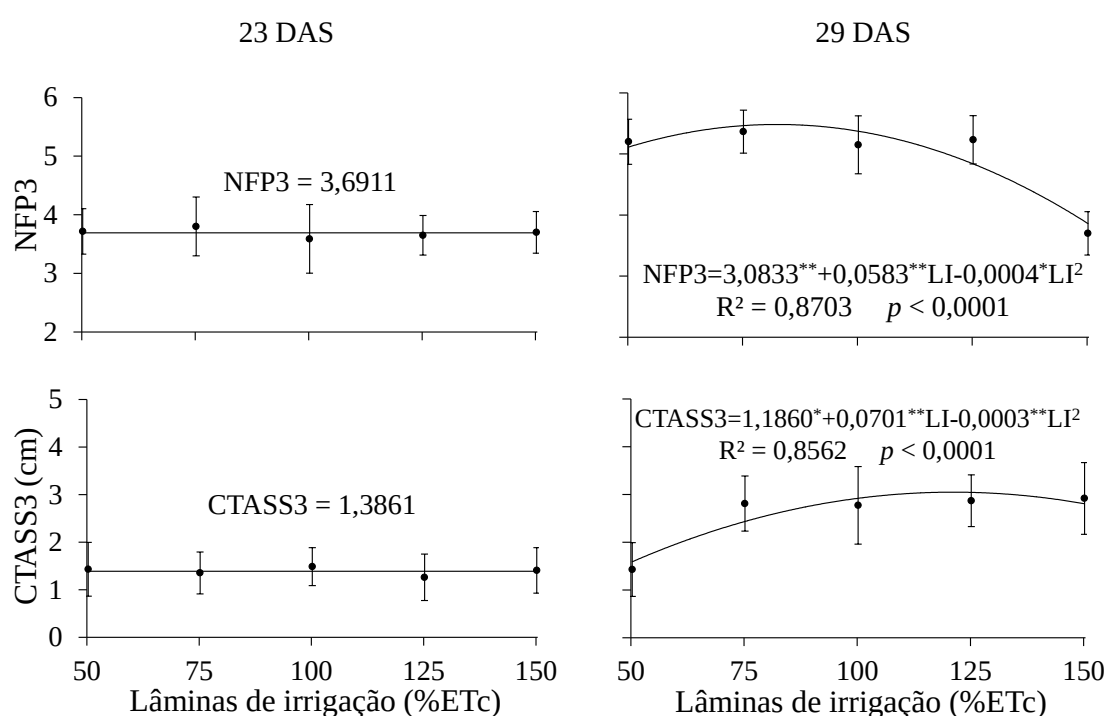
GL - graus de liberdade. Os graus de liberdade A, B, C, D, E e F são 2, 8, 4, 16, 120 e 224 no cultivo 1; e 1, 4, 2, 8, 60 e 149 nos cultivos 2 e 3, respectivamente. * p<0,05; ** p<0,01; ^{ns} não significativo.

Tabela 8. Número de folhas por planta (NFP) e comprimento de raiz tuberosa acima da superfície do solo (CTASS) em função de diferentes cultivares e tempos de coleta em três cultivos de rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

Fator	Cultivo	Tempo (DAS*)	Cultivares		
			Híbrido 25 Sakata	Crunchy Royale	Vip Crimson
Número de Folhas por Planta (ud m ⁻²)	1	21	3,96 Ac	3,57 Bc	3,52 Bc
		26	5,84 Ab	5,10 Cb	5,49 Bb
		38	8,21 Aa	6,76 Ba	8,17 Aa
	2	25	5,00 Ab	4,60 Bb	4,75 ABb
		39	7,14 Aa	6,48 Ba	7,27 Aa
	3	23	3,97 Ab	3,64 Bb	3,46 Bb
		29	5,19 Aa	4,71 Ba	4,89 Ba
Comprimt. raiz tuberosa Acima da Superfície do Solo (cm)	1	21	2,85 Ac	1,59 Bc	2,68 Ac
		26	4,43 Ab	2,89 Bb	3,98 Ab
		38	7,47 Ba	5,67 Ca	8,53 Aa
	2	25	2,52 Ab	1,98 Bb	2,17 ABb
		39	4,38 Ba	4,51 Ba	5,08 Aa
	3	23	1,73 Ab	0,87 Bb	1,56 Ab
		29	3,16 Aa	2,09 Ca	2,44 Ba

*DAS - Dias após semeadura. Médias seguidas de letras maiúsculas diferenciam as cultivares de rabanete, e seguidas de letras minúsculas diferenciam os tempos de coleta, de acordo com o teste de Tukey (p<0,05).

Foi verificada interação entre lâminas de irrigação e tempo de avaliação para o número de folhas por planta no ciclo 3 do rabanete (Tabela 7). Na avaliação feita 23 dias após a semeadura, não foi possível ajustar equação de regressão (Figura 8). Aos 29 dias após a semeadura, verificou-se que as lâminas de irrigação proporcionaram efeito quadrático no número de folhas por planta pela cultura do rabanete. O maior valor de número de folhas por planta foi de 5,48 para a lâmina de irrigação de 82,3% da ETc. Em Botucatu-SP, KLAR et al. (2015) aplicando lâminas de irrigação para reposição de 25 a 125% da ETpc na cultura do rabanete, encontraram 7 folhas por planta aplicando lâmina de irrigação de 75% da ETpc.



*** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.*

Figura 8. Estimativa do número de folhas por planta (NFP) e comprimento de raiz tuberosa acima da superfície do solo (CTASS) em função de lâminas de irrigação, em duas avaliações realizadas no ciclo 3 do rabanete. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.

Foi possível observar interação entre cultivares e lâminas de irrigação para a massa de folhas por planta do rabanete do ciclo 3 (Tabela 4), em que o Híbrido 25 Sakata apresentou maiores valores em relação as demais cultivares (Tabela 5). Nos ciclos 1 e 2 foi verificado efeito isolado das cultivares (Tabela 4) em que o Híbrido 25 Sakata apresentou maiores médias em relação a cultivar Vip Crimson, que por sua vez apresentou maior massa de folhas por planta em relação a cultivar Crunchy Royale (Tabela 5).

Não foi verificado efeito isolado da irrigação na massa de folhas por planta do rabanete no ciclo 1 (Tabela 4) e não foi possível ajustar nenhuma equação de regressão da massa de folhas por planta em função das lâminas de irrigação (Figura 6). Estes resultados corroboram com BREGONCI et al. (2008), que submeteram diferentes tensões de água no solo no manejo da irrigação do rabanete Vip Crimson no município de Alegre-ES. Entretanto, no ciclo 2, foi verificado efeito isolado das lâminas de irrigação na massa de folhas por planta do rabanete (Tabela 4). Verifica-se na Figura 7 que as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear crescente na massa de folhas por planta do rabanete no ciclo 2. CARMICHAEL et al. (2012) avaliando rabanete na Suazilândia, também verificaram aumento da parte aérea nos tratamentos com maiores níveis de água no solo.

O diâmetro da raiz tuberosa do rabanete recebeu efeito isolado das cultivares no ciclo 2 (Tabela 4). As cultivares Crunchy Royale e Vip Crimson não diferiram entre si, e apresentam maiores valores que o Híbrido 25 Sakata (Tabela 5). Foram verificados também efeitos isolados das lâminas de irrigação no diâmetro da raiz tuberosa do rabanete nos ciclos 2 e 3 (Tabela 4). Verifica-se na Figura 7 que as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear crescente no diâmetro de raiz tuberosa do rabanete no ciclo 2 corroborando com os resultados de ABDEL (2015) na Alemanha, trabalhando com diferentes cultivares de rabanete submetidas à diferentes níveis de irrigação.

Foi verificado efeito isolado das cultivares no comprimento da raiz tuberosa do rabanete nos ciclos 1 e 2 (Tabela 4). Observou-se na Tabela 5, ciclo 1, que a cultivar Vip Crimson apresentou maior comprimento da raiz tuberosa que Híbrido 25 Sakata, que por sua vez apresentou maior valor em relação a cultivar Crunchy Royale. No ciclo 2, as cultivares Crunchy Royale e Vip Crimson não diferiram entre si, e apresentaram maiores médias em relação ao Híbrido 25 Sakata. Na análise de variância (Tabela 4), efeito isolado das lâminas de irrigação no comprimento da raiz tuberosa do rabanete no ciclo 2, onde as mesmas proporcionaram efeito linear crescente (Figura 7).

Houve interação entre cultivares de rabanete e tempo de avaliação para o comprimento de raiz tuberosa acima da superfície do solo em todos os ciclos do rabanete (Tabela 7). No geral, o Híbrido 25 Sakata e Vip Crimson apresentaram maiores comprimentos de raiz tuberosa acima da superfície do solo em relação à Crunchy Royale (Tabela 8). Diante disso, espera-se que o rabanete Crunchy Royale apresente melhor qualidade de raiz tuberosa, uma vez que a radiação incidida na parte exposta do rabanete deve causar clareamento e rachaduras nas mesmas. No ciclo 3 também foi verificado interação entre lâminas de irrigação e tempo de avaliação para o

comprimento de raiz tuberosa acima da superfície do solo (Tabela 7). Aos 29 dias após a semeadura, verificou-se que as lâminas de irrigação proporcionaram efeito quadrático no comprimento de raiz tuberosa acima da superfície do solo pela cultura do rabanete. De acordo com a equação de regressão, o maior valor foi de 3,05 cm para a lâmina de irrigação de 121,0% da ETc.

O número e a massa de raiz tuberosa não-comerciais de rabanete, em todos os ciclos avaliados, foram afetados isoladamente pelas cultivares de acordo com a análise de variância (Tabela 4). O mesmo comportamento dos dois parâmetros é justificado pela correlação positiva “alta” apresentada na Tabela 6. Para o número de raízes tuberosa não-comerciais de rabanete, observa-se na Tabela 5 o mesmo comportamento em todos os ciclos, em que o Híbrido 25 Sakata apresentou maiores valores em relação à Crunch Royale, que por sua vez, apresentou maiores valores que Vip Crimson. Para a massa de raízes tuberosa não-comerciais de rabanete, nos 1 e 2 o Híbrido 25 Sakata não diferiu do Crunch Royale e ambos apresentaram maiores valores em relação a Vip Crimson. No ciclo 3 o Híbrido 25 Sakata apresentou maiores valores em relação à Crunch Royale, que por sua vez, apresentou maiores valores que Vip Crimson. O resultado mostra que a cultivar Vip Crimson apresenta menores perdas de raiz tuberosa para comercialização.

Observou-se também na Tabela 4 que a irrigação não afetou o número e a massa de raízes tuberosas não-comerciais de rabanete. Possivelmente esse resultado pode ser baseado em SANDERS (1997), que relata que uma causa de tornar o rabanete não-comercial é a presença de rachaduras, entretanto a melhor maneira de prevenir rachaduras em raízes é manter um fornecimento de água uniforme, e isso pode ser conseguido em cultivo dentro de ambiente protegido, justamente o que foi feito na presente pesquisa. SILVA et al. (2012) testando a tolerância do rabanete ao encharcamento do solo em Mossoró-RN, observaram que o rabanete apresentou sensibilidade à saturação hídrica, principalmente quando o estresse ocorreu nos primeiros estágios de desenvolvimento das plantas, chegando a conclusão que o sistema radicular da cultura do rabanete é mais sensível ao encharcamento do que a parte aérea, corroborando com FILGUEIRA (2003), que afirma que a quantidade de água útil do solo deve ser mantida próxima a 100% e, flutuações no conteúdo de água no solo acarretam rachaduras nas raízes.

Notou-se efeito isolado das cultivares no número e na massa de raízes tuberosas comerciais de rabanete em todos os ciclos avaliados (Tabela 4). O mesmo comportamento dos dois parâmetros é justificado pela correlação positiva apresentada

na Tabela 6, que foi classificada como “muito alta” de acordo com COHEN (1988). Para ambos os parâmetros, o rabanete Crunchy Royale apresentou maiores valores em relação ao Híbrido 25 Sakata, que por sua vez, apresentou maiores valores que Vip Crimson (Tabela 5). Devido a maior produtividade apresentada, somada a melhor qualidade de raízes tuberosas, Crunchy Royale deve ser o rabanete preferido no cultivo na região de Viçosa, estado Minas Gerais, dentre as cultivares avaliadas na presente pesquisa. A produtividade média da Crunchy Royale nos três ciclos foi de 2.144 g de raiz tuberosa comercial, semelhante aos 1.943 g obtidos por LIMA et al. (2015) produzindo a mesma cultivar de rabanete, em ambiente protegido, sob irrigação, no município de Lavras-MG.

Verificou-se na Tabela 4 efeito isolado da irrigação na massa de raízes tuberosas comerciais de rabanete do ciclo 2, entretanto, não foi possível ajustar uma equação de regressão (Figura 7). No ciclo 2 para número de raízes tuberosas comerciais e nos ciclos 1 e 3 para número e massa de raízes tuberosas comerciais não foi verificado nenhum efeito das lâminas de irrigação. Possivelmente, esse resultado pode ser justificado pelas irrigações realizadas no início do período experimental, deixando o solo com o teor de água equivalente a capacidade de campo em todos os tratamentos. Analisando os valores de capacidade de campo, ponto de murcha permanente da planta (Tabela 1) e profundidade média do sistema radicular (Tabela 5), observa-se que as capacidades totais de água no solo nos ciclos 1, 2 e 3 foram de 33,9; 19,9 e 20,8 mm, respectivamente. Já a diferença das lâminas líquidas de irrigação aplicadas nos tratamentos de 50 e 100% da ETc nos ciclos 1, 2 e 3 (Tabela 3) foram de 29,2; 18,9 e 19,1 mm, respectivamente. Diante disso, percebe-se que o rabanete, nos tratamentos de menores lâminas de irrigação, possivelmente consumiu a água que estava retida no solo pelas irrigações realizadas no início do ciclo, minimizando o efeito dos tratamentos de menores lâminas de irrigação, a ponto de não conferir resposta desse fator nos parâmetros produtivos da cultura. Na presente pesquisa, esse efeito de “tamponamento” ocorreu devido a cultura do rabanete apresentar ciclo curto associado ao fato do solo da área experimental apresentar alta retenção de água, uma vez que trata-se de um solo muito argiloso (Tabela 1). LIMA et al. (2015) trabalhando com rabanete em cultivo protegido no município de Lavras-MG, verificaram que os níveis de tensões de água no solo não influenciaram na produção do rabanete. Já KLAR et al (2015) em Botucatu-SP, constataram que comportamento semelhante do rabanete em dois ciclos realizados, sendo que responderam de forma quadrática o aumento das lâminas de irrigação, em que o ponto ótimo obtido foi na faixa de 60% a 80% da ETc. SLOMP et al. (2011)

praticando cultivo protegido de rabanete em Erechim-RS e testando lâminas de irrigação correspondentes a 40, 60, 80, 100 e 120% da evaporação do Tanque Classe A, verificaram que a aplicação da lâmina de 40% proporcionou produtividades de massa fresca de raízes tuberosas tão eficientes quanto às demais lâminas.

Para a eficiência do uso da água (EUA), observou-se interação entre os parâmetros cultivares e lâminas de irrigação em todos os ciclos do rabanete (Tabela 4). De forma geral, o rabanete Crunchy Royale apresentou maiores valores de EUA em relação as demais cultivares (Tabela 5). Esse resultado é devido as maiores produtividades alcançadas pela Crunchy Royale. A EUA apresentou correlação positiva “alta” com a massa de raízes tuberosas comerciais de rabanete (Tabela 6), o que confirma a justificativa supracitada.

O valor de EUA médio considerando todos os tratamentos foi de 34,3 kg m⁻³. Esse resultado significa que para produzir 1 kg de rabanete, é necessário o volume de água de irrigação de 29,2 litros.

Com exceção da Vip Crimson, no ciclo 2, observa-se na Figura 6 que as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear negativo na EUA pelos rabanetes. Esse resultado já era esperado, uma vez que são fatores inversamente proporcionais. SLOMP et al. (2011) cultivando rabanete no interior do ambiente protegido em Erechim-RS, também verificaram redução linear da EUA aplicando lâminas de irrigação para atendimento da demanda de 40 a 120% da evaporação do tanque classe A.

3.2. Cultura da rúcula

Na Tabela 9, são demonstrados os valores de irrigação real e total necessária aplicadas para suprirem as exigências hídricas dos tratamentos de 50 a 150% da evapotranspiração da cultura (ETc), nos três ciclos de produção da rúcula. Os resultados dos testes de uniformidade realizados nos sistemas de irrigação nos ciclos 1, 2 e 3 alcançaram médias de 88,3; 89,9 e 97,0% de coeficiente de uniformidade de distribuição, respectivamente. A rúcula atingiu maiores demanda por irrigação no primeiro cultivo, seguido do terceiro e, por fim, o segundo cultivos com valor menor. Esse resultado é devido às diferentes taxas evapotranspirométricas ocorridas nos distintos cultivos realizados, como pode ser verificado na Figura 1.

Tabela 9. Irrigação real e total necessária aplicada em cada tratamento e época de cultivo de rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

Época	Parâmetro	Lâminas de irrigação (% da ETc)				
		50	75	100	125	150
1	Irrigação Real Necessária (mm)	24,68	37,01	49,35	61,69	74,03
	Irrigação Total Necessária (mm)	27,94	41,92	55,89	69,86	83,83
2	Irrigação Real Necessária (mm)	16,09	24,14	32,19	40,23	48,28
	Irrigação Total Necessária (mm)	17,90	26,85	35,80	44,75	53,70
3	Irrigação Real Necessária (mm)	19,68	29,52	39,37	49,21	59,05
	Irrigação Total Necessária (mm)	20,29	30,44	40,58	50,73	60,88

Na Tabela 10, foi apresentado o resumo das análises de variância para os três ciclos de cultivo da rúcula. Não houve nenhum efeito isolado ou da interação cultivares e lâminas de irrigação na profundidade de raiz da rúcula nos três ciclos estudados. Os valores médios de profundidades do sistema radicular para os ciclos 1, 2 e 3 foram de 18,5; 17,9 e 15,6 cm, respectivamente. CUNHA et al. (2013) encontraram resultados semelhantes avaliando a profundidade de raízes das cultivares *Apreciata Folha Larga* (Feltrin), *Cultivada* (Feltrin) e *Folha Larga* (TopSeed) submetidas a diferentes lâminas de irrigação em duas épocas climáticas de Chapadão do Sul-MS. Os autores não observaram efeito das cultivares na época seca. Na época chuvosa, a cultivar *Folha Larga* (Top Seed) apresentou maior profundidade de raiz em relação às demais, sendo a diferença de apenas 2,2 cm, e observou-se também que as lâminas de irrigação não afetaram esse parâmetro.

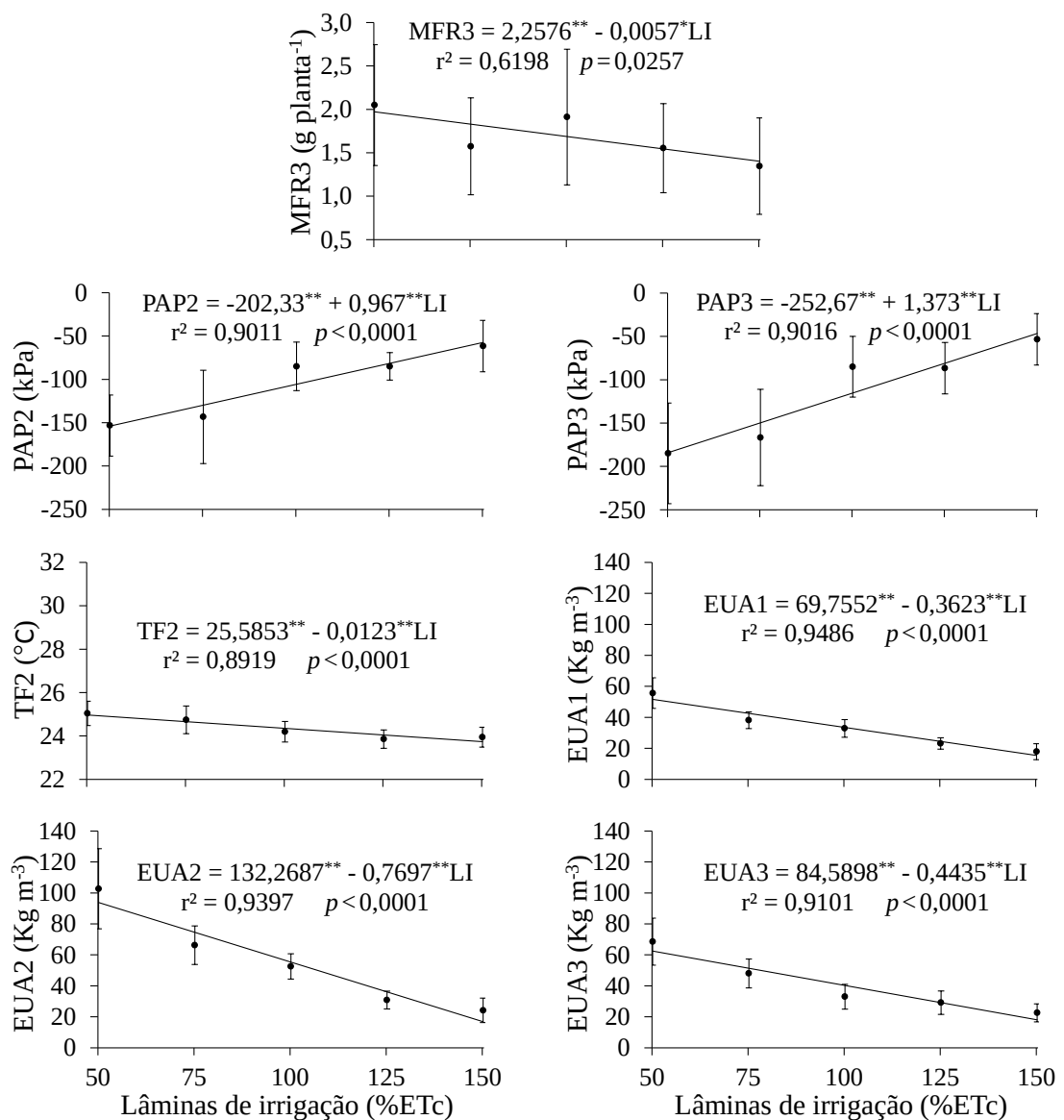
Tabela 10. Análise de variância da profundidade de raízes (PR), massa fresca de raízes (MFR), potencial de água na planta (PAP), temperatura foliar (TF), número de folhas comerciais (NFC), número total de plantas (NTP), massa fresca da parte aérea (MFPA) e eficiência do uso da água (EUA) para três cultivos de rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio											
		PR 1	PR 2	PR 3	MFR 1	MFR 2	MFR 3	PAP 1	PAP 2	PAP 3	TF 1	TF 2	TF 3
Bloco	4	4,19E+0 ^{ns}	4,52E+0 ^{ns}	9,24E+0 ^{ns}	2,04E+1 ^{**}	1,38E+1 ^{**}	6,58E+0 ^{**}	8,97E+3 ^{ns}	1,62E+3 ^{ns}	2,53E+3 ^{ns}	6,10E+0 [*]	1,95E+0 ^{**}	9,75E-1 ^{ns}
Irrigação	4	4,14E+0 ^{ns}	6,88E+0 ^{ns}	6,95E+0 ^{ns}	1,13E+1 ^{ns}	1,78E+0 ^{ns}	1,23E+0 [*]	2,29E+4 ^{ns}	2,43E+4 ^{**}	4,90E+4 ^{**}	1,53E+1 ^{**}	3,99E+0 ^{**}	3,57E+0 ^{ns}
Resíduo (a)	16	9,21E+0	5,49E+0	5,93E+0	3,86E+0	2,81E+0	4,09E-1	1,16E+4	1,72E+3	1,03E+3	1,92E+0	2,68E-1	1,64E+0
Cultivar	2	1,47E+0 ^{ns}	6,17E-3 ^{ns}	3,91E+0 ^{ns}	3,28E-1 ^{ns}	2,47E+0 ^{ns}	4,80E-1 ^{ns}	3,43E+3 ^{ns}	7,58E+2 ^{ns}	1,23E+3 ^{ns}	9,24E-1 ^{ns}	4,64E-1 [*]	1,81E-2 ^{ns}
Irrigação x Cultivar	8	5,13E+0 ^{ns}	3,02E+0 ^{ns}	4,00E+0 ^{ns}	2,32E+0 ^{ns}	5,91E+0 ^{ns}	4,74E-1 ^{ns}	4,56E+3 ^{ns}	1,31E+3 ^{ns}	1,54E+3 ^{ns}	1,71E+0 [*]	1,29E-1 ^{ns}	5,85E-1 ^{ns}
Resíduo (b)	40	3,65E+0	3,08E+0	4,52E+0	1,23E+0	3,71E+0	4,48E-1	4,91E+3	9,71E+2	2,28E+3	7,15E-1	1,15E-1	3,37E-1
Total	74	5,01E+0	3,80E+0	5,14E+0	3,47E+0	4,16E+0	8,17E-1	7,46E+3	2,46E+3	4,44E+3	2,17E+0	4,68E-1	8,46E-1
CV (%) Parcela		16,38	13,09	15,58	36,12	81,23	37,91	83,55	39,20	27,89	5,09	2,13	5,21
CV (%) Subparcela		10,31	9,81	13,60	20,37	93,32	39,69	54,44	29,49	41,37	3,10	1,39	2,36

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio											
		NFC 1	NFC 2	NFC 3	NTP 1	NTP 2	NTP 3	MFPA 1	MFPA 2	MFPA 3	EUA 1	EUA 2	EUA 3
Bloco	4	1,68E+0 ^{ns}	1,70E+0 ^{ns}	6,18E-1 ^{ns}	5,39E+1 ^{ns}	3,19E+1 ^{ns}	7,52E+1 ^{ns}	1,32E-1 ^{ns}	1,06E+0 ^{**}	6,51E-1 ^{**}	4,90E+1 ^{ns}	1,40E+3 [*]	6,46E+2 ^{**}
Irrigação	4	3,00E+0 ^{ns}	2,35E+0 ^{ns}	5,55E-1 ^{ns}	1,13E+2 ^{ns}	1,05E+1 ^{ns}	9,03E+1 ^{ns}	1,77E-1 ^{ns}	1,56E-1 ^{ns}	4,91E-2 ^{ns}	3,24E+3 ^{**}	1,48E+4 ^{**}	5,06E+3 ^{**}
Resíduo (a)	16	1,76E+0	1,21E+0	1,64E+0	1,26E+2	3,65E+1	3,01E+1	1,29E-1	5,85E-2	2,71E-2	5,23E+1	2,98E+2	4,44E+1
Cultivar	2	4,54E+0 ^{ns}	6,46E+0 ^{**}	5,08E-2 ^{ns}	1,71E+1 ^{ns}	1,60E+2 ^{**}	3,76E+1 ^{ns}	7,55E-3 ^{ns}	2,76E-2 ^{ns}	1,70E-1 ^{ns}	1,74E+1 ^{ns}	2,54E+1 ^{ns}	1,66E+2 ^{ns}
Irrigação x Cultivar	8	1,54E+0 ^{ns}	6,15E-1 ^{ns}	1,15E+0 ^{ns}	5,06E+1 ^{ns}	1,88E+1 ^{ns}	1,19E+1 ^{ns}	7,93E-2 ^{ns}	4,91E-2 ^{ns}	2,04E-2 ^{ns}	5,49E+1 ^{ns}	8,71E+1 ^{ns}	3,50E+1 ^{ns}
Resíduo (b)	40	1,54E+0	8,24E-1	1,22E+0	3,63E+1	1,86E+1	3,15E+1	4,92E-2	5,50E-2	7,05E-2	3,15E+1	6,70E+1	6,78E+1
Total	74	1,75E+0	1,17E+0	1,20E+0	6,18E+1	2,66E+1	3,48E+1	7,99E-2	1,14E-1	8,86E-2	2,13E+2	9,85E+2	3,63E+2
CV (%) Parcela		16,35	13,43	17,67	29,37	13,83	12,80	28,92	15,37	13,86	21,57	31,23	16,57
CV (%) Subparcela		15,31	11,09	15,23	15,76	9,87	13,10	17,89	14,91	22,37	16,75	14,81	20,46

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} não significativo.

Para a massa fresca de raízes, verificou-se efeito isolado das lâminas de irrigação no ciclo 3, nos demais ciclos, não foi observado nenhum efeito isolado desse fator ou com interação com as cultivares de rúcula (Tabela 10). As lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear negativo na massa fresca de raízes da rúcula (Figura 9). É importante ressaltar que mesmo a rúcula apresentando maior massa de raiz quando submetidas a menores lâminas de irrigação, as mesmas não possuirão maior capacidade em absorver água e nutrientes, pois essa característica não aumenta em proporção ao aumento desse fator. Enquanto novas raízes com alta capacidade de absorção estão sendo produzidas, raízes mais velhas se tornam menos permeáveis (KRAMER, 1983).



** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Figura 9. Estimativa da massa fresca de raiz (MFR) no ciclo 3, potencial de água na planta (PAP) nos ciclos 2 e 3, temperatura foliar (TF) no ciclo 2 e eficiência de uso da água (EUA) nos ciclos 1, 2 e 3 da rúcula em função de lâminas de irrigação. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.

As cultivares de rúcula não sofreram efeito no potencial de água na planta em nenhum ciclo avaliado (Tabela 10), mostrando que as mesmas apresentam o mesmo comportamento para esse parâmetro. Devido o alto coeficiente de variação da parcela no ciclo 1, não foi verificado efeito das lâminas de irrigação no potencial de água da rúcula, entretanto, nos ciclos ciclo 2 e 3, verificaram-se efeito isolado da irrigação nesse parâmetro (Tabela 10). Verifica-se na Figura 9 que o aumento das lâminas de irrigação proporcionou efeito linear positivo no potencial de água nos ciclos supracitados. Esse aumento do potencial de água evidencia que a rúcula sofreu maior estresse hídrico nos tratamentos que receberam menores lâminas de irrigação. Quando as plantas estão com déficit hídrico, as células-guarda, localizadas nos estômatos, apresentam-se com menor turgidez e a abertura estomática é reduzida, resultando em menores taxas de absorção de CO₂. A consequência disso é a redução da fotossíntese e redução de novas folhas e abscisão foliar. Desta forma, os processos fisiológicos são comprometidos acarretando em perdas na produtividade e qualidade do produto. O estresse hídrico causa efeito de desidratação das células o que pode acarretar concentração de íons que tornarão tóxicos para o ambiente celular (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Na tabela 10, houve interação entre cultivares e lâminas de irrigação na temperatura foliar da rúcula no ciclo 1. Observa-se na Tabela 11, no tratamento de lâmina de irrigação de 50% da ETc, que a cultivar Folha Larga atingiu maior valor de temperatura foliar em relação a Antonella; e a Rúcula Cultivada não diferiu de nenhuma delas. Nas demais lâminas de irrigação, não foram verificadas diferenças de temperatura foliar entre as cultivares avaliadas.

Tabela 11. Valores médios de temperatura foliar (°C) em função de diferentes cultivares e lâminas de irrigação no ciclo 1 da rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

Lâminas de Irrigação	Cultivares		
	Antonella	Rúcula Cultivada	Folha Larga
50% ETc	27,26 b	28,56 ab	29,47 a
75% ETc	27,85 a	28,24 a	28,29 a
100% ETc	27,15 a	27,67 a	27,00 a
125% ETc	26,32 a	25,83 a	26,10 a
150% ETc	26,74 a	26,56 a	26,21 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear negativo na temperatura foliar das cultivares Cultivada e Folha Larga no ciclo 1 (Figura 10). Possivelmente as menores lâminas de irrigação possibilitou um menor conteúdo de água na planta, acarretando o parcial fechamento dos estômatos e reduzindo a perda do calor latente causado pela vaporização da água, justificando o aumento da temperatura foliar.

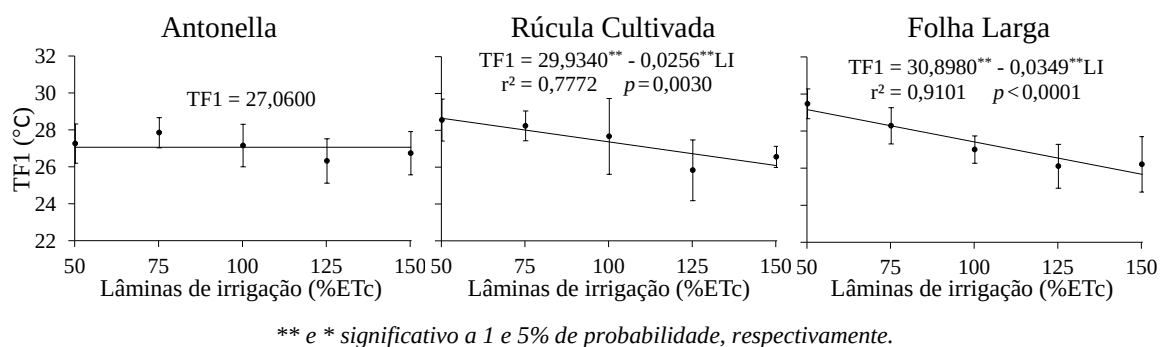


Figura 10. Estimativa da temperatura foliar (TF) no ciclo 1 em função de lâminas de irrigação para as cultivares de rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016.

A temperatura foliar da rúcula não foi afetada por nenhum parâmetro estudado no ciclo 3 (Tabela 10). No ciclo 2, as cultivares de rúcula e as lâminas de irrigação conferiram efeito isolado na temperatura foliar. A Rúcula Cultivada apresentou maior temperatura foliar em relação à Folha Larga; e a cultivar Antonella não diferiu de nenhuma delas no segundo ciclo (Tabela 12). Da mesma forma observada no ciclo 1, as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear negativo na temperatura foliar da cultura da rúcula no segundo ciclo (Figura 9).

Tabela 12. Valores médios de temperatura foliar (TF), número de folhas comerciais (NFC) e número total de plantas (NTP) em função de diferentes cultivares no segundo cultivo da rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

Fator	Cultivares		
	Antonella	Rúcula Cultivada	Folha Larga
TF (°C)	24,41 ab	24,46 a	24,20 b
NFC (ud planta ⁻¹)	7,60 b	8,42 a	8,53 a
NTP 2 (ud m ⁻²)	46,60 a	42,40 b	42,05 b

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Nos ciclos 1 e 3 não foi verificado nenhum efeito isolado ou da interação dos fatores cultivar e lâmina de irrigação no número de folhas comerciais de rúcula (Tabela 10). Já no ciclo 2, verificou-se efeito isolado das cultivares, onde a Rúcula Cultivada e Folha Larga não diferiram entre si, mas apresentaram maiores valores de número de folhas comerciais em relação a cultivar Antonella. CUNHA et al. (2013) avaliando cultivares de rúcula nas épocas chuvosa e seca no município de Chapadão do Sul-MS também não verificaram diferença no número de folhas comerciais das cultivares Cultivada e Folha Larga em nenhuma época.

As lâminas de irrigação não proporcionaram efeito no número de folhas comerciais de rúcula em nenhum ciclo avaliado. Resultados diferentes são encontrados na literatura, como os de MOLINE et al. (2015), que aplicaram lâminas de irrigação

variando de 50 a 110% da ETc na rúcula Cultivada em Vilhena-RO e encontraram maiores valores de número de folhas comerciais no tratamento com lâmina de irrigação com reposição de 100% da ETc. VASCO et al. (2011) aplicando diferentes lâminas de irrigação na cultivar Folha Larga no município de Itabaiana-SE, verificaram que a lâmina de irrigação que maximizou o número de folhas comerciais de rúcula foi de 94,9% da ETc.

O fator número total de plantas obteve o mesmo comportamento que o número de folhas comerciais na análise de variância (Tabela 10), mostrando novamente que as lâminas de irrigação não conferiram efeito nas características agrônômicas da rúcula. Observa-se também na Tabela 10 que as cultivares de rúcula proporcionaram efeito isolado no número total de plantas do ciclo 2. A cultivar Antonella apresentou maior número total de plantas em relação as demais cultivares de rúcula, que não diferiram entre si (Tabela 12).

Não foi verificado nenhum efeito isolado ou da interação dos fatores cultivar e lâmina de irrigação na massa fresca da parte aérea da rúcula (Tabela 10). Esse parâmetro é dependente do número de folhas comerciais e do número total de plantas de rúcula. Entretanto, a massa fresca da parte aérea da rúcula apresentou correlação positiva “alta” apenas com o número total de plantas (Tabela 13). Considerando os ciclos 1, 2 e 3, as massas frescas médias da parte aérea de rúcula foram de 1,24; 1,57 e 1,19 kg m⁻², respectivamente. CUNHA et al. (2013) avaliando cultivares de rúcula irrigadas nas épocas chuvosa e seca no município de Chapadão do Sul-MS encontraram produtividades com valores próximos a da presente pesquisa. Esses autores encontraram valores médios de massa fresca da parte aérea de 1,03 e 1,29 kg m⁻² para as cultivares Cultivada e Folha Larga, respectivamente.

Tabela 13. Correlação simples para as variáveis lâmina de irrigação (LI), profundidade de raízes (PR), massa fresca de raízes (MFR), potencial de água na planta (PAP), temperatura foliar (TF), número de folhas comerciais (NFC), número total de plantas (NTP), massa fresca da parte aérea (MFPA) e eficiência do uso da água (EUA) da cultura da rúcula. Viçosa-MG, DEA-UFV, 2016

	PR	MFR	PAP	TF	NFC	NTP	MFPA	EUA
LI	-0,0058 ^{ns}	0,0309 ^{ns}	0,5301 ^{**}	-0,3001 ^{**}	0,0418 ^{ns}	-0,0468 ^{ns}	0,0690 ^{ns}	-0,7604 ^{**}
PR		0,2935 ^{**}	-0,0063 ^{ns}	0,2171 ^{**}	0,3591 ^{**}	-0,2121 ^{**}	0,1524 [*]	-0,0151 ^{ns}
MFR			-0,1639 [*]	0,4998 ^{**}	0,1155 ^{ns}	-0,2997 ^{**}	-0,0317 ^{ns}	-0,1974 ^{**}
PAP				-0,2246 ^{**}	0,0687 ^{ns}	-0,0021 ^{ns}	0,0242 ^{ns}	-0,3640 ^{**}
TF					0,0846 ^{ns}	-0,2087 ^{**}	-0,1502 [*]	-0,0430 ^{ns}
NFC						-0,2246 ^{**}	0,0947 ^{ns}	-0,0381 ^{ns}
NTP							0,5688 ^{**}	0,2371 ^{**}
MFPA								0,1724 ^{**}

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} $p > 0,05$. Classificação da correlação (r) de COHEN (1988): “muito baixo” ($r < 0,1$); “baixo” ($0,1 < r < 0,3$); “moderado” ($0,3 < r < 0,5$); “alto” ($0,5 < r < 0,7$); “muito alto” ($0,7 < r < 0,9$); e “quase perfeito” ($r > 0,9$).

Devido aos resultados referentes às características agronômicas das cultivares utilizadas na presente pesquisa, não é possível indicar um único material para ser cultivado na região da Zona da Mata de Minas Gerais. É oportuno ressaltar, que outras pesquisas deverão ser repetidas com essas cultivares e outras existentes no mercado para uma conclusão e recomendação com maior segurança.

As lâminas de irrigação, de maneira geral, não proporcionaram efeito nas características agronômicas da cultura da rúcula. Possivelmente, esse resultado pode ser justificado pelas irrigações realizadas no início do período experimental, deixando o solo com o teor de água equivalente a capacidade de campo em todos os tratamentos. Analisando os valores de capacidade de campo, ponto de murcha permanente da planta (Tabela 1) e profundidade média do sistema radicular, observa-se que as capacidades totais de água nos ciclos 1, 2 e 3 foram de 33,4; 32,3 e 28,4 mm, respectivamente. Já a diferença das lâminas líquidas de irrigação aplicadas nos tratamentos de 50 e 100% da ETc nos ciclos 1, 2 e 3 (Tabela 9) foram de 24,7; 16,1 e 19,7 mm, respectivamente. Diante disso, percebe-se que a rúcula, nos tratamentos de menores lâminas de irrigação, possivelmente consumiu a água que estava retida no solo pelas irrigações realizadas no início do ciclo, minimizando o efeito dos tratamentos de menores lâminas de irrigação, a ponto de não conferir resposta desse fator nos parâmetros produtivos da cultura. Na presente pesquisa, esse efeito de “tamponamento” ocorreu devido a cultura da rúcula apresentar ciclo curto associado ao fato do solo da área experimental apresentar alta retenção de água, uma vez que trata-se de um solo muito argiloso (Tabela 1).

Embora as lâminas de irrigação não tenham conferido efeito na massa fresca da parte aérea da rúcula, na literatura alguns trabalhos mostram resultados diferentes. VASCO et al. (2011) aplicando diferentes lâminas de irrigação na cultivar Folha Larga no município de Itabaiana-SE, verificaram que a lâmina de irrigação que maximizou a produtividade de massa fresca da parte aérea da rúcula foi aquela que repôs 93,5% da demanda evapotranspirométrica. Já MOLINE et al. (2015) verificaram que foi a lâmina de irrigação de 100% da ETc que maximizou a produtividade de rúcula (variedade Cultivada) em Vilhena-RO. CUNHA et al. (2013), em Chapadão do Sul-MS, recomendaram irrigar a rúcula com reposição de 50 e 125% da ETc nas épocas chuvosa e seca, respectivamente.

Observou-se efeito isolado da irrigação na eficiência de uso da água (EUA) em todos os ciclos da rúcula (Tabela 10), em que as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear negativo na EUA. Esse resultado já era esperado, uma vez que não houve diferença de produtividade de massa fresca de folhas da rúcula (Tabela 10) e a EUA ser

um fator inversamente proporcional à lâmina de irrigação. Essa última afirmação pode ser comprovada pela correlação negativa entre as lâminas de irrigação e EUA, que de acordo com COHEN (1988), foi classificada como “muito alta” (Tabela 13). BECARI (2015) cultivando rúcula da variedade *Apiciata* em diferentes texturas de solo no interior de ambiente protegido em Botucatu-SP, também verificaram redução linear da EUA aplicando lâminas de irrigação para reposição de 60, 80, 100 e 120% da capacidade de campo. Os autores também verificaram que a EUA foi maior em solos com textura argilosa, possivelmente devido a esses solos possuírem maior capacidade de armazenamento de água e posteriormente fornecerem às culturas.

O valor médio de EUA pela rúcula foi de 43 kg m^{-3} , considerando todos os tratamentos e ciclos de cultivo avaliados. Esse resultado indica que para produzir 1 kg de massa fresca de folhas de rúcula, são necessários 23,2 litros de água de irrigação.

4. CONCLUSÕES

A cultivar Crunchy Royale deve ser recomendada no cultivo de rabanete na região de Viçosa estado de Minas Gerais.

As cultivares de rúcula não apresentaram diferenças em suas características agronômicas.

Sendo o solo do presente experimento de alta capacidade de retenção de água no solo, recomenda-se irrigar as culturas de rabanete e rúcula com lâmina de 50% da evapotranspiração da cultura, desde que, no início do ciclo o solo esteja na capacidade de campo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBATE, P. E.; DARDANELLI, J. L.; CANTARERO, M. G.; MATURANO, M.; MELCHIORI, R. J. M.; SUERO, E. E. Climatic and water availability affects on water-use efficiency in wheat. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 2, p. 474-483, 2004.

ABDEL, C. G. Fibrous root dimensions of four radish (*Raphanus sativus* L. var. sativus) cultivars grown in controlled cabinets under varying temperatures and irrigation levels. **International Journal of Farming and Allied Sciences**, Peshawar, v. 4, n. 3, p. 253-266, 2015.

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).

ASSUNÇÃO, P. E. V. Dispêndios e viabilidade econômica da produção de pimenta no sul de Goiás. **Revista Política Agrícola**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 110-118, 2013.

BECARI, G. R. G. **Eficiência do uso da água e parâmetros nutricionais na cultura da rúcula submetida a diferentes condições de estresse hídrico**. 2015. 92p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625p.

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.

BREGONCI, I. S.; ALMEIDA, G. D.; BRUM, V. J.; ZINI JÚNIOR, A.; REIS, E. F. Desenvolvimento do sistema radicular do rabanete em condição de estresse hídrico. **Idesia**, Arica, v. 26, n. 1, p. 33-38, 2008.

CARDOSO, A. I. I.; HIRAKI, H. Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrato de cálcio em cobertura na cultura do rabanete. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 196-199, 2001.

CARMICHAEL, P. C.; SHONGWE, V. D.; MASARIRAMBI, M. T.; MANYATSI, A. M. Effect of mulch and irrigation on growth, yield and quality of radish (*Raphanus sativus* L.) in a semi-arid sub-tropical environment. **Asian Journal of Agricultural Sciences**, Taiwan, v. 4, n. 3, p. 183-187, 2012.

CHU, T. M.; ASPINALL, D.; PALEG, L. G. Temperature stress and the accumulation of proline in barley and radish. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 1, n. 1, p. 87-97, 1974.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1988. 569p.

COSTA, C. C.; OLIVEIRA, C. D.; SILVA, C. J.; TIMOSSI, P. C.; LEITE, I. C. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 118-122, 2006.

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, n. 3, p. 131-141, 2013.

DELAZARI, F. T. **Produção e qualidade de frutos do tomateiro no sistema Viçosa de tutoramento em função do estado hídrico-nutricional**. 2014. 57p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C.; Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 50, p. 144-162, 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, F. A. R. **Novo manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 2003. 412p.

FINHOLDT, G.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; RAMOS, M. M.; VIEIRA, G. H. S. Desenvolvimento de uma estação meteorológica automática para manejo de irrigação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 4, p. 313-328, 2011.

GONZALEZ, A. F.; AYUB, R. A.; REGHIN, M. Y. Conservação de rúcula minimamente processada produzida em campo aberto e cultivo protegido com agrotêxtil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 360-360, 2006.

HATFIELD, J. L.; SAUER, T. J.; PRUEGER, J. H. Managing soils to achieve greater water use efficiency: A review. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 2, p. 271-280, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006. Agricultura Familiar. Primeiros Resultados. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/agri_familiar_2006/familia_censoagro2006.pdf>. Acesso em: Out. 2016.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KLAR, A. E.; PUTTI, F. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; SILVA JÚNIOR, J. F.; CREMASCO, C. P. The effects of different irrigation depths on radish crops. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 150-159, 2015.

KOONJAH, S. S.; WALKER, S.; SINGELS, A.; VAN ANTWERPEN, R.; NAYAMUTH, A. R. A quantitative study of water stress effect on sugarcane photosynthesis. **Proceedings...** South African Sugar Technology Association, Pretoria, v. 80, p. 148-158, 2006.

KRAMER, P. J. **Water relations of plant**. Orlando: Academic Press, 1983. 489p.

LEMO, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3 ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.

LIMA, E. M. C.; MALLER, A.; HARA, A. T.; REZENDE, F. C.; CARVALHO, J. A. Efeito de diferentes níveis de água no solo na produção do rabanete cultivado em dois tipos de ambientes protegidos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 346-354, 2015.

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.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: Princípios e Métodos**. Viçosa: Editora UFV, 2012. 351p.

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.

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.

MOLINE, E. F. V.; BARBOZA, E.; STRAZEIO, S. C.; BLIND, A. D.; FARIAS, E. A. P. Diferentes lâminas de irrigação na cultura da rúcula no sul de Rondônia. **Nucleus**, Ituverava, v. 12, n. 1, p. 371-378, 2015.

MONTEZANO, E. M.; PEIL, R. M. N. Sistemas de consórcio na produção de hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 129-132, 2006.

MOURA, K. K. C. F.; NETO, F. B.; PONTES, F. S. T.; LIMA, J. S. S.; MOURA, K. H. S. Avaliação econômica de rúcula sob diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 113-118, 2008.

OLIVEIRA, F. D. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; SOUZA, M. L. N.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; SILVA, O. M. D. P.; GUIMARÃES, I. P. Desempenho de cultivares de rúcula submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 3, p. 67-73, 2012.

PEREIRA, A. J.; BLANK, A. F.; SOUZA, R. J. D.; OLIVEIRA, P. M. D.; LIMA, L. A. Efeitos dos níveis de reposição e frequência de irrigação sobre a produção e qualidade do rabanete. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 117-120, 1999.

PIMPINI, F.; ENZO, M. Present status and prospects for rocket cultivation in the Veneto region. In: PADULOSI, S.; PIGNONE, D. Rocket: A mediterranean crop for the world. Report of a Workshop. 1996, Legnaro (Padova), Italy. **International Plant Genetic Resources Institute**, Rome, Italy. 1997. p.51-66.

PORTO, R. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, D. S. M.; CORDOVA, N. R. M.; POLIZEL, A. C.; SILVA, T. J. A. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 28-35, 2013.

RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science of American Journal**, Baltimore, v. 68, n. 1, p. 95-112, 1949.

SANDERS, D. C. **Vegetable crop irrigation**. North Carolina: Horticulture information leaflet 33-E, North Carolina Cooperative Extension Service, 1997. 6p.

SANTOS, R. S. S.; DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S. Uso de águas salobras na produção de rúcula cultivada em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 113-118, 2012.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v. 148, n. 3668, p. 339-346, 1965.

SEDIYAMA, M. A. N.; SALGADO, L. T.; PINTO, C. L. O. Rúcula. In: PAULA Jr. T. J.; VENZOM, M. (ed.). **101 Culturas: Manual de tecnologia agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG. p. 53-62. 2007.

SILVA, A. O.; SILVA, D. J. R.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido - PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 147- 155, 2011.

SILVA, D. S. O.; COSTA, C. C. Caracterização dos vendedores de hortaliças da Feira de Pombal-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 5, p. 191-196, 2010.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

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, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, F. A.; TARGINO, I. S. O.; SILVA, M. L. N. Tolerância do rabanete ao encharcamento do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 1, p. 25-33, 2012.

SLOMP, J. J.; LEITE, J. A. O.; TRENTIN, A.; LEDESMA, G. S.; CECCHIN, D. Efeito de diferentes níveis de irrigação baseados em frações do tanque classe “A” sobre a produção de rabanete (*Raphanus sativus* L.) variedade “Crimson Giant”. **Revista Perspectiva**, Erechim, v. 35, n. 131, p. 99-107, 2011.

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.

SYSTAT SOFTWARE, INC. **SigmaPlot for Windows**, version 11.0. 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TRANI, P. E.; GRANJA, N. P.; BASSO, L. C.; DIAS, D. C. F. S.; MINAMI, K. Produção e acúmulo de nitrato pela rúcula afetados por doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 25-29, 1994.

VASCO, A. N.; AGUIAR NETTO, A. O.; MANN, R. S. BASTOS, E. A. Irrigation management in real time for arugula crop in Sergipe. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Tehran, v. 13, n. 12, p. 1161-1167, 2011.

VIDIGAL, S. M.; PEDROSA, M. W. Rabanete. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (ed.). **101 Culturas: Manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG. P. 661-664, 2007.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; LO MONACO, P. V. Lâminas de irrigação em cana-de-açúcar para diferentes condições de disponibilidade hídrica. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 137-148, 2015.