

JOSLANNY HIGINO VIEIRA

**PRODUTIVIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA DA CENOURA CULTIVADA
COM COBERTURA DE SOLO E IRRIGAÇÃO**

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

Orientadora: Catariny Cabral Aleman.

Coorientador: Paulo Roberto Cecon

VIÇOSA- MINAS GERAIS

2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

V658p
2020
Vieira, Joslanny Higino, 1994-
Produtividade e viabilidade econômica da cenoura cultivada com
cobertura de solo e irrigação / Joslanny Higino Vieira. - Viçosa, MG,
2020.
73 f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Catariny Cabral Aleman.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Cenoura - Cultivo - Aspectos econômicos. 2. Irrigação.
3. Cobertura morta. 4. *Daucus carota* L. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 635.135


JOSLANNY HIGINO VIEIRA

PRODUTIVIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA DE CENOURA CULTIVADA
COM COBERTURA DE SOLO E IRRIGAÇÃO

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

APROVADA: 28 de julho de 2020.

Assentimento:


Joslanny Higinio Vieira
Autora


Catariny Cabral Aleman
Orientadora

“Eu não estudo para saber mais, mas para ignorar menos”.

-Sor Juana Inés de la Cruz

Aos meus amados pais, *Maria Aparecida e Osmar*, por todo amor, dedicação e renúncia ao longo de suas vidas em pró da minha educação,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A **Deus, Pai, Filho e Espírito Santo**, por me conceder a oportunidade de viver, aprender e trilhar meu caminho. Aos meus pais, **Maria Aparecida Higino Vieira** e **Osmar Higino Silva**, por sempre estarem acompanhando meus passos e me guiando para o caminho bom. As minhas amadas irmãs, **Jadla Higino Vieira**, **Jamile Higino Vieira** e **Julia Higino Vieira**, por serem quem são e sempre me mostrarem que posso fazer melhor, ser melhor.

Ao meu amado, **Laylton Santos de Albuquerque** por todo amor, compreensão durante esses anos juntos e pela paciência em revisar junto comigo este trabalho, tornando-o ainda melhor.

A Universidade Federal de Viçosa, programa de pós graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de adquirir conhecimentos e crescer profissionalmente. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa que possibilitou a execução deste trabalho.

A minha orientadora que admiro muito, professora **Catariny Cabral Aleman**, por todos os ensinamentos, incentivos, paciência e amizade. E ao meu co-orientador **Paulo Roberto Cecon**, por todo carinho e conhecimento repassado em nossas reuniões.

Agradeço imensamente as amigadas que nasceram na UFV com **Diego Farias**, **Hiago Zanetoni**, **Silas Alves**, **Rosemery Alessandra Firmino**, **Luana Figueiredo** e **Pedro Henrique**. E a que se fortaleceu ainda mais, com **Jesiele Divincula**. Às minhas irmãs de orientação: **Adelaide Cristielle**, **Júlia Governici**, **Karine Rabelo** e **Thallita Ferreira**, por toda a parceria e troca de conhecimento.

Aos meus amados amigos, **Elis Marina**, **Matheus Caliman**, **Cássio Alvino**, **Bianca Bueno** e **Gustavo Henrique** que decididamente me ajudaram de várias maneiras durante os experimentos em campo, há tanto a agradecer, que não caberia neste papel, do fundo do meu coração, **obrigada!** Vocês estavam lá quando eu precisei.

Finalmente a **Você**, querido (a) leitor (a), que de alguma forma teve acesso a esta pesquisa, espero que ela possa te ajudar a aprofundar seus conhecimentos, instigá-lo (a) aos métodos científicos e a toda curiosidade que move o mundo.

BIOGRAFIA

JOSLANNY HIGINO VIEIRA, filha de Maria Aparecida Higino Vieira e Osmar Higino Silva, nasceu em 23 de julho de 1994 em Limoeiro de Anadia, no estado de Alagoas. Em janeiro de 2013 ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL), campus de Arapiraca, tendo obtido diploma em julho de 2018. Em agosto do mesmo ano ingressou no programa de pós-graduação, em nível de mestrado, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), na área de concentração em recursos hídricos, submetendo-se a defesa em julho de 2020.

RESUMO GERAL

VIEIRA, Joslanny Higino, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2020. **Produtividade e viabilidade econômica da cenoura cultivada com cobertura de solo e irrigação.** Orientadora: Catariny Cabral Aleman. Coorientador: Paulo Roberto Cecon.

Objetivou-se com essa pesquisa, avaliar parâmetros morfofisiológicos e o retorno econômico da cenoura cultivada sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas no solo. Foram realizados dois experimentos na Universidade Federal de Viçosa. O primeiro ciclo ocorreu entre as estações de inverno e primavera de 2019 e o segundo nas condições de verão e outono de 2020. Os experimentos foram conduzidos em um esquema fatorial 5x3, sendo cinco lâminas de água de irrigação, com base na lâmina de irrigação (20, 40, 60, 80 e 100% LI) e três coberturas de solo (polietileno branco, papel semi-kraft biodegradável e sem cobertura do solo – Controle). no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento e o manejo da irrigação foi por tensiometria. Foram avaliadas as temperaturas do solo e das folhas, altura e número de folhas, comprimento e diâmetro das raízes, índice de vegetação com diferença normalizada (NDVI), massa seca das raízes, produtividade da raiz e a eficiência no uso da água. Os dados foram submetidos a análise de variância e de regressão. As médias do fator qualitativo foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% e para o fator quantitativo utilizou-se regressão e os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, no coeficiente de determinação e no comportamento do fenômeno. A viabilidade foi calculada determinando-se as diferenças entre as receitas e os custos para um hectare. Utilizou-se a distribuição de probabilidade triangular pelo método de Monte Carlo para os fatores econômicos, considerando-se os valores máximo, modal e mínimo. Em seguida fez-se a relação benefício/custo e o lucro (%). Houve resposta significativa para o fator lâmina de irrigação nos parâmetros: diâmetro, número de folhas, altura das folhas, temperatura foliar, NDVI, produtividade da raiz, massa seca da raiz e eficiência no uso da água. O fator cobertura do solo demonstrou resposta significativa para comprimento de raiz, diâmetro, altura de planta, produtividade de raiz, massa seca da raiz e eficiência no uso da água. De acordo com os resultados, nos dois ciclos, apresentou alta produtividade de raiz, altura das folhas e eficiência no uso da água com 100% da LI. O polietileno e o papel semi-kraft melhoram os parâmetros morfofisiológicos da cultura. No entanto, o papel proporcionou maiores incrementos nos parâmetros de comprimento da cenoura, altura, NDVI e produtividade de raiz. Os resultados indicaram que existe potencial de viabilidade econômica para a irrigação da

cenoura, em déficits de até 20% da LI. A porcentagem de lucro média dos dois ciclos, demonstram maior lucro em 100% da LI com polietileno branco (76,26%) e o papel semi-kraft (75,97%). O benefício/custo, na média dos dois ciclos, usando a maior lâmina (100% da LI), evidenciou retorno de R\$2,97 para o controle, R\$3,62 para o polietileno branco e 4,18 para o papel semi-kraft. O *mulching* com papel tem alto potencial de ser usado como cobertura do solo, pois permite aumento de produtividade e retorno econômico, como também minimiza problemas agroecológicos na área.

Palavras-chave: *Daucus carota* L. Manejo de irrigação. *Mulching*. Retorno econômico.

GENERAL ABSTRACT

VIEIRA, Joslanny Higino, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2020. **Productivity and economic viability of carrot cultivated with soil cover and irrigation.** Advisor: Catariny Cabral Aleman. Co-Advisor: Paulo Roberto Cecon.

The objective of this research was to evaluate morphophysiological parameters and the economic return of carrots grown under different irrigation depths and cover crops in the soil. Two experiments were carried out at the Federal University of Viçosa. The first cycle took place between the winter and spring 2019 seasons and the second in the summer and autumn conditions of 2020. The experiments were conducted in a 5x3 factorial scheme, with five irrigation water depths, based on the irrigation depth (20, 40, 60, 80 and 100% LI) and three soil cover (white polyethylene, biodegradable semi-kraft paper and without soil cover – Control) in the randomized block design with four replications. The irrigation system used was drip and irrigation management were by tensiometer. Soil and leaf temperatures, height and number of leaves, length and diameter of roots, normalized difference vegetation index (NDVI), root dry mass, root yield and water use efficiency were evaluated. The data were submitted to analysis of variance and regression. The means of the qualitative factor were compared by the Tukey test at the level of 5% and for the quantitative factor, regression was used and the models were chosen based on the significance of the regression coefficients, determination coefficient and occurrence behavior. Viability was calculated by determining between differences in revenues and costs for one hectare. The triangular probability distribution was used by the Monte Carlo method for economic factors, considering the maximum, modal and minimum values. Then the benefit/cost ratio and profit (%). There was no interaction between the factors. For the irrigation depths factor, significance was found in the parameters: diameter, number of leaves, leaf height, leaf temperature, NDVI, root productivity, dry root mass and water use efficiency. According to the results, in both cycles, high root productivity, leaf height and water use efficiency with 100% of LI were obtained. Polyethylene and semi-kraft paper improve the morphophysiological parameters of the culture. However, the paper provided greater increments in the parameters of carrot length, height, NDVI and productivity. The results indicated that there is economic viability potential for carrot irrigation, in deficits of up to 20% of LI. The percentage of average profit of the two cycles, shows higher profit in 100% of LI with white polyethylene (76.26%) and semi-kraft paper (75.97%). The average benefit/cost of the two cycles, with 100% LI, indicated a return of R\$2.97 for the control, R\$3.62 for white

polyethylene and R\$4.18 for semi-kraft paper. Mulching with paper has a high potential to be used as soil cover, as it allows increased productivity and economic return, as well as minimizes agroecological problems in the area.

Keywords: *Daucus carota* L. Irrigation management. Mulching. Economic return.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

Figura 1 – Croqui dos experimentos realizados nos anos de 2019 e 2020, na área experimental de irrigação e drenagem, pertencente ao departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG	21
Figura 2 – Temperaturas máxima e mínima (°C) e a precipitação pluviométrica (mm) para o período de cultivo da cenoura dos ciclos 2019 (A) e 2020 (B) na área experimental de irrigação e drenagem, pertencente ao departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG	22
Figura 3 – Realização da adubação dos canteiros (A); Semeadura utilizando a cultivar Brasília (B); Germinação das cenouras (C) na Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG	24
Figura 4 – Experimento em campo com o início dos tratamentos, na Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG	25
Figura 5 – Verificação da umidade do solo com o uso de tensímetro digital no cultivo da cenoura em Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG	26
Figura 6 - Parcela experimental com polietileno branco (A), papel semi-kraft (B) e a situação de controle (C), no cultivo da cenoura em Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG	26
Figura 7 – Sensores digital modelo DS18B20 (A), depositado em uma parcela experimental (B) no cultivo da cenoura em Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG ...	27
Figura 8 – Cenoura recém colhidas do experimento (A); Avaliação do comprimento da raiz (B); Avaliação do diâmetro da cenoura (C); Pesagem da massa seca da cenoura (D) mensuradas na Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG	28
Figura 9 – Resposta do diâmetro da cenoura (cm) em situações de lâminas de irrigação (%) para os anos de 2019 (1º Ciclo) e 2020 (2º Ciclo)	36

CAPÍTULO 2

- Figura 1** – Desbastes das cenouras ao 10cm de altura (A); Capina manual dos canteiros (B); Aplicação de inseticida nas cenouras (C) em Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG56
- Figura 2** – Parcela experimentais com polietileno branco, papel semi-kraft e o controle (sem cobertura) em Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG57

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Análise química do solo da área experimental de irrigação e drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV usada para o cultivo da cenoura, nos ciclos de 2019 e 2020	24
Tabela 2 – Valores de lâmina de estabelecimento da cultura até o desbaste (Lest), lâmina de irrigação (Li), precipitação efetiva (PE) e lâmina acumulada (LA) aplicados nos tratamentos de cobertura do solo: sem cobertura (C1), polietileno branco (C2) e papel semi-kraft (C3).....	30
Tabela 3 – Valores médios de temperatura do solo a 0,05m de profundidade, cultivado sobre diferentes porcentagens de lâminas de irrigação (LI) e coberturas no solo.....	32
Tabela 4 – Valores médios do comprimento da cenoura em centímetros (<i>Daucus carota</i> L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de cultivo de 2019 e 2020.....	33
Tabela 5 – Valores médios do diâmetro da cenoura (<i>Daucus carota</i> L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020	35
Tabela 6 – Valores médios do número de folhas (<i>Daucus carota</i> L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020	36
Tabela 7 – Valores médios da altura das folhas da cenoura (<i>Daucus carota</i> L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020.....	37
Tabela 8 – Valores médios do Índice de vegetação por diferença Normalizada (NDVI) da cenoura (<i>Daucus carota</i> L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020.....	40
Tabela 9 – Valores médios da produtividade (t ha ⁻¹) da cenoura (<i>Daucus carota</i> L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020.....	42
Tabela 10 – Valores médios da massa seca (t ha ⁻¹) da cenoura (<i>Daucus carota</i> L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020.....	44
Tabela 11 – Valores médios da eficiência no uso da água (t ha ⁻¹ mm ⁻¹) da cenoura (<i>Daucus carota</i> L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020.....	45

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Valores utilizados na simulação pelo Método de Monte Carlo para o estudo de viabilidade econômica da cenoura na Zona da Mata Mineira, Brasil	58
--	----

Tabela 2 – Valores de custo total com <i>mulching</i> de polietileno e papel para 10000 m ² adotados no cultivo de cenoura na Zona da Mata Mineira, Brasil	59
Tabela 3 – Lâmina total acumulada no cultivo da cenoura (mm) em situações de lâminas de irrigação e coberturas do solo para 1º ciclo (2019) e 2º ciclo (2020)	59
Tabela 4 – Produtividade e custo total da cenoura (<i>Daucus carota</i> L.) irrigada em diferentes coberturas do solo, para os anos de 2019 e 2020 (1º e 2º ciclo)	61
Tabela 5 – Receita bruta e líquida da cenoura (<i>Daucus carota</i> L.) irrigada em diferentes coberturas do solo, para os anos de 2019 e 2020 (1º e 2º ciclo)	62
Tabela 6 – Relação benefício/custo (B/C) e lucro (%) do cultivo irrigado da cenoura com e sem cobertura, para os anos de 2019 e 2020 (1º e 2º ciclo)	64

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO 1 – MANEJO DA IRRIGAÇÃO E COBERTURAS DE SOLO NA PRODUTIVIDADE DA CENOURA	19
RESUMO	19
1 INTRODUÇÃO	20
2 MATERIAL E MÉTODOS	21
2.1 Caracterização da área experimental	21
2.2 Delineamento experimental	21
2.3 Dados edafoclimáticos	22
2.4 Implantação da cultura	23
2.5 Manejo de irrigação	25
2.6 Tratamento com as coberturas do solo	26
2.7 Temperatura do solo	27
2.8 Parâmetros morfofisiológicos	27
2.9 Análise dos dados	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1 Lâmina total de irrigação	29
3.2 Temperatura do solo	31
3.3 Parâmetros morfofisiológicos	33
3.4 Comprimento comercial da raiz	33
3.5 Diâmetro da raiz	35
3.6 Número de folhas	36
3.6 Altura das folhas	37
3.7 Temperatura Foliar	39

3.8 Índice de vegetação por diferença Normalizada (NDVI).....	40
3.9 Produtividade da cenoura fresca	41
3.10 Massa seca da cenoura	43
3.11 Eficiência de água (EUA)	45
4. CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47
CAPÍTULO 2 – PRODUÇÃO ECONÔMICA DA CENOURA SOB DÉFICIT DE ÁGUA E COBERTURAS DE SOLO	53
RESUMO.....	53
1 INTRODUÇÃO	54
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.1 Caracterização da área experimental.....	55
2.2 Dados edafoclimáticos	55
2.3 Implantação da cultura.....	55
2.4 Manejo de irrigação.....	56
2.5 Tratamento com as coberturas do solo.....	57
2.6 Tratos culturais.....	58
2.7 Viabilidade econômica.....	58
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4 CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS	66
CONCLUSÕES GERAIS	70
APÊNDICE	71

INTRODUÇÃO GERAL

A cenoura (*Daucus carota* L.), cultivada em mais de 25 países, é uma das olerícolas economicamente mais importantes e consumidas no mundo devido aos benefícios alimentares para os seres humanos, tais como provitamina A (SUAREZ *et al.*, 2020; TAPKI *et al.*, 2020). Em 2019, no Brasil estimou-se uma produção, para a safra verão e inverno, entorno de 14 mil hectares (CEPEA, 2019), isso está relacionado ao fato da cenoura, como outros vegetais, ter um ciclo de colheita relativamente curto, o que torna o retorno econômico rápido (AHMAD; HASSAN; BAKHSH, 2005).

Uma forma de aumentar a produtividade das culturas é gerenciar adequadamente os recursos hídricos disponíveis no campo, por meio da irrigação. O uso de irrigações mais frequentes, menores volumes de lâmina de irrigação e menor intensidade de aplicação pode otimizar a eficiência do uso da água, resultando em maior receita líquida. Segundo Carvalho *et al.* (2016), Carvalho *et al.* (2018) e Lucian *et al.* (2019) a cultura da cenoura é influenciada diretamente pela irrigação, apresentando rendimentos menores quando submetida à lâminas de irrigação inferiores a demanda de consumo. Contudo, ainda são poucas as informações disponíveis sobre as respostas das cenouras aos déficits hídricos (REID; GILLESPIE, 2017).

A irrigação aliada ao uso de coberturas de solo pode melhorar a radiação refletida e retenção de água no solo (SOUSA *et al.*, 2017; JABRAN, 2019). O filme plástico, por exemplo, tem sido amplamente aplicado para combater a escassez de água, reduzindo a evaporação do solo (MARÍ *et al.*, 2019; HE *et al.*, 2018; KAPANEN *et al.*, 2008; ZHANG *et al.*, 2019).

Segundo Coelho *et al.* (2013) e Yuri *et al.* (2012), a cobertura de filme plástico é eficiente no aumento da temperatura da superfície do solo, além de conservar a umidade e melhorar a uniformidade da distribuição de água e nutrientes (SILVA *et al.*, 2019; ZHOU *et al.*, 2018), auxiliando também no controle de plantas invasoras (JABRAN, 2019; MEHMOOD *et al.*, 2018).

Contudo, o polietileno, que é o constituinte mais comumente empregado em coberturas plásticas, tem uma biodegradação lenta, exigindo a remoção dos resíduos da cobertura e a recuperação da área após a colheita (HAYES *et al.*, 2019). As oportunidades de reciclagem e aterro de coberturas deste tipo de plástico não estão prontamente disponíveis. Além disso, geram resíduos que são facilmente dispersos em ecossistemas relacionados ao solo e bacias

hidrográficas, causando graves impactos a micro e macrofaunas (KASIRAJAN; NGOUAJIO, 2012; STEINMETZ *et al.*, 2016).

Os filmes biodegradáveis são alternativas ao plástico de polietileno para uso como cobertura morta em agroecossistemas (LI, C. *et al.*, 2014). O papel como cobertura do solo, de acordo com Sun *et al.* (2019), reduz a evaporação e ameniza a temperatura no solo, além de elevar a umidade. Zhang *et al.* (2019) e Touchaleaume *et al.* (2016) indicam que polímeros biodegradáveis têm desempenho agrônômico tão alto quanto o polietileno. Todavia, ainda são necessárias pesquisas sobre os efeitos de materiais biodegradáveis de baixo custo sobre as modificações no microclima, biota e fertilidade do solo, crescimento e produtividade vegetal (KADER *et al.*, 2017).

As características do papel biodegradável de base biológica nos filmes de solo podem oferecer novas possibilidades de projeto para práticas agrícolas ecológicas, eficientes e sustentáveis (BRIASSOULIS; GIANNOULIS, 2018). Contudo, a cobertura do solo ideal para uma agricultura sustentável deve possuir um custo/benefício favorável e compatibilidade da vida útil com o ciclo da cultura, possuindo base biológica e sendo altamente biodegradável (HAYES *et al.*, 2019).

Em virtude dos fatos mencionados faz-se necessário estudos sobre estratégias para diminuir a lâmina usada na irrigação sem prejudicar a produtividade da cenoura e que torne o negócio viável ao produtor. Portanto, objetivou-se com essa pesquisa, avaliar parâmetros morfofisiológicos e o retorno econômico da cenoura cultivada sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas no solo.

REFERÊNCIAS

AHMAD, B.; HASSAN, S.; BAKHSH, K. Factors Affecting Yield and Profitability of Carrot in Two Districts of Punjab. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 5, p. 794–798, 2005.

BRIASSOULIS, D.; GIANNOULIS, A. Evaluation of the functionality of bio-based plastic mulching films. **Polymer Testing**, v. 67, p. 99–109, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.02.019>>

CARVALHO, D. F. DE et al. Carrot yield and water-use efficiency under different mulching, organic fertilization and irrigation levels. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 445–450, jul. 2018. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662018000700445&lng=en&tlng=en>

CARVALHO, D. F. DE et al. Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irrigation depths. **Ciência Rural**, v. 46, n. 7, p. 1145–1150, 5 abr. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782016000701145&lng=en&tlng=en>

COELHO, M. E. H. et al. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 369–378, 2013.

FAO. Food and agriculture Organization of the United Nations. 2019. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> acessado em janeiro de 2020.

HAYES, D. G. et al. **Polymers for Agri-Food Applications**. Cham: Springer International Publishing, 2019.

HE, G. et al. Year-round plastic film mulch to increase wheat yield and economic returns while reducing environmental risk in dryland of the Loess Plateau. **Field Crops Research**, v. 225, n. Jun, p. 1–8, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.05.019>>

JABRAN, K. **Role of Mulching in Pest Management and Agricultural Sustainability**. Cham: Springer International Publishing, 2019.

KADER, M. A. et al. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. **Soil and Tillage Research**, v. 168, p. 155–166, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001>>

KAPANEN, A. et al. Performance and environmental impact of biodegradable films in agriculture: A field study on protected cultivation. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 16, n. 2, p. 109–122, 2008.

KASIRAJAN, S.; NGOUAJIO, M. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 2, p. 501–529, 2012.

LI, C. et al. Effects of biodegradable mulch on soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 79, p. 59–69, 2014.

LUCIAN, D. et al. Influence of Irrigation, Fertilization and Cultivar on the Carrot Production From 2016 To 2018. **Agricultura**, v. 109, n. 2, p. 43–47, 2019.

MARÍ, A. I. et al. Economic evaluation of biodegradable plastic films and paper mulches used in open-air grown pepper (*capsicum annum l.*) crop. **Agronomy**, v. 9, n. 1, 2019.

MEHMOOD, T. et al. Evaluation of Organic and Inorganic Mulching as an Integrated Weed Management Strategy in Maize Under Rainfed Conditions. **Planta Daninha**, v. 36, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582018000100347&tlng=en>

- REID, J. B.; GILLESPIE, R. N. Yield and quality responses of carrots (*Daucus carota* L.) to water deficits. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 45, n. 4, p. 299–312, 2017.
- SILVA, A. C. C. et al. Yield in tomato under two water depths and plastic mulching. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, v. 14, n. 3, p. 1–6, 2019.
- SOUSA, P. G. R. DE et al. Efeito De Diferentes Lâminas De Irrigação E Cobertura Do Solo No Crescimento Da Cultura Do Sorgo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1528–1537, 2017.
- STEINMETZ, Z. et al. Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? **Science of the Total Environment**, v. 550, p. 690–705, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.153>>
- SUAREZ, L. A. et al. Accuracy of carrot yield forecasting using proximal hyperspectral and satellite multispectral data. **Precision Agriculture**, n. 0123456789, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11119-020-09722-6>>
- SUN, S. J. et al. Effects of different types of mulching films on soil evaporation and temperature. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 17, n. 5, p. 11629–11638, 2019.
- TAPKI, N. et al. The Relationships Between Carrot Marketing Costs, Strategies and Scales of Enterprises in Hatay, Turkey. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi**, v. 23, n. February, p. 225–233, 28 fev. 2020. Disponível em: <<https://dergipark.org.tr/tr/doi/10.18016/ksutarimdog.a.vi.582399>>
- TOUCHALEAUME, F. et al. Performance and environmental impact of biodegradable polymers as agricultural mulching films. **Chemosphere**, v. 144, p. 433–439, 2016.
- YURI, J. E. et al. Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de mulching. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 424–427, 2012.
- ZHANG, X. et al. Comparison of plastic film, biodegradable paper and bio-based film mulching for summer tomato production: Soil properties, plant growth, fruit yield and fruit quality. **Scientia Horticulturae**, v. 249, n. 489, p. 38–48, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.037>>
- ZHOU, L. et al. Effects of lateral spacing for drip irrigation and mulching on the distributions of soil water and nitrate, maize yield, and water use efficiency. **Agricultural Water Management**, v. 199, p. 190–200, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.12.028>>

CAPÍTULO 1 – MANEJO DA IRRIGAÇÃO E COBERTURAS DE SOLO NA PRODUTIVIDADE DA CENOURA

RESUMO

Objetivou-se avaliar parâmetros morfofisiológicos da cenoura cultivada sob diferentes lâminas de irrigação e diferentes coberturas no solo. Foram realizados dois experimentos na Universidade Federal de Viçosa, o primeiro ciclo ocorreu entre as estações de inverno e primavera de 2019 e o segundo nas condições de verão e outono de 2020. Os experimentos foram conduzidos em um esquema fatorial 5x3, sendo cinco lâminas de água de irrigação, com base na lâmina de irrigação (20, 40, 60, 80 e 100% LI) e três coberturas de solo (polietileno branco, papel semi-kraft biodegradável e sem cobertura do solo – Controle) no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento e o manejo da irrigação foi por tensiometria. Foram avaliadas as temperaturas do solo e das folhas, número de folhas, comprimento e diâmetro das raízes, índice de vegetação com diferença normalizada (NDVI), massa seca das raiz, produtividade da raiz ($t\ ha^{-1}$) e a eficiência no uso da água ($t\ ha^{-1}\ mm^{-1}$). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e as regressões por modelos de melhor ajuste. De acordo com os resultados, nos dois ciclos, a cenoura foi sensível a lâminas menores que 100% da LI. Alcanço-se uma alta eficiência no uso da água e produtividade de raiz com a lâmina de irrigação de 100% da LI. Tanto o polietileno quanto o papel semi-kraft são opções que melhoram os parâmetros morfofisiológicos da cultura. Contudo, nos parâmetros de comprimento de raízes, altura, NDVI e produtividade da raiz, o papel proporcionou maiores incrementos.

Palavras-chave: *Daucus carota* L. Eficiência no uso da água. *Mulching*.

1 INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é uma das olerícolas mais importantes no cenário mundial, devido à sua grande área plantada e por possibilitar o desenvolvimento socioeconômico, principalmente, dos agricultores familiares (CARVALHO *et al.*, 2016). Além disso, a cenoura possui elevado valor nutricional, pois contém beta caroteno, precursor da vitamina A, minerais e outros fitoquímicos que podem ser benéficos para a prevenção do câncer (LI, 2011; CHEN *et al.*, 2018; TITCOMB *et al.*, 2019).

Em 2019, a produtividade da cenoura no Brasil foi de aproximadamente 30 toneladas por hectare, sendo a 5ª hortaliça mais cultivada no país e com 80% da produção é destinada ao mercado interno (CEPEA, 2020). Em 2017, foram produzidas, aproximadamente, 480 mil toneladas de cenoura no Brasil, sendo a região sudeste, a maior produtora do país, com 335 mil toneladas (IBGE, 2020).

A irrigação da cenoura, como na maioria das olerícolas, auxilia no aumento do rendimento da cultura e melhora a qualidade do produto (LIMA *et al.*, 2014). Com a lâmina de irrigação adequada, supre-se as necessidades hídricas da cultura, o que pode diminuir a proliferação de pragas e doenças e a lixiviação de nutrientes (ALEMAN; MARQUES, 2016). Logo, o planejamento e o manejo da irrigação devem ser adotados para se obter a máxima eficiência e preservar o alto valor econômico da cenoura no mercado (CARVALHO *et al.*, 2016).

Uma estratégia eficiente para economia de água na produção agrícola é o uso de coberturas do solo (DLAMINI *et al.*, 2017). Estudos realizados por Yang *et al.* (2018), Shen *et al.* (2019), Wang *et al.* (2019) e Zhang *et al.* (2020) indicam que a irrigação associada a cobertura de solo reduz significativamente a evapotranspiração na área, resultando em aumento na produtividade da água pelo vegetal.

A cobertura de polietileno oferece benefícios significativos aos produtores de frutíferas e olerícolas, pois tem o potencial de aumentar a qualidade e o rendimento das culturas (VELANDIA *et al.*, 2020). Todavia, a contaminação por microplásticos nos agroecossistemas causa grande preocupação (ZHOU *et al.*, 2020), já que não é biodegradável e é de difícil remoção do solo (ZHANG *et al.*, 2016).

Diferentemente da cobertura plástica, que pode causar impactos ambientais, o papel reciclado como cobertura do solo tem potencial sustentável para ser usado na produção vegetal (SILVA, 2020). Segundo Sintim *et al.* (2019) os efeitos da cobertura de papel e polietilenos

biodegradáveis são positivos, o que os integram como alternativa viável em relação ao polietileno.

Nesse contexto, estudos relacionados a essa técnica se fazem necessários para possibilitar o aumento da produção de cenoura de forma sustentável. Assim, objetivou-se avaliar parâmetros morfofisiológicos da cenoura cultivada sob diferentes lâminas de irrigação e diferentes coberturas no solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

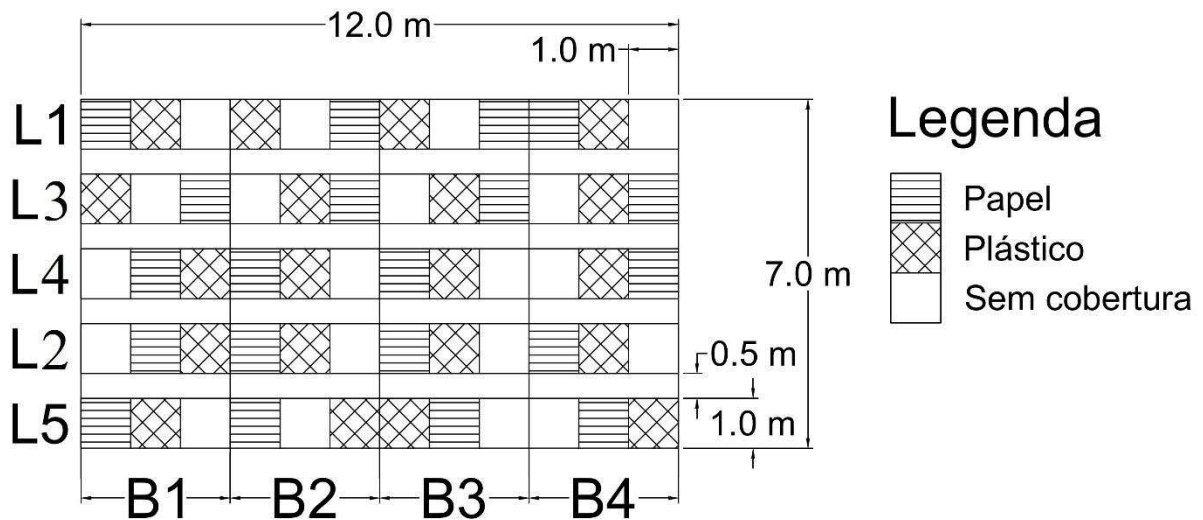
2.1 Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG, situada na latitude de 20° 45' S, longitude de 42° 52' W e altitude de 648 m acima do nível do mar. Foram realizados dois ciclos de cultivo, o primeiro nas condições de inverno/primavera de 2019, e o segundo nas condições de verão/outono de 2020.

2.2 Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos em um esquema fatorial 5x3, sendo 5 lâminas de água de irrigação, com base na lâminas de irrigação: 20 (L₁), 40 (L₂), 60 (L₃), 80 (L₄) e 100% (L₅) e 3 coberturas de solo (polietileno branco, papel semi-kraft biodegradável e sem cobertura do solo), no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, totalizando 60 unidades experimentais (Figura 1).

Figura 1 – Croqui dos experimentos realizados nos anos de 2019 e 2020, na área experimental de irrigação e drenagem, pertencente ao departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG



Fonte: Autora dessa dissertação, 2020.

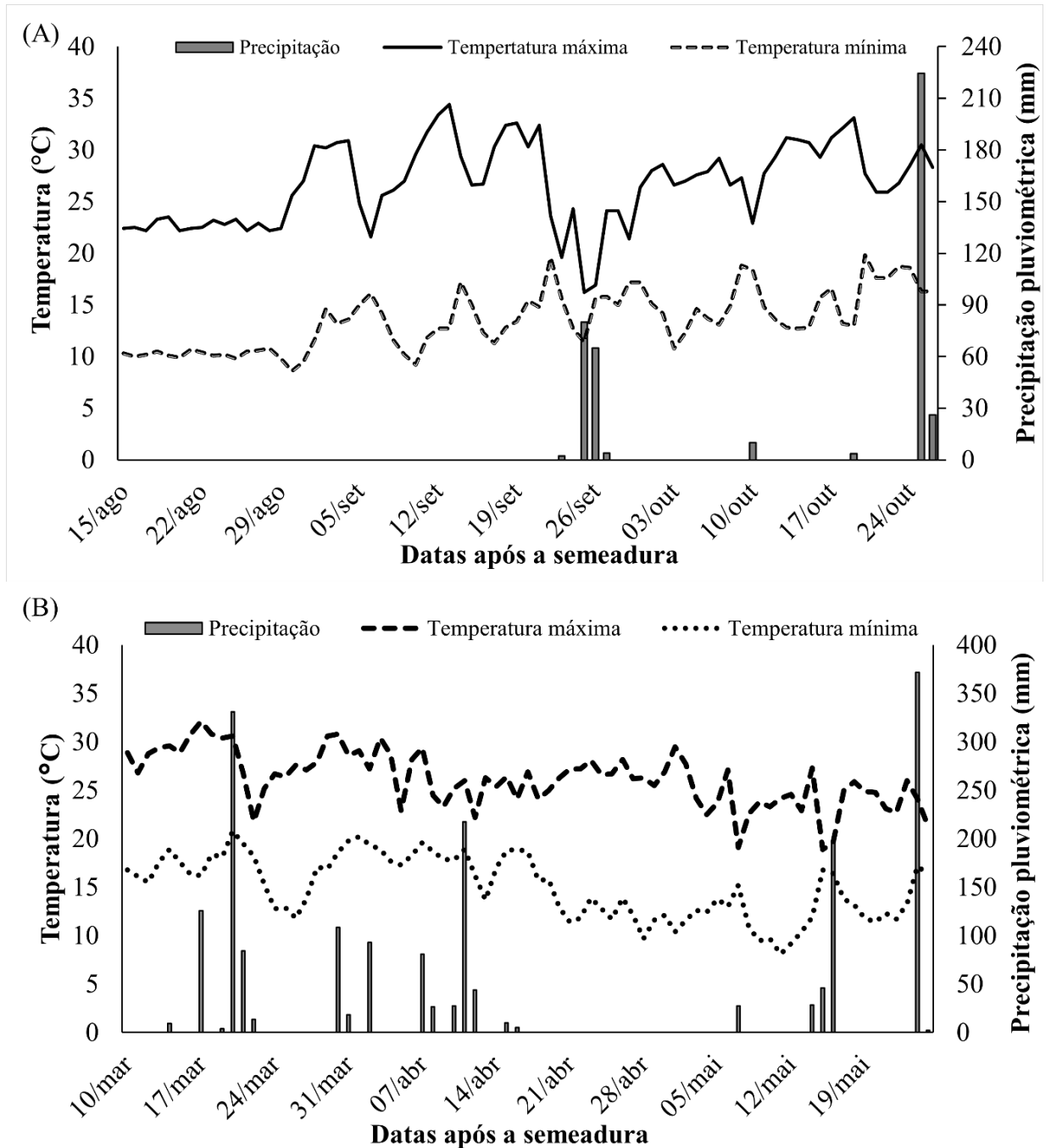
2.3 Dados edafoclimáticos

Segundo a classificação climática proposta por Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, isto é, tropical de altitude, com chuva nos meses de outubro a maio, e com período seco de junho a setembro (ABREU *et al.*, 2011). O solo predominante na área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, com distribuição granulométrica de 46% de argila, 39% areia e 15% silte. Segundo a curva de retenção de água do solo feita na área, a capacidade de campo é de 36,8% de peso e o ponto de murcha de 19,5% de peso. A densidade do solo nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,30 m foi de 1,3 g cm³ (ciclo de 2019) e 1,4 g cm³ (ciclo de 2020).

Ao longo dos ciclos foram monitoradas as variáveis meteorológicas de temperatura máxima e mínima (°C) e a precipitação pluviométrica (mm) por meio de uma estação agrometeorologia, modelo E5000 do fabricante IRRIPLUS, próxima a área experimental.

Verificam-se que as médias da temperatura máxima e mínima ao longo dos experimentos foi de 26 e 13°C (ciclo de cultivo de 2019) e entre 26 em 15 °C (ciclo de cultivo de 2020) (Figura 2). As precipitações pluviométricas acumuladas para os ciclos de cultivo de 2019 e 2020 foram de 415,6 e 1.874,0 mm, respectivamente.

Figura 2 – Temperaturas máxima e mínima (°C) e a precipitação pluviométrica (mm) para o período de cultivo da cenoura dos ciclos 2019 (A) e 2020 (B) na área experimental de irrigação e drenagem, pertencente ao departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG



Fonte: Autora dessa dissertação, 2020.

2.4 Implantação da cultura

Na área experimental foram construídos cinco canteiros com dimensões de 12,0 m x 1,0 m x 0,3 m, sendo comprimento, largura e altura, respectivamente (Figura 1). Foram retiradas amostras de 0,0 - 0,20 m para realização da análise química do solo (Tabela 1). Para adubação

(Figura 3A), utilizou-se a recomendação da quinta aproximação do uso de corretivos e fertilizantes do Estado de Minas Gerais, descrito por Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999).

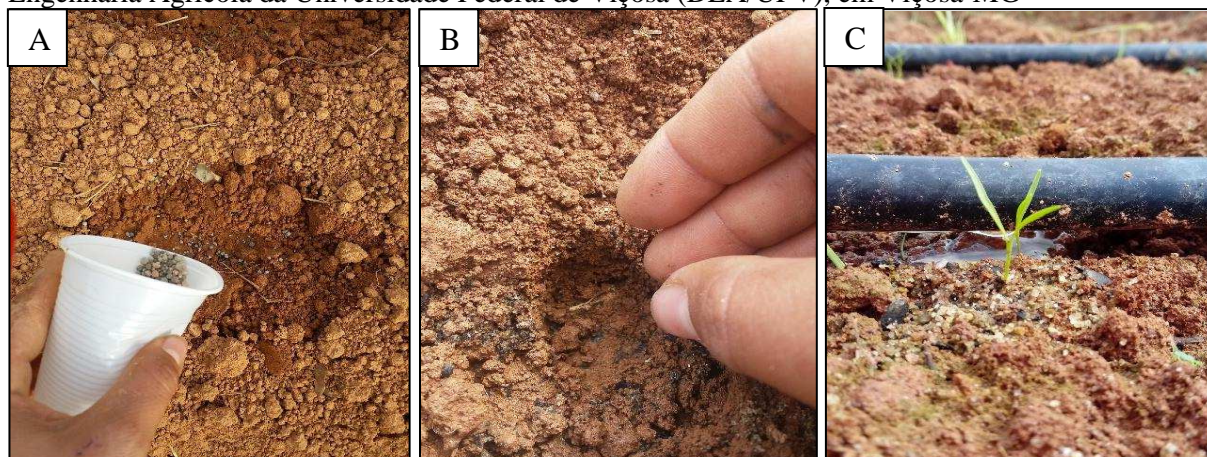
Tabela 1 – Análise química do solo da área experimental de irrigação e drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV usada para o cultivo da cenoura, nos ciclos de 2019 e 2020

Ano	pH	P	K	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	T	V	P-Rem
	H ₂ O	mg dm ⁻³		-----		cmol dm ⁻³	-----		%	mg L ⁻¹
2019	5,69	19,2	60	0,00	3,09	0,77	4,01	7,21	55,6	39,9
2020	5,62	14,2	35	0,00	2,84	0,65	3,58	6,48	55,3	35,8

P, K disponíveis extraídos com Mehlich I; Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; B - saturação por bases; T - capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V - índice de saturação por bases; P-rem - fósforo remanescente. Fonte: Autora dessa dissertação, 2020.

As sementeiras ocorreram em 15 de agosto de 2019, no primeiro ciclo, e 10 de março de 2020, no segundo ciclo (Figura 3B). A cultivar utilizada foi a Brasília, que tem alta resistência de campo à queima-das-folhas. No canteiro, o espaçamento entre linhas foi de 0,30 m. A sementeira foi efetuada com 3 sementes por cova, a 0,01 m de profundidade no solo, com espaçamento de 0,10 m entre plantas.

Figura 3 – Realização da adubação dos canteiros (A); Sementeira utilizando a cultivar Brasília (B); Germinação das cenouras (C) na Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG



Fonte: Autora dessa dissertação, 2020.

Cada parcela experimental foi formada por três fileiras contendo 10 plantas. A germinação ocorreu entre nove e dez dias após sementeira, em ambos ciclos (Figura 3C). Após o estabelecimento da cultura em 0,10 m de altura, realizou-se o desbaste, e posteriormente foram colocadas as coberturas de solo e iniciado o manejo da irrigação (Figura 4).

Figura 4 – Experimento em campo com o início dos tratamentos, na Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG

Fonte: Autora dessa dissertação, 2020.

2.5 Manejo de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, com fitas gotejadoras de 16 mm (tubo emissor ISO 9261, modelo P1 ala gocciolante leggera, Irritec, Brasil) com emissores espaçados a cada 0,30 m, vazão de $1,50 \text{ L h}^{-1}$, pressão de operação de 10 mca e turno de rega diário. Foi avaliada a uniformidade de distribuição do sistema em condições de campo, obtendo-se 99 e 97% para o experimento 1 e 2, respectivamente.

O manejo da irrigação foi realizado por tensiômetros que estavam instalados em cada tratamento, nas profundidades de 0,10 e 0,30 m (Figura 5). As leituras dos tensiômetros foram realizadas diariamente com o auxílio de um tensímetro digital. Os dados de tensão foram convertidos em umidade do solo através da equação de curva de retenção de água do solo, pelo modelo de Van Genuchten (GENUCHTEN, 1980). Para isso, foi feita previamente em laboratório a curva de retenção do solo pelo método da câmara de Richards.

Para calcular as lâminas de irrigação (20, 40, 60, 80 e 100%) de cada tratamento usou-se a Equação 1. Para aplicar o déficit na lâmina usou-se os valores de 0,2 (correspondente a 20%), 0,4 (40%), 0,6 (60%), 0,8 (80%), e 1,0 (100%).

LI =

Em que: LI = lâmina de irrigação, mm; θ_{CC} = umidade volumétrica do solo na capacidade de campo, $m^3 m^{-3}$; θ_a = umidade volumétrica atual do solo antes da irrigação, $m^3 m^{-3}$; Z = profundidade do sistema radicular, mm; Ef = eficiência do sistema de irrigação pelo teste de campo; def - déficit aplicado.

Figura 5 – Verificação da umidade do solo com o uso de tensímetro digital no cultivo da cenoura em Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG

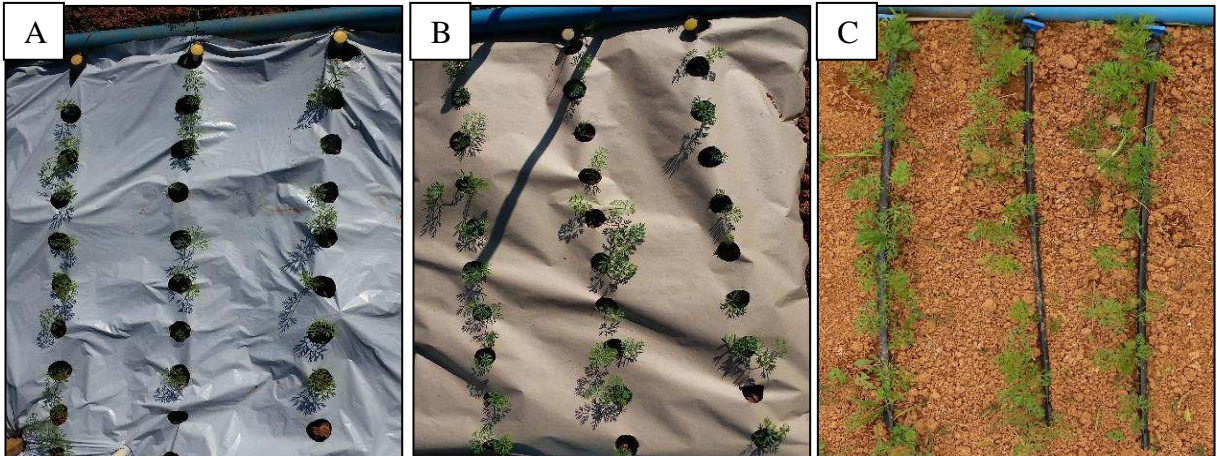


Fonte: Autora dessa dissertação, 2020.

2.6 Tratamento com as coberturas do solo

Para cobertura do solo foram adotados o polietileno branco e o papel semi-kraft. O polietileno branco apresentava espessura de 22 μm e gramatura de 15 $g m^{-2}$ segundo o fabricante ElectroPlastic®. O papel semi-kraft biodegradável apresentava espessura de 80 μm e gramatura de 80 $g m^{-2}$ de acordo com a caracterização feita pelo fabricante “embalagem fácil”. Foram feitos pequenos diâmetros de 50 mm para a passagem da planta pelas coberturas, preservando o máximo possível a cobertura do solo, como é possível observar na Figura 6.

Figura 6 - Parcela experimental com polietileno branco (A), papel semi-kraft (B) e a situação de controle (C), no cultivo da cenoura em Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG

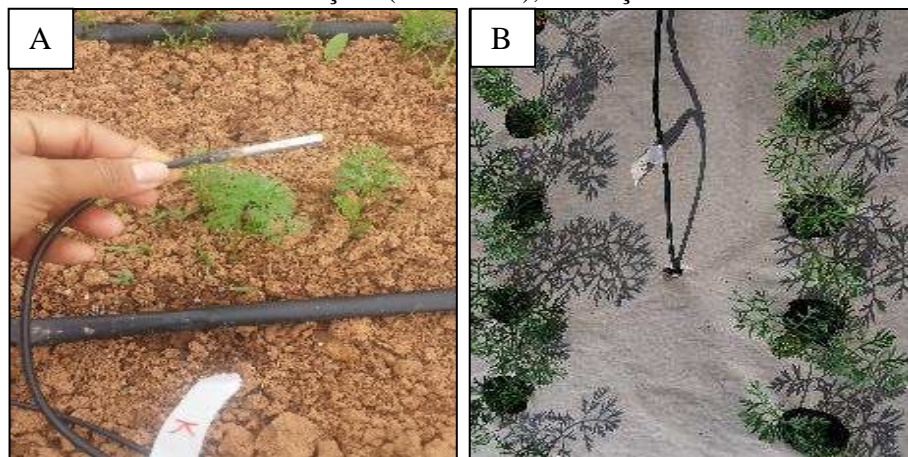


Fonte: Autora dessa dissertação, 2020.

2.7 Temperatura do solo

Após o desbaste das cenouras, os dados de temperatura máxima e mínima e a amplitude térmica foram coletados diariamente, com intervalos de 30 minutos, utilizando sensores digitais, modelo DS18B20 com precisão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, previamente instalados no centro de 15 parcelas experimentais (referentes a cada situação estudada). Os dados foram armazenados em dataloggers (Figura 7). Contudo, devido a um defeito técnico dos sensores que não pode ser solucionado devido a pandemia do Covid-19, a mensuração somente ocorreu no ano de 2019.

Figura 7 – Sensores digital modelo DS18B20 (A), depositado em uma parcela experimental (B) no cultivo da cenoura em Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG



Fonte: Autora dessa dissertação, 2020.

2.8 Parâmetros morfofisiológicos

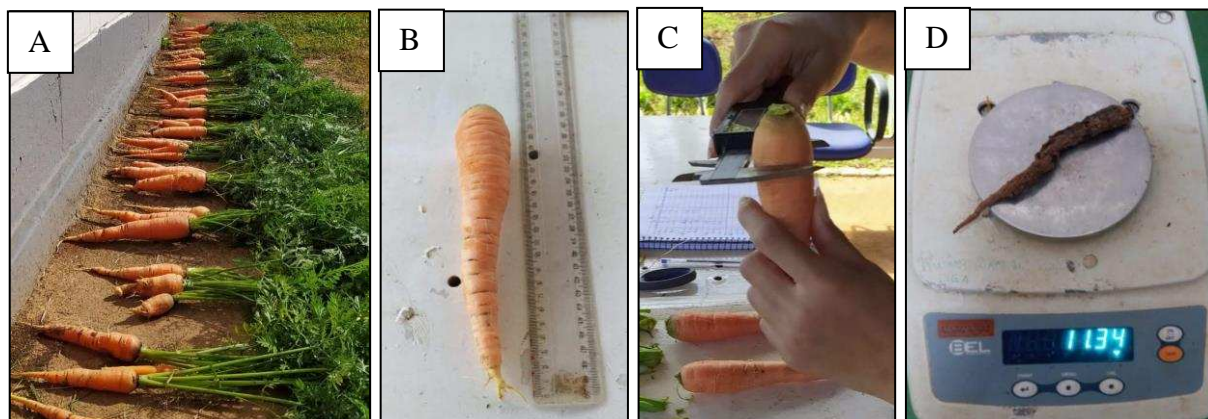
As colheitas foram realizadas nos dias 26 de outubro de 2019, para o primeiro ciclo, e 19 de maio de 2020, para o segundo. Ambas colheitas ocorreram 65 dias após a germinação. As avaliações foram realizadas nas cinco plantas da linha central de cada unidade experimental. O comprimento da raiz da cenoura e altura das folhas foram mensurados utilizando-se uma régua milimetrada, o diâmetro da raiz foi feito com o auxílio de um paquímetro (mm). O número de folhas (unid) foi contado manualmente.

O índice de diferença normalizada (NDVI) foi mensurado usando-se GreenSeeker handheld crop sensor (indústrias NTech Inc., Ukiah, CA), passando-se pelas plantas, a altura de 0,70 m da copa. A tecnologia GreenSeeker é um método de diferença de refletância para avaliar o vigor das plantas. A temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$) foi estimada por termômetro digital de infravermelho com mira a laser, modelo ST600, do fabricante INCOTERM[®] (precisão de $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ e resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$). Durante as leituras o dispositivo foi posicionado a 0,15 m de distância das folhas.

A massa fresca e a massa seca das raízes foram determinadas com o auxílio de uma balança digital analítica com resolução de 0,01 g (Figura 8), em seguida calculou-se a estimativa de produtividade de raiz em um hectare contendo 300.000 plantas. Foi calculada a eficiência no uso de água ($\text{t ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$) por meio da relação entre produtividade de cada tratamento e quantidade de água de lâmina acumulada total (lâmina de estabelecimento, lâmina de irrigação e precipitação efetiva).

As raízes foram classificadas por comprimento em cinco classes comerciais: ≥ 10 e < 14 cm (classe 10); ≥ 14 e < 18 cm (classe 14); ≥ 18 e < 22 cm (classe 18); ≥ 22 e < 26 cm (classe 22) e ≥ 26 cm (classe 26) (CEAGESP, 2015).

Figura 8 – Cenoura recém colhidas do experimento (A); Avaliação do comprimento da raiz (B); Avaliação do diâmetro da cenoura (C); Pesagem da massa seca da cenoura (D) mensuradas na Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG



Fonte: Autora dessa dissertação, 2020.

2.9 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Para o fator qualitativo as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo os modelos foram escolhidos baseados nas significâncias dos coeficientes de regressão, no coeficiente de determinação e no comportamento do fenômeno em estudo. Estas análises foram executadas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2018), com o pacote experimental Designer (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Lâmina total de irrigação

Para os dois ciclos de estudo, as cinco lâminas de irrigação e os três tipos de cobertura, tiveram diferentes valores de lâmina acumulada (Tabela 2), isso está relacionado principalmente aos valores de precipitação efetiva ao longo dos ciclos e as variáveis meteorológicas características de cada época de cultivo.

Observando-se somente a lâmina de irrigação, na situação de 20% da LI, ao utilizar as coberturas do solo de polietileno branco houve redução na demanda de água em 14% (1º ciclo) e 6% (2º ciclo). Já o papel resultou em redução de 27% (1º ciclo) e 35% (2º ciclo), quando comparada ao controle (sem cobertura). Isso pode ter ocorrido porque as coberturas no solo proporcionaram diminuição da taxa evaporativa e potencializaram a capacidade de retenção de água no solo (YAGHI; ARSLAN; NAOUM, 2013).

Tabela 2 – Valores de lâmina de estabelecimento da cultura até o desbaste (Lest), lâmina de irrigação (Li), precipitação efetiva (PE) e lâmina acumulada (LA) aplicados nos tratamentos de cobertura do solo: sem cobertura (C1), polietileno branco (C2) e papel semi-kraft (C3)

Situações estudadas	Lest (mm)	Li (mm)	P ef (mm)	La (mm)
Ciclo 1 (2019)				
20% da LI + C1	30,00	8,77	30,68	69,45
20% da LI + C2	30,00	7,51	28,68	66,19
20% da LI + C3	30,00	6,35	27,98	64,33
40% da LI + C1	30,00	17,53	27,18	74,71
40% da LI + C2	30,00	15,03	26,68	71,71
40% da LI + C3	30,00	12,70	26,58	69,28
60% da LI + C1	30,00	26,30	26,18	82,48
60% da LI + C2	30,00	22,56	25,68	78,24
60% da LI + C3	30,00	19,05	25,58	74,63
80% da LI + C1	30,00	35,06	24,10	89,16
80% da LI + C2	30,00	30,06	23,30	83,36
80% da LI + C3	30,00	25,40	23,90	79,30
100% da LI + C1	30,00	43,83	20,96	94,79
100% da LI + C2	30,00	37,57	20,66	88,23
100% da LI + C3	30,00	31,74	20,26	82,00
Ciclo 2 (2020)				
20% da LI + C1	30,00	12,54	60,04	102,58
20% da LI + C2	30,00	11,74	57,74	99,48
20% da LI + C3	30,00	8,12	57,53	95,65
40% da LI + C1	30,00	25,08	55,49	110,57
40% da LI + C2	30,00	23,49	54,29	107,78
40% da LI + C3	30,00	16,23	54,49	100,72
60% da LI + C1	30,00	37,62	49,39	117,01
60% da LI + C2	30,00	35,23	48,39	113,62
60% da LI + C3	30,00	24,35	48,29	102,64
80% da LI + C1	30,00	50,16	42,39	122,55
80% da LI + C2	30,00	46,97	42,29	119,26
80% da LI + C3	30,00	32,46	42,63	105,09
100% da LI + C1	30,00	62,70	36,99	129,69
100% da LI + C2	30,00	58,72	36,89	125,61
100% da LI + C3	30,00	40,58	36,29	106,87

Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

Todos os tratamentos com polietileno e papel semi kraft necessitaram de um menor volume de água ao longo do ciclo da cultura, quando comparados ao solo sem cobertura (controle), assim houve economia de água. Chakraborty *et al.* (2010) avaliaram o desempenho de cobertura sintética (polietileno preto) e orgânicas (casca de arroz e palha) no trigo (*Triticum*

aestivum L.) e averiguaram uma economia de água entre 3 a 11% quando as coberturas foram usadas.

Freitas (2017), em estudo com papel reciclado, *mulching* de polietileno preto, solo sem cobertura com capinas e sem capinas no cultivo da alface, relataram que ao final do ciclo da cultura foi observado que as coberturas do solo com filme de polietileno e papel reciclado resultaram em menor consumo de água em relação ao tratamento sem cobertura com capina, com economia maior proporcionada pelo *mulching* de polietileno, em torno 33 %, seguido pelo papel reciclado, com redução de 27 %, em relação ao solo sem cobertura e com capina.

A lâmina de irrigação aplicada no cultivo da cenoura com a cobertura de polietileno branco foi superior a situação de cobertura com papel semi kraft, isso pode estar relacionado ao fato da cobertura plástica branca proporcionar maior reflexão da energia térmica radiante solar, incidindo em irradiância na parte abaxial foliar, elevando a temperatura nos folíolos e a necessidade hídrica da cultura (ALLEN *et al.*, 1998; FAN *et al.*, 2017).

Silva (2020) observou que a cobertura de papel foi eficiente na economia de água, quando comparado ao filme de polietileno, podendo ser uma alternativa adequada para substituí-lo. Entretanto, o uso de *mulching* com filme plástico pode promover a diminuição no processo de evaporação da água do solo, o que pode levar a redução da lâmina de irrigação aplicada (CHEN *et al.*, 2019; HE *et al.*, 2013; ZHENG *et al.*, 2017).

Saglam *et al.* (2017) ao realizarem a modelagem do efeito do papel biodegradável e da cobertura plástica na dinâmica da umidade do solo, observaram que o polietileno proporcionou uma camada impermeável, que reduziu efetivamente a evaporação e manteve o maior teor de água entre os tratamentos. Enquanto a cobertura de papel biodegradável, foi parcialmente permeável à evaporação e chuva durante a estação de crescimento, ocasionando umidade do solo intermediária entre a obtida para a ausência de cobertura e polietileno.

3.2 Temperatura do solo

Os valores das temperaturas máximas e mínimas na profundidade de 0,05 m, no ano de 2019, foram menores nas condições de cobertura do solo com papel semi Kraft em comparação aos demais tratamentos (Tabela 3).

Na Tabela 3, observou-se que as maiores temperaturas nas lâminas de irrigação foram referentes a 20 e 40% da LI combinadas a cobertura do solo com polietileno branco. Enquanto, as menores temperaturas foram observadas nas lâminas de irrigação de 40 e 60 % da LI

combinadas ao papel semi-Kraft. O uso de coberturas de solo associado com uma menor lâmina de irrigação pode ocasionar aumento da temperatura do solo devido a menor disponibilidade hídrica. Segundo Fan *et al.* (2017), isso ocorre, pois, a cobertura com polietileno branca, aumenta consideravelmente o fluxo de calor no solo, portanto, aumenta a temperatura do solo.

Tabela 3 – Valores médios de temperatura do solo a 0,05m de profundidade, cultivado sobre diferentes porcentagens de lâminas de irrigação (LI) e coberturas no solo

Coberturas	Temperatura (°C)	Porcentagens da LI				
		20	40	60	80	100
Controle	Média	23,17	23,01	23,28	23,24	22,86
	Máxima	25,54	25,60	25,20	25,93	25,58
	Mínima	20,60	20,68	20,73	20,86	18,63
	Amplitude	4,94	4,93	4,47	5,07	6,95
Polietileno	Média	22,46	22,35	22,53	22,44	23,08
	Máxima	26,81	26,42	25,15	25,19	25,65
	Mínima	21,05	19,50	21,13	21,13	21,46
	Amplitude	5,75	6,92	4,02	4,06	4,19
Papel	Média	23,04	21,87	22,22	22,31	21,77
	Máxima	25,58	24,00	23,91	24,94	23,97
	Mínima	20,60	19,04	19,36	21,11	20,59
	Amplitude	4,97	4,95	4,55	3,83	3,38

Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

Resultados semelhantes foram encontrados na cultura da alface por Pessala e Hardh (1977) e Zhang, Han e Kim (2008) que constataram que a temperatura do solo foi menor, quando utilizaram o papel Kraft pardo como cobertura do solo, em comparação ao solo coberto com filme de polietileno preto e tratamento sem cobertura. Andrade Júnior *et al.* (2005) verificaram que o filme de polietileno aumentou a temperatura média do solo entre 2 e 3 °C quando comparado ao solo sem cobertura. Coelho *et al.* (2013) trabalhando com a cultura do pimentão, verificaram que a cobertura do solo com filme de polietileno aumentou a temperatura do solo em torno de 2 °C em relação ao sistema convencional com capinas.

Ao utilizar-se cobertura do solo, há interferências em variáveis como temperatura do solo, umidade, vento, radiação, energia e, conseqüentemente, o processo de evaporação (YURI *et al.*, 2012). Observa-se que a cobertura do solo não permite que o vento e a radiação, principais responsáveis pela evaporação de água, atinja o solo de forma direta, havendo assim uma interceptação desses parâmetros pela cobertura utilizada (YANG *et al.*, 2015). O uso de

cobertura no solo permite reduzir a oscilação da temperatura e a taxa evaporativa do solo, acelerando o desenvolvimento da cultura durante o estágio inicial de crescimento e promove o controle de plantas espontâneas (ALLEN *et al.*, 1998; BRAGA *et al.*, 2017; HOU *et al.*, 2010).

O solo sem cobertura teve temperatura média de 23°C, com mínimas em torno de 20°C. Isso ocorre pois o solo possuía uma maior conversão da energia da radiação solar em calor latente, pois não há barreira da evaporação de água do solo. Assim, a temperatura do solo não diminui tanto quanto aos demais ambientes encontrados nesse estudo e se mantêm alta durante o ciclo, com pouco variação na amplitude térmica. Braga *et al.* (2017) verificaram as maiores variações de amplitude térmica dos tratamentos com cobertura plástica do solo em relação aos materiais orgânicos.

3.3 Parâmetros morfofisiológicos

Não houve resposta de interação para os fatores estudados (Apêndice 1). Isoladamente houve resposta significativa para o fator lâmina de irrigação nos parâmetros: diâmetro, número de folhas, altura das folhas, temperatura foliar, NDVI, produtividade da raiz, massa seca da raiz e eficiência no uso da água. O fator cobertura do solo demonstrou isoladamente influenciar significativamente o comprimento de raiz, diâmetro, altura de planta, produtividade de raiz, massa seca da raiz e eficiência no uso da água.

3.4 Comprimento comercial da raiz

O comprimento comercial da cenoura foi influenciado ($p < 0,01$) somente pela fonte coberturas do solo em ambos os ciclos (Apêndice 1). De acordo com a Tabela 4, observa-se que para o ano de 2019, tanto o papel quanto o controle obtiveram melhores resultados para o comprimento da cenoura, enquanto no ano de 2020, o papel foi melhor do que as demais situações estudadas.

Tabela 4 – Valores médios do comprimento da cenoura em centímetros (*Daucus carota* L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de cultivo de 2019 e 2020

Ciclo	Sem cobertura (Controle)	Polietileno branco	Papel semi Kraft
2019	21,95 a	19,43 b	20,83 a
2020	17,21 c	18,78 b	19,84 a

As médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

O papel semi-kraft apresentou melhores resultados, pois o seu uso pode ter influenciado na evaporação da água da superfície do solo, o que resultou no movimento da água para as camadas mais profundas, deixando-a disponível durante os estágios críticos do crescimento da cultura (GAN *et al.*, 2013). Essa estratégia é interessante em culturas de raízes tuberosas, onde o produto comercial é a própria raiz e seu comprimento é uma variável importante para atribuir qualidade.

O comprimento da raiz é altamente influenciado pelo crescimento primário durante os primeiros 45 dias após a semeadura (CARVALHO *et al.* 2015). O uso de coberturas no solo pode ter influenciado na competição por água, luz, nutrientes e plantas daninhas, nos primeiros 45 dias do ciclo, criando condição pouco adversa e assim favorável para que todas as plantas, tivessem condições de crescimento até o máximo potencial genético de cada grupo de cultivar.

A classificação das raízes de cenoura por comprimento (cm) não apresentou valores superior a 26 cm, sendo as raízes comerciais classificadas na classe 18 (≥ 18 cm e < 22 cm). O comprimento de raiz comercial não ser significativo para as lâminas corroborando com o estudo feito por Cunha *et al.* (2016) que avaliaram as características agronômicas de cultivares de cenoura (Brasília, Irecê, Nantes e Nantes Milena) submetidas a diferentes lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura), onde a irrigação não influenciou o comprimento da cenoura Brasília.

Resultados diferentes foram encontrados por Abdel-Aziz (2017) que avaliou a cenoura irrigada por três níveis de irrigação por déficit de 100, 80, 60% da lâmina de irrigação aplicada durante os estágios de crescimento em sistemas de gotejamento por superfície e sub superficial, e observou que diferentes lâminas e disposição do sistema de irrigação ocasionam diferentes comprimentos na cultura.

Reid e Gillespie (2017) com a cenoura cv. ‘Chantenay Red Core’ estudaram seis tratamentos que diferiam no tempo (época inicial, média e tardia) e intensidade (moderada e alta) de estresse hídrico, e observaram que o comprimento da raiz se torna maior quando a cultura está submetida a estresses altos em épocas tardias.

Silva *et al.* (2011) ao estudar a cenoura irrigada com percentuais da evaporação da água do tanque “Classe A” de 30%, 60%, 90%, 120%, 150% e 180% em épocas diferentes de colheitas (45, 70 e 110 dias), averiguaram que o comprimento da raiz da cenoura é influenciado tanto na época de colheita como também na lâmina de irrigação aplicada, em que as maiores lâminas geram maiores comprimentos.

3.5 Diâmetro da raiz

O diâmetro é uma das características da cenoura mais apreciadas pelo consumidor. Neste estudo, nos dois ciclos, tanto as coberturas (Tabela 5) quanto os níveis de irrigação (Figura 9) influenciaram significativamente ($p < 0,01$) nos resultados desta variável (Apêndice 1).

Tabela 5 – Valores médios do diâmetro da cenoura (*Daucus carota* L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020

Ano	Sem cobertura (controle)	Polietileno branco	Papel semi kraft
2019	2,29 c	2,78 b	3,20 a
2020	3,37 b	3,65 a	3,72 a

As médias seguidas pelas mesmas letras da linha não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

No ano de 2019, a cobertura com papel semi kraft na cultura da cenoura proporcionou maiores valores médios de diâmetro da raiz (3,20 cm), seguido pelo polietileno (2,78 cm) e controle (2,29 cm). Em 2020, o controle apresentou os menores valores médios de diâmetro da raiz, quando comparado com as coberturas (polietileno e o papel semi-kraft) que apresentaram melhores resultados, porém não deferiram estatisticamente entre si (Tabela 5).

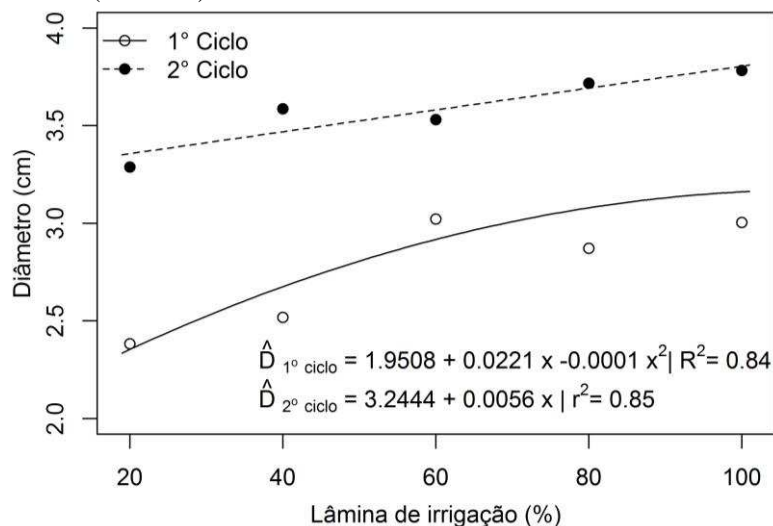
O crescimento secundário dos 45 dias até próximo à colheita (± 100 dias para cenouras de verão) é marcado pela expansão do diâmetro (CARVALHO et al. 2015), em que o uso de coberturas do solo pode ter diminuído o efeito prejudicial das plantas espontâneas, de tal forma que houve maior acumulação de massa e diâmetro das cenouras, devido a menor competição por água e nutrientes (DANTAS et al., 2013; LI et al., 2013).

O fator lâmina de irrigação, no ano de 2019 e 2020, demonstrou um comportamento quadrático e linear, respectivamente, com tendência ao aumento do diâmetro nas maiores lâminas estudadas (Figura 9). Em 2019, houve maior diâmetro na lâmina de 100% quando comparada a de 20%, com incremento de 0,32. Em 2020, a cada aumento na lâmina de irrigação, houve um acréscimo de 0,11 cm no diâmetro, quando comparado a lâmina de irrigação antecessora, atingindo o máximo diâmetro na lâmina de 100%, com 3,8 cm.

O uso de 100% da LI apresentou os maiores valores de diâmetro, pois a água na capacidade de campo proporciona um ambiente equilibrado na relação solo-planta-água-atmosfera. Enquanto, o menor diâmetro é encontrado nas menores lâminas de irrigação devido

à baixa quantidade de água aplicada, corroborando com Silva *et al.* (2011), Reid e Gillespie (2017) cujos diâmetros da raiz da cenoura diminuiram com o aumento do estresse hídrico.

Figura 9 – Resposta do diâmetro da cenoura (cm) em situações de lâminas de irrigação (%) para os anos de 2019 (1º Ciclo) e 2020 (2º Ciclo)



Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

3.6 Número de folhas

No mercado de alimentos *gourmet*, existe um nicho para a venda de folhas de cenoura, de tal forma que foram contabilizadas as folhas produzidas nos experimentos realizados e os resultados indicam que número de folhas foi influenciado significativamente ($p < 0,05$) pelas lâminas de irrigação utilizadas no ano de 2019, contudo no ano de 2020 não houve diferença estatística (Apêndice 1). As coberturas do solo não influenciaram estatisticamente nos resultados, tendo suas médias apresentadas na tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios do número de folhas (*Daucus carota* L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020

Ano	Sem cobertura (controle)	Polietileno branco	Papel semi kraft
2019	6,10 a	6.35 a	6.64 a
2020	7,20 a	7,40 a	7,48 a

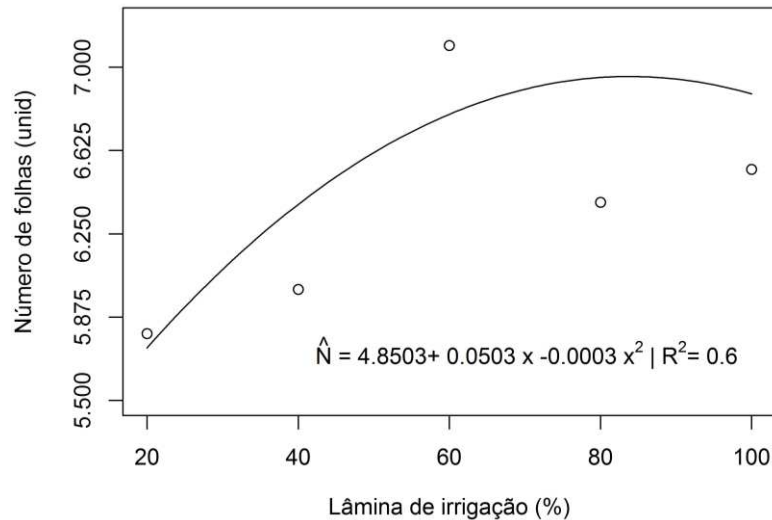
As médias seguidas pelas mesmas letras da linha não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

Na Figura 10, observa-se que o ponto máximo pode ser alcançado ao se cultivar a cenoura com 83,83% da LI, esse dado se torna importante porque o maior número de folhas

durante o período de desenvolvimento das plantas da cenoura é um importante critério para um melhor crescimento das raízes (KARAKAN; ARPACI; KILIÇ, 2019).

O resultado do ano de 2020 corrobora com o encontrado por Alam *et al.* (2010), que ao estudarem o efeito de 5 lâminas de irrigação (sem irrigação; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 e 1,2 da lâmina de irrigação) no crescimento e no rendimento de cenoura em Bangladesh, Ásia, observaram que o número de folhas por planta não diferiu significativamente em tratamentos de irrigação.

Figura 10 – Resposta do número de folhas da cenoura (unid) em situações de lâminas de irrigação (%) para o ano de 2019 (1º ciclo)



Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

3.6 Altura das folhas

A altura das folhas apresentou resposta significativa quando submetida a diferentes formas de cobertura do solo no primeiro ciclo de cultivo (Tabela 7) e sofreu influência das lâminas de irrigação nos dois ciclos estudados (Figura 11).

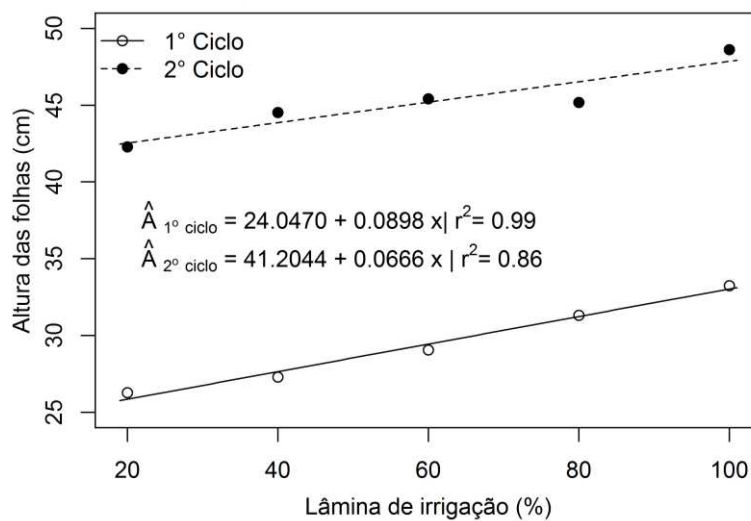
Tabela 7 – Valores médios da altura das folhas da cenoura (*Daucus carota* L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020

Ano	Sem cobertura (controle)	Polietileno branco	Papel semi kraft
2019	28,33 b	28,58 b	31,38 a
2020	44,19 a	47,33 a	44,08 a

As médias seguidas pelas mesmas letras da linha não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); Fonte: Autora dessa dissertação, 2020.

A maior altura foi encontrada quando a cenoura foi cultivada com o papel semi-kraft (1º ciclo) em que a maior altura alcançou o valor médio de 31.38 cm. (Tabela 7). Os dois ciclos demonstram crescimentos vegetativos diferentes, sendo o maior nas estações verão/outono em comparação ao inverno/primavera. Como a cenoura cultivar Brasília é uma variedade adaptada ao verão, suas melhores características podem ter sido melhor expressas nessa época, o que segundo Resende, Yuri e Costa (2016) pode indicar que a cenoura fora dessa época pode ser susceptível a condições de estresse abiótico.

Figura 11 – Resposta da altura das folhas da cenoura (cm) em situações de lâminas de irrigação (%) para os anos de 2019 (1º Ciclo) e 2020 (2º Ciclo)



Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

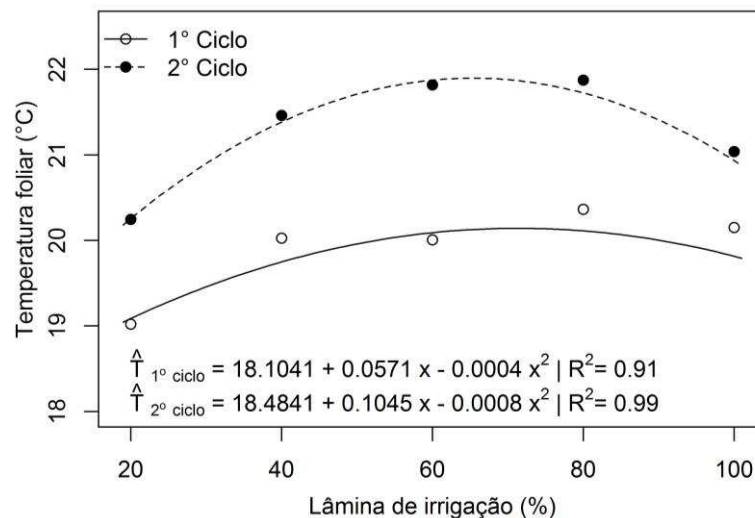
O aumento da lâmina de irrigação proporcionou efeito linear crescente na altura de planta (comprimento da parte aérea) das cenouras cultivar Brasília, nos dois ciclos de cultivo. No 1º ciclo, o maior nível de irrigação (100% da LI) demonstrou o maior aumento da altura das folhas com resposta de 33,02 cm e incremento de 27,79% em relação a lâmina de 20% da LI. Enquanto no 2º ciclo de cultivo, averiguou-se crescimento entorno de 48 cm quando submetida a maior lâmina estudada (100% da LI), com incremento de 12,53% em relação a lâmina de 20% da LI.

Resultados semelhantes foram encontrados por Cunha *et al.*(2016), cuja a resposta das cenouras Brasília ao aumento da lâmina de irrigação (50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura) proporcionou efeito linear crescente no comprimento da parte aérea (altura de planta).

3.7 Temperatura Foliar

A temperatura foliar foi significativamente influenciada pelas lâminas de irrigação nos ciclos estudados (Apêndice 1). Em 2019, a temperatura foliar demonstrou pouca variação ficando em torno de 19 a 20,2°C, sendo menor quando submetida as menores lâminas. Em 2020, houve maior variação, com temperaturas superiores a 20°C, sendo a maior, aproximadamente, 22°C (Figura 12).

Figura 12 – Resposta da temperatura foliar da cenoura (°C) em situações de lâminas de irrigação (%) para os anos de 2019 (1º Ciclo) e 2020 (2º Ciclo)



Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

A equação de melhor ajuste indica que o ponto máximo na temperatura foliar está numa reposição de 71,37% (2019) e 65,31% (2020) da LI, cuja resposta na planta indica as temperaturas em torno de 20,14°C (2019) e 21,89°C (2020). A temperatura da folha pode ser convertida em um indicador de estresse para fornecer uma resposta da planta ao planejamento da irrigação (DRECHSLER; KISEKKA; UPADHYAYA, 2019).

Esses resultados podem ter ocorrido pois, quando há limitação de água para a cultura, os processos de fotossíntese e transpiração tornam-se menos ativos, assim a taxa máxima de assimilação de carbono pode ser inibida por diminuir a condutância estomática e a temperatura foliar se torna maior (DIAS; MARENCO, 2007; TAÍZ *et al.*, 2017).

A temperatura da folha determina a concentração ou pressão de vapor de água dentro da folha e, portanto, determina a força motriz da transpiração (GATES, 1968). A diferença de temperatura foliar em plantas com e sem estresse caracteriza o estado hídrico, o comportamento

estomático e a perda de calor latente por meio da transpiração. Todavia, todo esse processo varia para cada espécie, dependendo da intensidade e duração do estresse hídrico (NOGUEIRA *et al.*, 2001).

3.8 Índice de vegetação por diferença Normalizada (NDVI)

Os efeitos encontrados nesse trabalho apontam resultados superiores para o tratamento com solo sem cobertura (controle) e o papel semi kraft em 2019, já em 2020 somente o controle demonstrou melhor média (Tabela 8). No primeiro ciclo o NDVI chegou a 0,684, no segundo ciclo de cultivo alcançou cerca de 0,782.

Tabela 8 – Valores médios do Índice de vegetação por diferença Normalizada (NDVI) da cenoura (*Daucus carota* L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020

Ano	Sem cobertura (controle)	Polietileno branco	Papel semi kraft
2019	0,684 a	0,541 b	0,626 a
2020	0,783 a	0,708 b	0,693 b

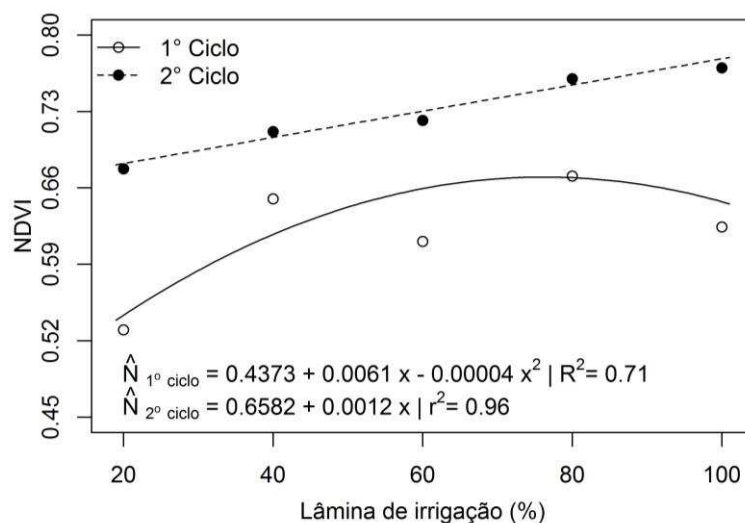
As médias seguidas pelas mesmas letras da linha não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

As plantas verdes refletem naturalmente a luz infravermelha e absorvem a luz vermelha para obter energia, de tal forma que as plantas que refletem menos luz vermelha são geralmente menos vigorosas (SANDERSON; FILLMORE, 2012). Os resultados indicam que houve diferença de valores de reflectância entre a cobertura plástica e os demais tratamentos (no ciclo de 2019), que pode estar relacionado ao fato do polietileno na cor branca ter interferido na reflexão do espectro eletromagnético.

Silva (2020) ao estudar a cobertura biodegradável de papel reciclado no consumo de água e o coeficiente de colheita de couve chinesa, em Viçosa-MG, observou que o efeito da cobertura de papel reciclado no NDVI é maior no estágio inicial de crescimento, quando o índice de área foliar da colheita ainda é geralmente baixo, o que gerou à maior refletância (vermelha e infravermelha) do papel, em comparação com a do solo.

O NDVI foi influenciado pelas lâminas de irrigação (Figura 13), com ponto máximo em 76,25% (1º Ciclo) e maior reflexão em 100% (2º Ciclo) da LI, sendo o NDVI em torno de 0,67 (1º Ciclo) e aproximadamente 0,80 (2º Ciclo). Esse resultado indica que as plantas se desenvolveram melhor com maiores lâminas, uma vez que quanto maior o valor do NDVI, maior o vigor e crescimento da cultura (GROHS *et al.*, 2009).

Figura 13 – Resposta do índice de vegetação por diferença Normalizada (NDVI) da cenoura em situações de lâminas de irrigação (%) para os anos de 2019 (1º Ciclo) e 2020 (2º Ciclo)



Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

Coelho *et al.*, (2019) ao realizaram uma estimativa do rendimento de aveia irrigada usando índices espectrais, para isso cinco tratamentos de irrigação: 11%, 31%, 60%, 87% e 100% da ETc, respectivamente, encontraram diferenças significativa na resposta do NDVI a déficits hídricos, com pontos máximos, variando entre 92 e 96% da ETc entre os estágios fenológicos. O que sugere que as plantas submetidas as menores lâminas refletem menos o comprimento de onda infravermelho apresentando-se menos vigorosas.

Além disso, por se tratar de mensurações não destrutivas, o NDVI medido pelo tecnologia GreenSeeker, tem sido usado para indicar o estado nutricional da planta em relação ao nitrogênio (ALAM; ALI, 2019; RAUN *et al.*, 2007), uma vez que o vigor de uma cultura pode estar relacionado a atividade da clorofila e o componente chave da clorofila é o nitrogênio (SANDERSON; FILLMORE, 2012). Como também é uma ferramenta valiosa para estimar o rendimento das culturas (COELHO *et al.*, 2019; THAPA *et al.*, 2019) e estimativa do coeficiente de cultivo (MAHMOUD; GAN, 2019; SILVA, 2020).

3.9 Produtividade da cenoura fresca

A produtividade da raiz da cenoura ($t \text{ ha}^{-1}$), apresentou resposta significativa para a cobertura do solo nos dois ciclos estudados (Apêndice 1). As coberturas de solo proporcionaram os melhores resultados para produtividade da raiz com o uso do papel no primeiro ciclo (28,35

t ha⁻¹) em relação ao controle. No segundo ciclo de cultivo tanto o papel quanto o polietileno branco podem ser utilizados para aumentar a produtividade da cultura (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores médios da produtividade (t ha⁻¹) da cenoura (*Daucus carota* L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020

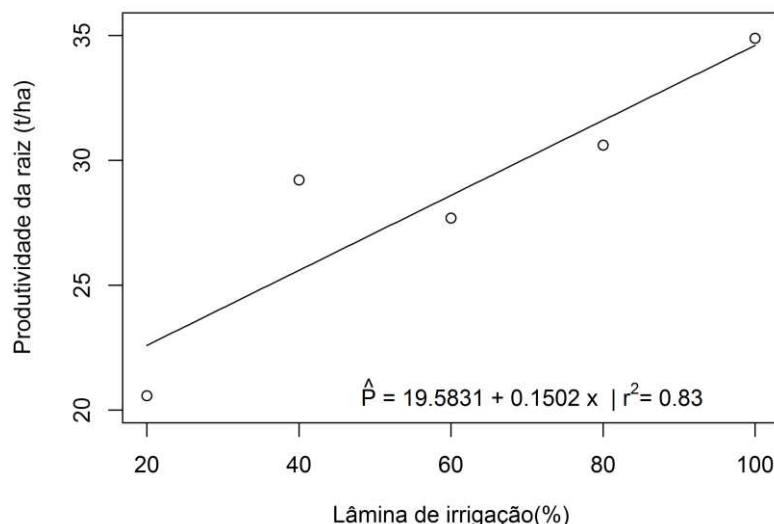
Ano	Sem cobertura (controle)	Polietileno branco	Papel semi kraft
2019	21,50 b	26,26 ab	28,35 a
2020	24,76 b	30,47 a	30,55 a

As médias seguidas pelas mesmas letras da linha não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

Esses resultados são reflexos do aumento de diâmetro, comprimento e altura das folhas que o uso de coberturas proporcionou. Existem muitos relatórios informando o aumento no crescimento das plantas e os consequentes ganhos no rendimento das culturas através do uso de coberturas plásticas (HANADA, 1977). O uso de coberturas no solo podem levar a uma melhor qualidade e rendimento do produto (HAYES *et al.*, 2019). Igbadun, Ramalan e Oiganji (2012), trabalhando com déficit hídrico e coberturas de solo em cebola, observaram que o polietileno melhorou significativamente a produtividade da água na colheita da cebola.

Com relação ao fator de irrigação, somente no 2º ciclo de cultivo demonstrou resposta significativa da cultura ($p < 0,01$). Na Figura 14, observa-se que a produtividade aumenta linearmente com aumento da lâmina irrigada, alcançando cerca de 34,89 t ha⁻¹ com irrigação a 100% da LI, o que gera um aumento de 53,23% em relação a lâmina mais baixa de 20% LI (22,63 t ha⁻¹). Esses resultados podem estar relacionados ao aumento no aparato fotossintético (altura de planta e número de folhas) ao se usar irrigação, o que gerou qualidade no aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa e retorno do produto comercial.

Figura 14 – Resposta da produtividade raiz da cenoura (t ha⁻¹) em situações de lâminas de irrigação (%) para o 2º ciclo (2020).



Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

Os baixos níveis de água em condições de campo promovem aumento da evapotranspiração e prejudicam o processo de transformação de energia luminosa em energia química, o que leva à redução rendimento uma vez que a planta não tem seu ciclo de fotossíntese realizado com êxito (MIR et al. 2012; TAIZ et al. 2017).

Os resultados encontrados corroboram com Reid e Gillespie (2017), uma vez que os rendimentos de biomassa e raízes diminuíram com o aumento de estresse hídrico. Silva *et al.* (2011) ao estudar a cenoura irrigada com manejo de irrigação por tanque “Classe A” verificaram reposta linear crescente com a lâmina de 100% da ECA proporcionando 42,72 t ha⁻¹.

Cunha *et al.* (2016) estudando quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura) e três cultivares de cenoura (Brasília Irecê, Nantes e Nantes Milena), observaram que as raízes da cenoura não sofreram efeito significativo no uso das lâminas estudadas em relação a produtividade da cenoura. Léllis *et al.* (2017) estudaram a irrigação por déficit regulado aplicado em cada estágio de desenvolvimento da cenoura obtiveram a maior produtividade de raiz (20,94 t ha⁻¹) em uma irrigação com 0,6 da razão entre a evapotranspiração real e a máxima (ET_r / ET_m).

3.10 Massa seca da cenoura

Não houve efeito significativo para os fatores estudados para a varável massa seca no 1º ciclo de cultivo (2019). Contudo, no 2º ciclo de cultivo (2020), houve resposta significativa tanto para o fator de cobertura no solo, como para as lâminas de irrigação (Apêndice 1).

Observa-se na Tabela 10, no ano 2020, que o tratamento com cobertura de solo em papel foi superior ao tratamento sem cobertura (controle). Esses resultados tornam-se importantes uma vez que o acúmulo da massa seca é uma das formas de definir a capacidade produtiva da planta, pois está altamente relacionada a produção fotossintética e ao acúmulo de nutrientes da planta (MAGALHÃES, 1979; TAIZ *et al.*, 2017).

Tabela 10 – Valores médios da massa seca ($t\ ha^{-1}$) da cenoura (*Daucus carota* L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020

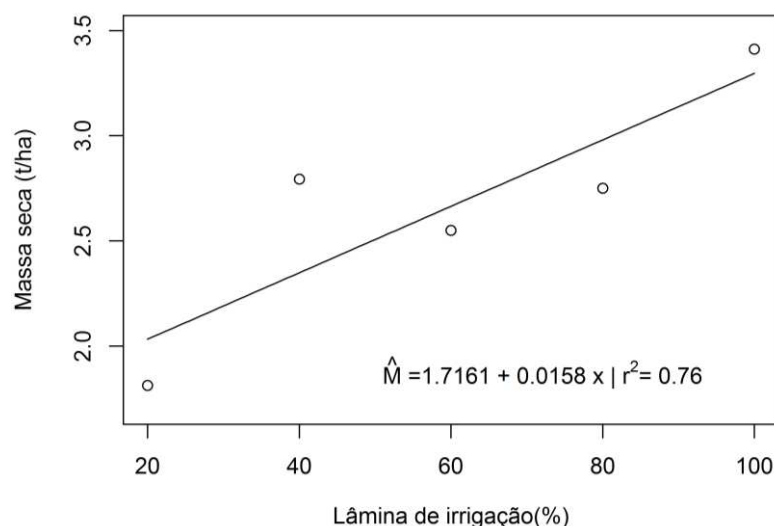
Ano	Sem cobertura (controle)	Polietileno branco	Papel semi kraft
2019	2,04 a	2,45 a	2,42 a
2020	2,23 b	2,85 ab	2,89 a

As médias seguidas pelas mesmas letras da linha não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

Saglam *et al.* (2017) observaram que tanto o papel biodegradável quanto as coberturas plásticas biodegradáveis tem capacidade de reduzir a evaporação ao restringir o fluxo de água e vapor na interface solo-atmosfera e, assim, conservar a água na zona radicular, o que pode gerar um maior acúmulo de massa da cultura.

Na Figura 15, observa-se o aumento linear que a massa seca sofreu ao ser submetida a diferentes lâminas de irrigação, cujo resultado, ao se comparar a lâmina de 100% em relação a 20% da LI, demonstra aumento de 62,36%. Esses resultados corroboram com os encontrados por Reid e Gillespie (2017) cujo estudo demonstra que os rendimentos da cenoura podem ser de até 2,5 (2010) e 3,0 (2011) vezes maior para o tratamento com 100% da lâmina de irrigação quando comparados ao sequeiro.

Figura 15 – Resposta da massa seca da cenoura ($t\ ha^{-1}$) em situações de lâminas de irrigação (%) para o 2º ciclo (2020)



Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

3.11 Eficiência de água (EUA)

A eficiência no uso da água (EUA), nos dois ciclos estudados, apresentou resposta significativa para a cobertura do solo, contudo somente no segundo ciclo, as lâminas de irrigação tiveram significância (Apêndice 1).

Ao usar no cultivo da cenoura a cobertura de polietileno e papel, têm-se um incremento da EUA em 18% e 38%, respectivamente, em relação ao controle. Já no 2º ciclo de cultivo, o polietileno e papel geram um incremento de 26% e 41% na EUA. Esses resultados demonstram que o uso de coberturas de solo, tem alto potencial de maximizar a eficiência de uso da água, promovendo economia de água e incremento de produtividade (Tabela 11).

Tabela 11 – Valores médios da eficiência no uso da água ($t\ ha^{-1}\ mm^{-1}$) da cenoura (*Daucus carota* L.) em função de coberturas do solo, para os ciclos de 2019 e 2020

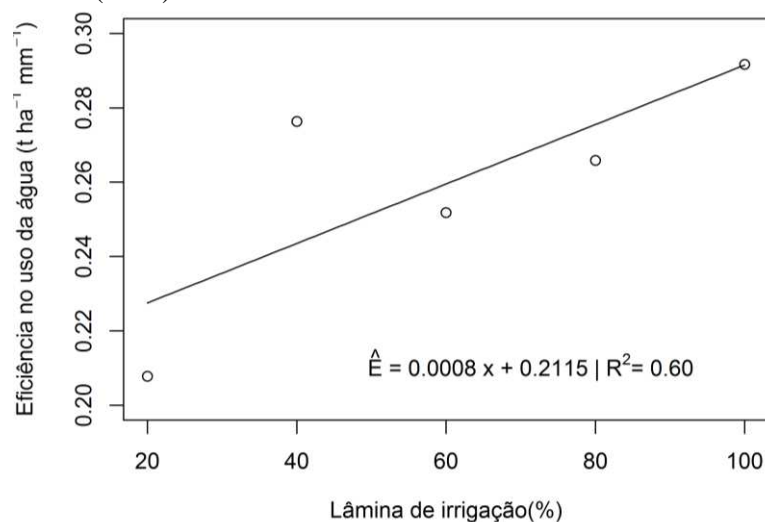
Ano	Sem cobertura (controle)	Polietileno branco	Papel semi kraft
2019	0,291 b	0,346 ab	0,404 a
2020	0,211 b	0,266 a	0,298 a

As médias seguidas pelas mesmas letras da linha não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

No 1º ciclo, independentemente da lâmina de irrigação utilizada o resultado indica que não houve diferenças estatísticas para a eficiência no uso da água (EUA). No 2º ciclo de cultivo, verificou-se que as lâminas de irrigação tiveram uma resposta linear crescente ($p < 0,05$), com melhor eficiência ao se usar a lâminas de irrigação em 100% com retorno de 0,2915 toneladas por hectare para cada milímetro aplicado na cultura (Figura 16). Essa maior eficiência no uso

da água pode estar relacionada ao incremento que se teve em altura das folhas, diâmetro da raiz, refletância da luz infravermelha indicada pelo NDVI e diminuição da temperatura foliar ao se usar maiores lâminas de irrigação.

Figura 16 – Eficiência no uso da água ($t\ ha^{-1}\ mm^{-1}$) da cenoura irrigada com lâminas de irrigação (%) para o 2º ciclo de cultivo (2020)



Autora dessa dissertação, 2020.

Carvalho *et al.* (2016) verificaram que a colheita da cenoura foi influenciada por diferentes lâminas aplicadas, sendo a maior EUA obtida com reposição média de 63,4% de água no solo. Abdel-Aziz (2017) em estudo com cenoura, indicaram que o uso de irrigação por déficit maximiza a produtividade da água para irrigação e otimiza o rendimento das culturas. Segundo Azevedo e bezerra (2008) quando as lâminas de irrigação maiores têm menor eficiência, isso reflete na redução da quantidade de quilos produzidos para cada milímetro de água aplicado, ou seja, menor eficiência do uso da água.

Pesquisas realizadas por Chen *et al.* (2019), He *et al.* (2013), Liu *et al.* (2015), Xu *et al.* (2015) e Zheng *et al.* (2017) indicam que a irrigação aplicada junto a cobertura de filme polietileno permite reduzir o processo de evaporação da água do solo, o que conseqüentemente reduz a lâmina de irrigação aplicada sendo uma abordagem adequada para aumentar a produtividade da cultura e a eficiência no uso da água.

4. CONCLUSÕES

A cenoura, cultivar Brasília, demonstrou nos dois ciclos, para os parâmetros morfofisiológicos estudados, ser sensível as lâminas inferiores a 100% da LI. Para o cultivo da cenoura, na zona da mata mineira, indica-se o uso da irrigação em 100% da lâmina de irrigação.

O papel semi-kraft é uma opção que, nos parâmetros comprimento da cenoura, altura, índice de vegetação normativa e produtividade de raiz ($t\ ha^{-1}$), supera o polietileno. Contudo, recomenda-se a realização de mais pesquisas para avaliar essa técnica de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-AZIZ, A. Effect of deficit irrigation during growth stages on water use efficiency of carrot under el-ismailia conditions. **Egyptian Journal of Soil Science**, v. 57, n. 4, p. 393–406, 22 maio 2017. Disponível em: <http://ejss.journals.ekb.eg/article_3277.html>
- ABREU, R. C. R. et al. Can native vegetation recover after slash pine cultivation in the Brazilian Savanna? **Forest Ecology and Management**. V. 262, p. 1452–1459, 2011. Disponível em: <10.1016/j.foreco.2011.06.046>
- ALAM, M. S.; MALLIK, S. A.; COSTA, D. J.; ALAM, M. S.; ALAM, A. Effect of irrigation on the growth and yield of (*Daucus carotas* sp. sativus) carrot in hill valley. **Bangladesh J. Agril. Res**, v. 35, n. June, p. 323–329, 2010.
- ALAM, S. M. P.; ALI, M. N. Effect of precision nitrogen management on protein content in grain of wheat. **International Journal of Chemical Studies**, v. 7, n. February, p. 1267–1264, 2019.
- ALEMAN, C. C.; MARQUES, P. A. A. Manejo e viabilidade econômica da irrigação no cultivo de *Calendula officinalis* L. **Irriga**, v. Edição Esp, n. 1808- 8546/ISSN, p. 29–37, 2016.
- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C. DE et al. Emprego de tipos de cobertura de canteiro no cultivo da alface. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 899–903, 2005.
- AZEVEDO, J. H. O.; BEZERRA, F. M. L. Resposta de dois cultivares de bananeira a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 39, n. 1, p. 28–33, 2008.
- BRAGA, M. B. et al. Coberturas do solo e uso de manta agrotêxtil (TNT) no cultivo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, p. 147–153, 2017.
- CARVALHO, A.D. F. et al. Produtividade e tolerância à queima-das-folhas de diferentes genótipos de cenoura de verão. **Horticultura Brasileira**, v.33, p. 299-304, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000300004>>

CARVALHO, D. F. DE et al. Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irrigation depths. **Ciência Rural**, v. 46, n. 7, p. 1145–1150, 5 abr. 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103 - 84782016000701145&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782016000701145&lng=en&tlng=en)>

CEPEA - **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Esalq**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/hortifruti.aspx>>. Acesso em: 13 jun. 2020

CHAKRABORTY, D. et al. Synthetic and organic mulching, and nitrogen effect on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in a semi-arid environment. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 5, p. 738–748, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2010.01.006>>

CHEN, H. et al. Association between dietary carrot intake and breast cancer. **Medicine**, v. 97, n. 37, p. 1-8, set. 2018. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005792-201809140-00020>>

CHEN, Z. et al. Assessing the performance of different irrigation systems on lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the greenhouse. **PLoS ONE**, v. 14, n. 2, p. 1–18, 2019.

CEAGESP. **Normas de Classificação da cenoura**. São Paulo, 2015. Cartilha. Disponível em <<http://www.ceagesp.gov.br/entrepotos/servicos/produtos/classificacao/>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

COELHO, A. P. et al. Estimation of irrigated oats yield using spectral indices. **Agricultural Water Management**, v. 223, p. 1-8, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105700>>

COELHO, M. E. H. et al. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. **Planta Daninha**, v. 31, n. 2, p. 369–378, jun. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582013000200014&lng=pt&tlng=pt>

CUNHA, F. F. DA et al. Características agronômicas de cultivares de cenoura submetidas a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 34, p. 312–318, 2016. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/4574>>

DANTAS, M. S. M. et al. Rendimento e qualidade de melancia cultivada sob proteção de agrotêxtil combinado com mulching plástico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 824–829, 2013.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesq. agropec. bras.**, v. 42, n. 1, p. 305–311, 2007.

DLAMINI, P. et al. Reduction of evaporation from bare soil using plastic and gravel mulches and assessment of gravel mulch for partitioning evapotranspiration under irrigated canola. **Soil Research**, v. 55, n. 3, p. 222–233, 2017.

- DRECHSLER, K.; KISEKKA, I.; UPADHYAYA, S. A comprehensive stress indicator for evaluating plant water status in almond trees. **Agricultural Water Management**, v. 216, n. February, p. 214–223, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.02.003>>
- FAN, Y. et al. Plastic mulch decreases available energy and evapotranspiration and improves yield and water use efficiency in an irrigated maize cropland. **Agricultural Water Management**, v. 179, p. 122–131, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.019>>
- FAO. Food and agriculture Organization of the United Nations. 2019. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 jan. 2020.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. **Applied Mathematics**, v. 05, n. 19, p. 2952–2958, 2014. Disponível em: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/am.2014.519280>. Acesso em: 18 abr. 2020.
- FREITAS, A. R. De J. **Potencial do papel no cultivo da alface visando controle de plantas daninhas, temperatura e perda de água**. Orientador: Paulo Geraldo Berger. 2017. 45 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, 2017.
- GAN, Y. et al. Ridge-Furrow Mulching Systems—An Innovative Technique for Boosting Crop Productivity in Semiarid Rain-Fed Environments. In: *Advances in Agronomy*. **Elsevier**, 2013. v. 118p. 429–476.
- GATES, D. M. Transpiration and leaf temperature. **Plant Physiology**, v. 19, p. 211–238, 1968.
- GENUCHTEN V M. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 5, p. 892–898, 1980.
- GROHS, D. S. et al. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor GreenSeeker. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 1, p. 101–112, 2009.
- HANADA, T. **The effect of mulching and row covers on vegetable production**. Extension BuLLetin, Kyoto Pref: ASPAC, 1977.
- HAYES, D. G. et al. **Polymers for Agri-Food Applications**. Cham: Springer International Publishing, 2019.
- HE, H. et al. Rice performance and water use efficiency under plastic mulching with drip irrigation. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, p. 1–15, 2013.
- HOU, X. et al. Agricultural and Forest Meteorology Duration of plastic mulch for potato growth under drip irrigation in an arid region of Northwest China. **Agricultural and forest meteorology**, v. 150, p. 115–121, 2010.
- IGBADUN, H. E.; RAMALAN, A. A.; OIGANJI, E. Effects of regulated deficit irrigation and mulch on yield, water use and crop water productivity of onion in Samaru, Nigeria.

Agricultural Water Management, v. 109, p. 162–169, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2012.03.006>>

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1706>>. Acesso em: 03 jun. 2020

SILVA, V. J. et al. Resposta da cenoura à aplicação de diferentes lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, v. 27, p. 954–963, 2011.

KARAKAN, F. Y.; ARPACI, B.; KILIÇ, A. The effect of different sowing dates on yield and some agronomic characteristics of carrot (*Daucus carota* L.). **Scientific Papers. Series B, Horticulture**, v. LXIII, n. 2, 2019.

LÉLLIS, B. C. et al. Effective management of irrigation water for carrot under constant and optimized regulated deficit irrigation in Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 192, p. 294–305, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.07.018>>

LI, C. et al. Serum α -Carotene Concentrations and Risk of Death Among US Adults. **Archives of Internal Medicine**, v. 171, n. 6, p. 507–515, 28 mar. 2011. Disponível em: <<http://archinte.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archinternmed.2010.440>>

LI, S. et al. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China. **Agricultural Water Management**, v. 116, p. 39–49, 2013.

LIMA, J. A. DE et al. Economic viability of a drip irrigation system on carrot crop. *Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 57, n. 1, p. 15–21, 2014. Disponível em: <<http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.060>>

LIU, Y. et al. Effect of plastic film mulching on the grain filling and hormonal changes of maize under different irrigation conditions. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, p. 1–17, 2015.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1979, p. 331-350.

MAHMOUD, S. H.; GAN, T. Y. Irrigation water management in arid regions of Middle East: Assessing spatio-temporal variation of actual evapotranspiration through remote sensing techniques and meteorological data. **Agricultural Water Management**, v. 212, n. July 2017, p. 35–47, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.040>>

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **R. Bras. Fisiol**, v. 13, p. 75–87, 2001.

PESSALA, R.; HARDH, K. Mulching in the cultivation of pickling cucumber. **Journal of the agricultural resarch centre**, v. 16, p. 64–70, 1977.

R Core Team (2019). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RAUN, W. R. et al. Optical Sensor - Based Algorithm for Crop Nitrogen Fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 3624, p. 2759–2781, 2007.

REID, J. B.; GILLESPIE, R. N. Yield and quality responses of carrots (*Daucus carota* L.) to water deficits. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 45, n. 4, p. 299–312, 2017.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; COSTA, N. D. Planting times and spacing of carrot crops in the São Francisco valley, Pernambuco state, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 587–593, 2016.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, PAULO T. G.; ALVAREZ V, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação**. Comissão de ed. Viçosa- MG: CFSEMG, 1999.

SAGLAM, M. et al. Modeling the effect of biodegradable paper and plastic mulch on soil moisture dynamics. **Agricultural Water Management**, v. 193, p. 240–250, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.011>>

SANDERSON, K. R.; FILLMORE, S. A. E. Slow-release nitrogen fertilizer in carrot production on Prince Edward Island. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 92, n. 6, p. 1223–1228, 2012.

SHEN, Q. et al. Water use effectiveness is enhanced using film mulch through increasing transpiration and decreasing evapotranspiration. **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 6, 2019.

SILVA, G. H. DA. Biodegradable mulch of recycled paper reduces water consumption and crop coefficient of pak choi. **Scientia Horticulturae**, v. 267, n. October 2019, p. 109315, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109315>>

SINTIM, H. Y. et al. Impacts of biodegradable plastic mulches on soil health. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 273, n. November 2018, p. 36–49, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.12.002>>

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

THAPA, S. et al. Use of NDVI for characterizing winter wheat response to water stress in a semi-arid environment. **Journal of Crop Improvement**, v. 33, n. 5, p. 633–648, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1648348>>

TITCOMB, T. J. et al. Carrot Leaves Maintain Liver Vitamin A Concentrations in Male Mongolian Gerbils Regardless of the Ratio of α - to β -Carotene When β -Carotene Equivalents Are Equalized. **The Journal of Nutrition**, v. 149, n. 6, p. 951–958, 1 jun. 2019. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jn/article/149/6/951/5485306>>

VELANDIA, M. et al. Use of Polyethylene and Plastic Biodegradable Mulches among Tennessee Fruit and Vegetable Growers. **HortTechnology**, v. 30, n. 2, p. 212–218, 2020.

- WANG, P. et al. Dynamical effects of plastic mulch on evapotranspiration partitioning in a mulched agriculture ecosystem: Measurement with numerical modeling. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 268, n. January, p. 98–108, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.01.014>>
- XU, J. et al. The effects of plastic film mulching on maize growth and water use in dry and rainy years in Northeast China. **PLoS ONE**, v. 10, n. 5, p. 1–14, 2015.
- YAGHI, T.; ARSLAN, A.; NAOUM, F. Cucumber (*Cucumis sativus*, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 128, p. 149–157, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2013.06.002>>
- YANG, N. et al. Plastic film mulching for water-efficient agricultural applications and degradable films materials development research. **Materials and Manufacturing Processes**, v. 30, n. 2, p. 143–154, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10426914.2014.930958>>
- YANG, Y. et al. Evaluating water-saving efficiency of plastic mulching in Northwest China using remote sensing and SEBAL. **Agricultural Water Management**, v. 209, n. May, p. 240–248, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.011>>
- YURI, J. E. et al. Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de *mulching*. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 424–427, 2012.
- ZHANG, D. et al. The status and distribution characteristics of residual mulching film in Xinjiang, China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 15, n. 11, p. 2639–2646, 2016. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61240-0](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61240-0)>
- ZHANG, Y.; HAN, J. H.; KIM, G. N. Biodegradable mulch film made of starch-coated paper and its effectiveness on temperature and moisture content of soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 7–8, p. 1026–1040, 2008.
- ZHANG, Z. et al. Influence of mulched drip irrigation on landscape scale evapotranspiration from farmland in an arid area. **Agricultural Water Management**, v. 230, n. December 2019, p. 105953, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105953>>
- ZHENG, W. et al. Black plastic mulch combined with summer cover crop increases the yield and water use efficiency of apple tree on the rainfed Loess Plateau. **PLoS ONE**, v. 12, n. 9, p. e0185705, 28 set. 2017. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0185705>>
- ZHOU, B. et al. Microplastics in agricultural soils on the coastal plain of Hangzhou Bay, east China: Multiple sources other than plastic mulching film. **Journal of Hazardous Materials**, v. 388, n. December, p. 121814, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121814>>

CAPÍTULO 2 – PRODUÇÃO ECONÔMICA DA CENOURA SOB DÉFICIT DE ÁGUA E COBERTURAS DE SOLO

RESUMO

Objetivou-se estimar a viabilidade econômica da cenoura, cultivar Brasília, sob diferentes lâminas de água de irrigação e condições de cobertura do solo. Os experimentos foram conduzidos em um esquema fatorial 5x3, sendo cinco lâminas de água de irrigação, com base na lâmina de irrigação (20, 40, 60, 80 e 100% LI) e três coberturas de solo (polietileno branco, papel semi-kraft biodegradável e sem cobertura do solo – Controle) no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento e o manejo de água foi realizado por tênsiometria. A viabilidade foi calculada determinando-se as diferenças entre as receitas e os custos para um hectare. Utilizou-se a distribuição de probabilidade triangular pelo método de Monte Carlo para os fatores econômicos, considerando-se os valores máximo, modal e mínimo. Em seguida fez-se a relação benefício/custo e o lucro (%). Os resultados indicaram que existe potencial de viabilidade econômica para a irrigação da cenoura, em déficits de até 20% da LI. O cultivo com cobertura de polietileno branco apresentou a maior receita líquida, em 82.061,89 (ciclo 1) e R\$ 97.838,33 (ciclo 2) com irrigação de 100% da LI. Ao usar o papel, com irrigação de 100% da LI, a maior receita líquida foi de R\$76.678,88 e R\$82.065,87 para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente. A porcentagem de lucro média dos dois ciclos, demonstram maior lucro em 100% da LI com polietileno branco (76,26%) e o papel semi-kraft (75,97%). O benefício/custo, na média dos dois ciclos, usando a maior lâmina (100% da LI), evidenciou retorno de R\$2,97 para o controle, R\$3,62 para o polietileno branco e 4,18 para o papel semi-kraft. O *mulching* com papel tem alto potencial de ser usado como cobertura do solo, pois permite aumento de produtividade e retorno econômico, como também minimiza problemas agroecológicos na área.

Palavras-chave: *Daucus carota* L. Manejo de irrigação. *Mulching*. Retorno econômico. Porcentagem de lucro.

1 INTRODUÇÃO

A cenoura é uma das olerícolas mais requisitadas no mundo. No Brasil, em 2017, foram comercializadas cerca de 475 mil toneladas de cenoura, com consumo médio de 5,3 quilos per capita por ano (CEPEA, 2020). Em Minas Gerais, foram comercializadas mais de 308 mil toneladas (IBGE, 2020), sendo este o principal estado produtor do país.

As chuvas recorrentes e intensas no início de 2020, no Brasil, proporcionaram redução da oferta de cenoura no mercado. Isso ocasionou elevação da rentabilidade da cultura, obtendo-se, por exemplo, em São Gotardo (MG), um preço médio de 50 reais pela caixa de 29 kg de cenoura “suja”. Dessa forma, é possível identificar uma valorização de 38% no mês de março de 2020 para os estados de Minas Gerais e Goiás (BARROS *et al.*, 2020; SIKORA *et al.*, 2020).

As áreas agrícolas, quando irrigadas, têm rendimentos de colheita expressivamente superiores quando comparadas às áreas de sequeiros. Isso se deve as precipitações pluviais esporádicas que podem prejudicar o suprimento da demanda hídrica da cultura impactando diretamente na produção agrícola (TURRAL; BURKE; FAURÈS, 2011). Porém, o uso intensivo das fontes de água limitou o acesso a esse bem valioso (AYERS; WESTCOT, 1985).

Para reduzir o uso da água e aumentar a produção agrícola, os produtores podem optar pelo uso de coberturas do solo (DLAMINI *et al.*, 2017). A cobertura de filme plástico é uma prática antiga de gerenciamento eficaz para garantir a segurança alimentar, melhorando a produção das culturas por unidade de área (HE *et al.*, 2018; VELANDIA *et al.*, 2020). No entanto, a degradação do polietileno, no meio ambiente, pode demorar séculos, tornando a gestão de resíduos imprescindível a fim de evitar a sua acumulação na natureza (OVE *et al.* 2015; ZHANG *et al.*, 2016; ZHOU *et al.*, 2020).

Alguns autores, sugerem como opção à cobertura de polietileno, o papel, pois tem a vantagem de ser uma matéria-prima barata e com alta biodegradabilidade (HAAPALA *et al.*, 2014; LI *et al.*, 2014). Ela demonstra potencial de ser eficiente ao restringir o fluxo e vapor de água na interface solo-atmosfera, o que auxilia na diminuição do consumo hídrico na plantação (SILVA; 2020; SAGLAM *et al.*; 2017), além de reduzir os problemas ambientais causados pelo polietileno na horticultura (MORENO *et al.*, 2017).

Todavia, a decisão do agricultor de usar uma nova tecnologia, sempre está associada aos ganhos (GALIOTO *et al.*, 2020), de forma que a análise de viabilidade econômico-financeira é o primeiro passo para a tomada de decisão sobre o investimento de irrigação (KIRCHNER *et al.*, 2018). E os produtores de cenoura precisam de mais informações

relacionadas ao custo de produção e rentabilidade desse vegetal (AHMAD; HASSAN; BAKHSH, 2005). Assim, objetivou-se através desta pesquisa estimar a viabilidade econômica da cenoura, cultivar Brasília, sob diferentes lâminas de água de irrigação e condições de cobertura do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

Foram realizados dois experimentos com a cultura da cenoura. O primeiro ciclo ocorreu entre as estações de inverno e primavera de 2019 e o segundo nas condições das estações de verão e outono de 2020. Ambos os experimentos foram conduzidos na Área Experimental de Irrigação e Drenagem, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG, situada na latitude de 20° 45' S, longitude de 42° 52' W e altitude de 648 m. Os experimentos foram conduzidos em um esquema fatorial 5x3, sendo cinco lâminas de água de irrigação, com base na lâmina de irrigação (20, 40, 60, 80 e 100% LI) e três coberturas de solo (polietileno branco, papel semi-kraft biodegradável e sem cobertura do solo – Controle) no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições.

2.2 Dados edafoclimáticos

O clima da região é classificado por Köppen como Cwa, isto é, tropical de altitude, com chuva nos meses de outubro a maio, e com período seco de junho a setembro. O solo da área experimental era Argissolo Vermelho-Amarelo, com distribuição granulométrica de 46% de argila, 39% areia e 15% silte. A capacidade de campo do solo e ponto de murcha era de 36,8% e 19,5% em peso, respectivamente. As densidades do solo estavam nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,30 m com 1,3 g/cm³ (ciclo de 2019) e 1,4 g/cm³ (ciclo de 2020). As médias da temperatura máxima e mínima ao longo dos experimentos foram de 26 e 13 °C (1° ciclo) e entre 26 e 15 °C (2° ciclo). As precipitações pluviométricas acumuladas para os ciclos de cultivo de 2019 e 2020 foram de 415,60 mm e 1.874,00 mm, concomitantemente.

2.3 Implantação da cultura

Foi realizado o processo de preparo do solo com aração e gradagem, em seguida foram feitos 5 canteiros com 12,0 m de comprimento, 1,0 m de largura e 0,3 m de altura. A adubação química com NPK, com base na análise de solo, foi realizada usando a descrição de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999). A cultivar utilizada foi a Brasília. O espaçamento entre linhas adotado foi de 0,30 m e 0,10 m entre plantas. As semeaduras ocorreram em 15 de agosto de 2019, no primeiro ciclo, e 10 de março de 2020, no segundo ciclo. Para garantir a germinação usou-se três sementes por cova. O desbaste foi realizado após o estabelecimento da cultura em 0,10 m de altura. Após o desbaste as coberturas foram instaladas e iniciadas as lâminas de irrigação (Figura 1A).

Figura 1 – Desbastes das cenouras ao 10cm de altura (A); Capina manual dos canteiros (B); Aplicação de inseticida nas cenouras (C) em Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), em Viçosa-MG



Fonte: Autora dessa dissertação, 2020.

2.4 Manejo de irrigação

O sistema de irrigação usado foi o gotejo, com fitas gotejadoras de 16 mm (tubo emissor ISO 9261, modelo P1 ala gocciolante leggera, Irritec, Brasil) em emissores espaçados a cada 0,30 m e vazão de $1,50 \text{ L h}^{-1}$ com pressão de operação de 10 mca. A uniformidade de distribuição de água pelos emissores ficou entorno de 99 (1º ciclo) e 97% (2º ciclo).

Para verificar a umidade do solo usou-se tensiômetros que estavam instalados em cada tratamento, nas profundidades de 0,10 e 0,30 m, com leituras diárias com tensímetro digital entre 8:00 e 10:00 horas. A leitura de tensão dos tensiômetros era convertida em umidade do solo através da curva de retenção de água do solo, obtida pelo método da câmara de Richards. O modelo de Van Genuchten (Van Genuchten, 1980) foi adotado.

Para calcular as lâminas de irrigação (20, 40, 60, 80 e 100%) de cada tratamento usou-se a Equação 1. Para aplicar o déficit na lâmina usou-se os valores de 0,2 (correspondente a 20%), 0,4 (40%), 0,6 (60%), 0,8 (80%), e 1,0 (100%).

LI =

2.6 Tratos culturais

Ao longo dos ciclos estudados foram realizadas capinas manuais nas parcelas sem cobertura (Figura 1B) para retirada de trevos (*Oxalis tetraphylla*) e tiriricas (*Cyperus rotundus*). Houve recorrência de vaquinhas (*Diabrotica speciosa* (Germ.)) na área experimental, no ciclo de 2019, esse inseto alimentou-se das folhas da cenoura em decorrência do desequilíbrio ambiental, como não há inseticida registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle desta praga na cultura da cenoura no Brasil, fez-se o controle físico.

A cultivar Brasília, em certas condições como o estresse hídrico, pode apresentar alguma suscetibilidade à *Cercospora carotae*. Essa decorrência foi detectada no primeiro ciclo, requerendo algumas pulverizações com fungicida bravonil 500 (Figura 1C).

2.7 Viabilidade econômica

A viabilidade econômica da irrigação foi calculada para os dois ciclos, determinando-se a diferença entre a receita e os custos. A receita bruta foi estimada multiplicando-se a produtividade, obtida em um hectare, pelo preço de mercado do produto. Vale ressaltar que a colheita nos dois ciclos ocorreu aos 65 dias após a germinação da cenoura.

Os preços consideraram o maior, modal e menor valor de comercialização disponibilizado pela Companhia Nacional de Abastecimento, entre janeiro de 2019 a janeiro de 2020 (CONAB, 2020). Em seguida, utilizou-se a Distribuição de Probabilidade Triangular pelo Método de Monte Carlo para os fatores econômicos (Tabela 1). Por essa metodologia também foram calculados os valores de preço da água, horas trabalhadas, taxa de manutenção do sistema de irrigação e taxa de juros.

Tabela 1 – Valores utilizados na simulação pelo Método de Monte Carlo para o estudo de viabilidade econômica da cenoura na Zona da Mata Mineira, Brasil

Valores	Mínimo	Modal	Máximo
Preço da Água (R\$/m ³)	0,01	0,02	0,03
Preço da caixa 20 kg (R\$/caixa)	46,8	59,17	69,8
Horas trabalhadas (h/mês)	120	160	240
Taxa de manutenção	5	6	7
Taxa de Juros	7	7,5	8

Fonte: ANA (2020); CONAB (2020); BRASIL (1967).

Para determinar o custo de produção foram considerados os custos com mão de obra, preparo do solo, adubação, semeadura, desbaste, colheita, lavagem e classificação das cenouras utilizou-se o levantamento de dados para orçamento da produção de cenoura descrito em Sebrae (2014), a aplicação de fungicidas e armadilhas para insetos foi contabilizada com as recorrências do experimento. No cultivo com papel e plástico foram considerados os custos destes e a mão de obra para alocar em 10000 m² (Tabela 2). Já para a situação controle foi adicionado gastos com herbicida e mão de obra para aplicação, uma vez que a capina manual se tornaria inviável.

Tabela 2 – Valores de custo total com *mulching* de polietileno e papel para 10000 m² adotados no cultivo de cenoura na Zona da Mata Mineira, Brasil

Descrição	Unid.	Custo unitário (R\$/m)	Custo total (R\$)
<i>Mulching</i> de Polietileno	500 m	0,82	410,00
Papel kraft reciclado	500 m	0,53	264,33
Custo total do plástico			8200,00
Custo total do papel			5286,60

Fonte: ElectroPlastic® (2020); Embalagem fácil (2020).

Os custos variáveis foram obtidos a partir da determinação das lâminas acumuladas em cada tratamento durante os ciclos (Tabela 3). Considerou-se o sistema de irrigação de gotejamento, com vida útil de 10 anos, fitas gotejadoras de 16 mm (tubo emissor ISO 9261, modelo P1 ala gocciolante leggera, Irritec, Brasil), e bomba de operação de 12 cv.

Tabela 3 – Lâmina total acumulada no cultivo da cenoura (mm) em situações de lâminas de irrigação e coberturas do solo para 1º ciclo (2019) e 2º ciclo (2020)

Coberturas	Lâmina acumulada no 1º ciclo (2019)				
	20	40	60	80	100
Controle	69,45	74,71	82,48	89,16	94,79
Polietileno	66,19	71,71	78,24	83,36	88,23
Papel	64,33	69,28	74,63	79,30	82,00
	Lâmina acumulada no 2º ciclo (2020)				
Controle	102,58	110,57	117,01	122,55	129,69
Polietileno	99,48	107,78	113,62	119,26	125,61
Papel	95,65	100,72	102,64	105,09	106,87

Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

O custo total anual da irrigação foi dividido em custos fixos e custos variáveis (equação 2). Para obtenção dos custos fixos anuais da irrigação (equação 3), foi utilizado o Fator de

Recuperação de Capital (equação 4), que pressupõe a reserva de uma quantidade suficiente de recursos financeiros a cada ano para possibilitar a reposição dos bens em anos, mais os encargos dos juros sobre o capital investido. No cálculo dos custos variáveis anuais da irrigação (equação 5) foram considerados os custos de bombeamento, de manutenção, de mão de obra e da água (FRIZZONE *et al.*, 2001; MARQUES; COELHO, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4, é possível observar a produtividade da cenoura nos dois ciclos de cultivo. Em ambos os ciclos, a maior produtividade foi encontrada no uso de 100% da LI, com a cobertura de papel semi-kraft.

Tabela 4 – Produtividade e custo total da cenoura (*Daucus carota* L.) irrigada em diferentes coberturas do solo, para os anos de 2019 e 2020 (1º e 2º ciclo)

Lâminas (%LI)	Produtividade (kg ha ⁻¹)		Custo total (R\$ ha ⁻¹)	
	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo
Sem cobertura (controle)				
20	20.335,00	20.772,00	17.651,91	18.473,06
40	18.036,60	22.205,25	18.702,05	19.708,72
60	22.512,75	24.744,00	21.639,52	19.980,25
80	21.172,50	27.330,00	23.634,00	20.101,08
100	23.665,00	28.752,00	25.624,14	20.277,48
Cobertura de polietileno branco				
20	29.646,00	18.244,50	23.833,98	25.044,20
40	20.106,00	32.782,50	25.479,47	25.274,40
60	27.068,25	25.799,25	27.178,29	25.494,46
80	25.037,00	34.624,50	28.822,13	25.596,10
100	37.257,75	40.905,75	30.174,20	25.387,07
Cobertura de papel semi-kraft				
20	29.106,00	22.705,50	20.765,39	22.653,98
40	24.396,60	32.637,75	20.785,80	22.919,87
60	30.119,25	32.520,75	23.758,27	23.172,77
80	22.342,50	31.253,00	25.252,74	23.280,86
100	34.330,50	35.022,00	26.739,09	23.435,19

Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

Em média dos dois ciclos estudados, o tratamento sem cobertura no solo (controle) apresentou as menores produtividades, 22.952,51 kg ha⁻¹, seguido pela cobertura de polietileno, 29.443,39 kg ha⁻¹, enquanto com o uso do papel semi-kraft verificam-se as maiores produções por área, 29.664,23 kg ha⁻¹ com incremento de 28% em relação ao controle e 1% ao polietileno.

O custo total (Tabela 4), indica que os maiores gastos, nos dois ciclos, estão relacionados as coberturas de solo, isso se deve principalmente ao seu valor inicial de aquisição, uma vez

que é necessário um gasto inicial de mais de 5,0 mil reais para a cobertura com polietileno branco e 3,0 mil reais para o papel semi-kraft (Tabela 2).

O produtor terá o custo total de produção maior em 27% se usar o polietileno branco e de 13% se optar pela cobertura com o papel, em comparação a produção sem cobertura. A contabilização de custos, nos dois ciclos estudados, mostrou-se essencial, pois permitirá gerenciar melhor os serviços, decisões, mensurações e eficácia do negócio (PADOVEZE, 2011), pois o ambiente econômico afeta intensamente a habilidade das empresas de operarem eficientemente, logo são necessárias escolhas estratégicas, porque as condições econômicas modificam-se ao longo do tempo e são difíceis de ser previstas (ANDRADE; MELO, 2016).

Na receita bruta (Tabela 5), os valores se tornam mais altos quando a lâmina de irrigação é maior (> 60% da LI). As maiores receitas líquidas, na situação sem cobertura de solo (controle), equivalem a R\$ 46.178,40 (1º ciclo) e R\$ 66.335,69 (2º ciclo) a serem obtida com irrigação de 60% e 100% da LI, respectivamente.

Tabela 5 – Receita bruta e líquida da cenoura (*Daucus carota* L.) irrigada em diferentes coberturas do solo, para os anos de 2019 e 2020 (1º e 2º ciclo)

Lâminas (%LI)	Receita Bruta (R\$ ha ⁻¹)		Receita Líquida (R\$ ha ⁻¹)	
	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo
Sem cobertura (controle)				
20	61.257,61	62.574,04	43.605,70	44.100,99
40	54.333,86	66.891,60	35.631,81	47.182,88
60	67.817,92	74.539,38	46.178,40	54.559,13
80	63.780,52	82.329,51	40.146,52	62.228,43
100	71.288,98	86.613,17	45.664,85	66.335,69
Cobertura de Polietileno branco				
20	89.306,28	54.960,14	65.472,30	29.915,95
40	60.567,77	98.754,74	35.088,30	73.480,34
60	81.541,01	77.718,24	54.362,72	52.223,78
80	75.422,02	104.303,63	46.599,89	78.707,52
100	112.236,09	123.225,40	82.061,89	97.838,33
Cobertura de Papel Semi-kraft				
20	87.679,57	68.398,56	66.914,18	45.744,58
40	73.492,87	98.318,69	52.707,07	75.398,83
60	90.731,91	97.966,24	66.973,63	74.793,48
80	67.305,05	94.147,24	42.052,32	70.866,38
100	103.417,97	105.501,06	76.678,88	82.065,87

Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

O cultivo com cobertura de polietileno branco apresentou a maior receita líquida, em R\$ 82.061,89 (ciclo 1) e R\$ 97.838,33 (ciclo 2) com irrigação de 100% da LI, para ambos anos. Ao usar o papel, como forma de cobertura de solo, a maior receita líquida foi de R\$76.678,88 e R\$82.065,87 com irrigação de 100% da LI, para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente.

Todavia, mesmo com o alto custo de implantação, as maiores receitas líquidas das coberturas do solo (médias dos dois ciclos de cultivo), associadas a 100% da LI, indicam um aumento da receita líquida do produtor em 60% ao usar *mulching* com polietileno e 70% com papel, em comparação ao controle, o que compensará os custos iniciais de implantação e manutenção da lavoura.

Com o uso da lâmina de irrigação de 100% da LI, seriam necessárias, em média dos dois ciclos estudados, cerca de 461 caixas e 416 caixas (20 kg) com preço de R\$60,25 para pagar o investimento com o uso de cobertura do solo de polietileno branco e papel semi-kraft, respectivamente.

Na situação de solo sem cobertura (controle), as receitas brutas e líquidas, na maior irrigação (100% da LI), têm em média pelos dois ciclos, uma receita bruta de R\$ 78.951,08 e receita líquida de R\$ 56.000,27. Linhares *et al.* (2017), ao estudarem os policultivos de coentro, cenoura e rúcula em consórcio em faixas, encontraram para o cultivo solteiro da cenoura, cultivar Brasília, os valores médios de receita bruta de R\$ 44,149.00 e receita líquida de R\$ 15,872.00, com irrigação plena. Essas diferenças de preço podem estar relacionadas ao tipo do cultivo ser diferente, as condições edafoclimáticas do local, recorrências com pragas e doenças e ao preço de mercado do ano estudado.

He *et al.* (2018), em experimento de campo para determinar o efeito da cobertura de filme plástico durante todo o ano sobre a produção de trigo e retornos econômicos previstos. Os autores indicaram que ao adotar o polietileno apresentou aumento de grãos, induzindo um acréscimo de 12% no retorno econômico líquido quando comparado ao controle (sem cobertura), sendo a melhor escolha para aumentar o rendimento e os retornos econômicos.

Marí *et al.* (2019), ao estudarem a rentabilidade econômica de 9 coberturas do solo (quatro plásticos biodegradáveis, quatro papéis, polietileno preto e o controle), para produção de pimenta em campo, na Espanha, encontram que as coberturas biodegradáveis podem ser melhores alternativas a curto prazo quando relacionados ao polietileno.

Campos e Campos (2017) indicam que a influência do uso de técnicas agrícolas, boa gestão administrativa e financeira na propriedade são fatores decisivos para o êxito da atividade

rural, bem como a assistência técnica e o treinamento em processos produtivos e gerencial poderiam contribuir para o aumento da eficiência do negócio.

A relação benefício/custo (B/C) do cultivo irrigado da cenoura com e sem cobertura de solo ficou superior a 1 (um), indicando a viabilidade do uso de cobertura no solo e a irrigação (Tabela 6).

Tabela 6 – Relação benefício/custo (B/C) e lucro (%) do cultivo irrigado da cenoura com e sem cobertura, para os anos de 2019 e 2020 (1° e 2° ciclo)

Lâminas (%LI)	B/C		Lucro (%)	
	1° ciclo	2° ciclo	1° ciclo	2° ciclo
Sem cobertura (controle)				
20	3,47	3,39	71,18	70,48
40	2,91	3,39	65,58	70,54
60	3,13	3,73	68,09	73,20
80	2,70	4,10	62,94	75,58
100	2,78	4,27	64,06	76,59
Cobertura de Polietileno branco				
20	3,75	2,19	73,31	54,43
40	2,38	3,91	57,93	74,41
60	3,00	3,05	66,67	67,20
80	2,62	4,07	61,79	75,46
100	3,72	4,85	73,12	79,40
Cobertura de Papel Semi-kraft				
20	4,22	3,02	76,32	66,88
40	3,54	4,29	71,72	76,69
60	3,82	4,23	73,81	76,35
80	2,67	4,04	62,48	75,27
100	3,87	4,50	74,14	77,79

Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.

Para o cultivo sem cobertura (controle), as lâminas de 60% da LI, no 1° ciclo, e 100% da LI, no 2° ciclo, obtiveram as melhores relações B/C, resultando em retorno de R\$ 3,13 e R\$ 4,27, respectivamente. Para o cultivo com polietileno, em ambos os ciclos, a lâmina de irrigação de 100% da LI resultou nos maiores B/C, isso implica que para cada R\$ 1,00 investido no custo total de produção, para um hectare de cenoura, houve um retorno de R\$ 3,72 no primeiro ciclo e R\$ 4,85 no segundo ciclo. Já o papel semi-kraft em torno de R\$ 3,87 (1° ciclo) e R\$ 4,50 (2° ciclo). Zamberlan *et al.* (2011) indicam que o B/C é indicador eficiente para viabilidade da

atividade econômica, podendo ser utilizada como ferramenta na tomada de decisão no momento do manejo da irrigação aliada aos fatores agronômicos.

A relação benefício-custo demonstrou que a cenoura, quando irrigada, possui um bom retorno benefício/custo, por exemplo, mesmo na situação sem cobertura de solo com irrigação de apenas 20% da LI, houve um retorno de R\$3,43 em média dos dois ciclos, para cada R\$ 1,00 empregado no empreendimento. Esses resultados relacionam-se com as irrigações menores terem tempo de funcionamento de sistema reduzido o que geram menor custo com energia, água e mão de obra.

Zwirtes *et al.* (2015), estudando o desempenho produtivo e o retorno econômico da cultura do sorgo submetida à irrigação deficitária, identificaram que a utilização da irrigação com déficit proporcionou incremento linear na produtividade da água e no retorno econômico sobre o custo do uso da irrigação, destacando-se os melhores resultados para a lâmina de irrigação de 20% da evapotranspiração da cultura (ETc).

Léllis *et al.* (2017) que ao estudaram a cenoura cv Brasília sob dez estratégias de manejo da irrigação: irrigação total, 90, 80, 70 e 60% de evapotranspiração máxima (ETm), usando irrigação por déficit constante (CDI) e 90, 80, 70 e 60% de ETm usando a irrigação por déficit regulado otimizado (ORDI) e de sequeiro, indicaram que “irrigação total” foi a estratégia mais rentável por unidade área cultivável, o mesmo ocorre no nosso estudo de tal forma que recomenda-se esse manejo para zonas onde a água é não escassa.

As coberturas de solo (polietileno e papel) obtiveram as melhores relações benefício/custo em 100 % da LI, indicando para o polietileno, em média nos dois ciclos, cerca de R\$ 4,29 e para o papel R\$ 4,18. Assim, a utilização de papel é viável economicamente e pode ser uma alternativa sustentável em relação aos plásticos convencionais, pois o material usado é um polímero biodegradável. Caso se opte por usar o polietileno, devem ser realizadas medidas para a reciclagem completa obrigatória de resíduos providos pelo plástico (MARÍ *et al.*, 2019). Todavia, a seleção da cobertura do solo deve considerar o tipo de cultura e das condições climáticas do local (KADER *et al.*, 2017).

A porcentagem de lucro insere um panorama no cultivo da cenoura irrigada, com destaque para a lâmina de 100% da LI, em conjunto com as coberturas do solo, com média dos dois cultivos de 76,26% para o polietileno branco e 75,97% para o papel semi-kraft.

Os lucros encontrados nos ciclos estudados, indicaram serem superiores a 54%, isso se deve porque a cenoura, como outros vegetais, tem um ciclo de curta duração, o que torna o

retorno econômico rápido. Ahmad, Hassan e Bakhsh (2005) observaram que a comunidade agrícola, quando trabalha com olerícolas, em especial a cenoura, obtém altos lucros.

Portanto, devido ao alto valor econômico da cenoura, o planejamento e manejo da irrigação devem ser adotados para obter a máxima eficiência do cultivo. Apesar disso, o rendimento máximo nem sempre corresponde aos níveis mais altos da eficiência no uso da água (EUA) bem como ao retorno econômico máximo (CARVALHO *et al.*, 2016), pois nem sempre o produtor rural consegue controlar todos os processos de sua propriedade, sendo extremamente necessárias as análises gerenciais econômicas (DUARTE *et al.*, 2016).

4 CONCLUSÕES

Existe potencial de viabilidade econômica para a irrigação da cenoura, na Zona da Mata Mineira, considerando-se a receita líquida obtida com o aumento de produtividade. Os valores da relação benefício/custo para todos os manejos testados apresentaram valores superiores a 1, indicando viabilidade dos projetos. Contudo, o manejo que apresentou o melhor resultado foi com 100% da lâmina de irrigação.

O cultivo da cenoura com papel e polietileno branco demonstraram os melhores resultados quando comparados ao controle (sem cobertura). Apesar disso, indica-se o papel a fim de minimizar os problemas agroecológicos na área.

REFERÊNCIAS

AHMAD, B.; HASSAN, S.; BAKHSH, K. Factors Affecting Yield and Profitability of Carrot in Two Districts of Punjab. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 5, p. 794–798, 2005.

ANDRADE, J. C. DE; MELO, A. DE S. Causalidade entre Variáveis Macroeconômicas e a Receita Bruta: Uma Análise Utilizando Vetores Autorregressivos (VAR). **Revista Evidenciação Contábil & Finanças**, v. 4, n. 3, p. 6–29, 2016.

ANA. **Agência nacional das águas**. Disponível em: < <https://www.ana.gov.br> >. Acesso em: 13 jun. 2020.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985.

BARROS, G. S. DE C. et al. **Brasil Hortifruti**. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA-Esalq/USP, v. 199, n. 9, p. 1–31, 2020.

BRASIL. Leis do Trabalho. Decreto-lei nº 9.797, de 9 de setembro de 1946. Disponível em : <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/De15452.htm> Acesso em: 10 jun. 2020.

CAMPOS, K. C.; CAMPOS, R. T. Análise de risco da produção irrigada de coco no Ceará. **Revista de Política Agrícola**, v. 16, n. 2, p. 45-61, 2017.

CARVALHO, D. F. DE et al. Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irrigation depths. **Ciência Rural**, v. 46, n. 7, p. 1145–1150, 5 abr. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782016000701145&lng=en&tlng=en>

CEPEA. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Esalq**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/hortifrutis.aspx>>. Acesso em: 13 jun. 2020.

CLARK, E. et al. **Avaliação econômica e financeira de projetos de irrigação**. In: Manual de irrigação, cap. 3, Brasília: Ministério da Integração Nacional/Secretaria da Irrigação, 1993.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim Hortigranjeiro**. Brasília: Brasil, v. 4, n. 3, 2018.

DLAMINI, P. et al. Reduction of evaporation from bare soil using plastic and gravel mulches and assessment of gravel mulch for partitioning evapotranspiration under irrigated canola. **Soil Research**, v. 55, n. 3, p. 222–233, 2017.

DUARTE, S. L. et al. Grau de predição dos custos de produção pela receita de venda do milho no período da safra. **Revista Razão Contábil & Finanças**, v. 7, p. 1–21, 2016.

ELETRIC PLASTIC. 2020. Disponível em: <<https://www.electroplastic.com.br>> Acesso em: 20 jun. 2020.

EMBALAGEM FACIL. 2020. Disponível em: <<https://embalagemfacil.com.br/produto/bobina-papel-semi-kraft>> Acesso em: 20 jun. 2020.

FAO. Food and agriculture Organization of the United Nations. 2019. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

FRIZZONE, J. A. et al. Viabilidade econômica da irrigação suplementar da cana-de-açúcar, *Saccharum spp.*, para a região Norte do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 5, p. 1131–1137, 2001.

FRIZZONE, J.A.; SILVEIRA, S.F.R. **Análise econômica de projetos hidroagrícolas**. In: SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. (Ed.) Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Brasília: Secretaria de Recursos hídricos; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, cap. 5, p. 449-617, 2000.

GALIOTO, F. et al. The value of information for the management of water resources in agriculture: Assessing the economic viability of new methods to schedule irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 227, n. October 2019, p. 105848, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105848>>

GENUCHTEN V M. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 5, p. 892–898, 1980.

HAAPALA, T. et al. Feasibility of paper mulches in crop production: A review. **Agricultural and Food Science**, v. 23, n. 1, p. 60–79, 2014.

HE, G. et al. Year-round plastic film mulch to increase wheat yield and economic returns while reducing environmental risk in dryland of the Loess Plateau. **Field Crops Research**, v. 225, n. June, p. 1–8, 2018a. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.05.019>>

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1706>>. Acesso em: 06 jun. 2020

KADER, M. A. et al. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. **Soil and Tillage Research**, v. 168, p. 155–166, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001>>

KIRCHNER, J. H. et al. Indicadores de viabilidade econômica de produção irrigada de sorgo forrageiro para bovinocultura de corte. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2018.

LÉLLIS, B. C. et al. Effective management of irrigation water for carrot under constant and optimized regulated deficit irrigation in Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 192, p. 294–305, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.07.018>>

LI, C. et al. Degradation of Potentially Biodegradable Plastic Mulch Films at Three Diverse U.S. Locations. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 38, n. 8, p. 861–889, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/21683565.2014.884515>>

LINHARES, P. C. A. et al. Polycultures of coriander, carrot, and arugula in strip-intercropping system. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 622–632, 2017.

MARÍ, A. I. et al. Economic evaluation of biodegradable plastic films and paper mulches used in open-air grown pepper (*capsicum annum* l.) crop. **Agronomy**, v. 9, n. 1, 2019.

MARQUES, P. A.; COELHO, R. D. K. Estudo da viabilidade econômica da irrigação da pupunheira (*Bactris Gasipaes* H.B.K.) para Ilha Solteira - SP, Brasil. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 291–297, 2003.

MORENO, M. M. et al. Deterioration pattern of six biodegradable, potentially low-environmental impact mulches in field conditions. **Journal of Environmental Management**, v. 200, p. 490–501, 2017.

OVE, H. G, et al. **The ocean. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part B: Regional Aspects: Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, v. 347, p.1655–1734, 2015.

PADOVEZE, C. L. **Manual de Contabilidade Básica: Uma Introdução à Prática Contábil**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, PAULO T. G.; ALVAREZ V, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação**. Comissão d ed. Viçosa- MG: CFSEMG, 1999.

SAGLAM, M. et al. Modeling the effect of biodegradable paper and plastic mulch on soil moisture dynamics. **Agricultural Water Management**, v. 193, p. 240–250, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.011>>

SEBRAE. **Serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas**. Série Agricultura Familiar. Coleção Passo a Passo – Cenoura. Disponível em: <www.sebrae.com.br/setor/horticultura>. Acesso em: 06 jun. 2020

SIKORA, J. et al. Assessment of the efficiency of nitrogen slow-release fertilizers in integrated production of carrot depending on fertilization strategy. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 5, p. 1–10, 2020.

SILVA, G. H. DA. Biodegradable mulch of recycled paper reduces water consumption and crop coefficient of pak choi. **Scientia Horticulturae**, v. 267, n. October 2019, p. 109315, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109315>>

TURRAL, H.; BURKE, J.; FAURÈS, J.-M. **Climate change, water and food security**. 36. ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011.

VELANDIA, M. et al. Use of Polyethylene and Plastic Biodegradable Mulches among Tennessee Fruit and Vegetable Growers. **HortTechnology**, v. 30, n. 2, p. 212–218, 2020.

ZAMBERLAN, J. F. et al. Análise de benefício- Custo levando-se em cosideração os custos da água de irrigação para o arroz. **Tecno-lógica**, v. 15, p. 100–104, 2011.

ZHANG, D. et al. The status and distribution characteristics of residual mulching film in Xinjiang, China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 15, n. 11, p. 2639–2646, 2016. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61240-0](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61240-0)>

ZHOU, B. et al. Microplastics in agricultural soils on the coastal plain of Hangzhou Bay, east China: Multiple sources other than plastic mulching film. **Journal of Hazardous Materials**, v. 388, n. December, p. 121814, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121814>>

ZWIRTES, A. L. et al. Qualidade do corte basal de cana-de-açúcar utilizando-se de três modelos de facas / Basal cut quality in sugarcane plants using three knife models. **Journal of the Brazilian Association of Engineering**, v. 35, n. September, p. 676–688, 2015.

CONCLUSÕES GERAIS

O cultivo da cenoura, cultivar Brasília, na zona da mata mineira, sob diferentes coberturas do solo e lâminas de irrigação, apresenta valores de benefício/custo superiores a 1,0 indicando viabilidade econômica dos manejos testados. Contudo, os parâmetros morfofisiológicos exibiram decréscimo quando submetidos a lâminas inferiores à 100% da LI.

As coberturas de solo, polietileno branco e papel semi-kraft, melhoram as características morfofisiológicas da cenoura, e aumentam o retorno econômico e o lucro do empreendimento. Portanto, são eficientes estratégias na redução do consumo de água além de aumentar a eficiência no uso da água e produtividade de raiz.

Conclui-se que o uso de 100% da lâmina de irrigação, aliada ao *mulching* com papel semi-kraft, é uma alternativa ao uso de *mulching* com polietileno, visto que promove melhor comprimento, diâmetro e produtividade da raiz.

APÊNDICE

Apêndice 1 – Resumo da análise de variância (ANOVA) do 1º ciclo (2019) e 2º ciclo (2020) do cultivo da cenoura, cultivar Brasília, para os fatores de lâminas de irrigação (%) e coberturas do solo. Variáveis de: Comprimento (cm), diâmetro (cm), número de folhas (unid), altura da folhas (cm), temperatura foliar (°C), índice de vegetação normalizada (NDVI), produtividade da raiz (t/ ha), massa seca da raiz (t/ ha) e eficiência no uso da água (t/ ha/mm)

FV	GL	Quadrado Médio									
		Comprimento		Diâmetro		Número de folhas		Altura das folhas		Temperatura foliar	
		1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	
Blocos	3	14,136	5,737	0,217	0,648	2,882	1,073	3,973	79,882	1,804	
Lâminas (L)	4	0,692 ^{ns}	1,839 ^{ns}	1,021 ^{**}	0,444 ^{**}	3,064 [*]	1,058 ^{ns}	98,282 ^{**}	61,998 [*]	3,228 [*]	
Coberturas (C)	2	31,750 ^{**}	34,803 ^{**}	4,228 ^{**}	0,681 ^{**}	1,536 ^{ns}	0,424 ^{ns}	57,302 ^{**}	68,199 ^{ns}	1,081 ^{ns}	
LXC	8	0,916 ^{ns}	1,015 ^{ns}	0,052 ^{ns}	0,104 ^{ns}	0,656 ^{ns}	0,596 ^{ns}	11,148 ^{ns}	17,584 ^{ns}	0,3365 ^{ns}	
Resíduo	42	3,285	1,127	0,085	0,123	1,097	0,796	6,972	23,478	0,8548	
CV (%)		8,74	7,81	10,6	9,8	16,45	12,12	8,97	10,72	4,64	
		Temperatura foliar		NDVI		Produtividade da raiz		Massa Seca da raiz		Eficiência no uso da água	
		2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	
Blocos	3	2,582	0,011	0,0164	304,066	170,090	0,831	2,458	0,031	0,013	
Lâminas (L)	4	5,421 ^{**}	0,035 [*]	0,0169 ^{**}	84,061 ^{ns}	327,750 ^{**}	0,811 ^{ns}	3,968 ^{**}	0,014 ^{ns}	0,012 [*]	
Coberturas (C)	2	1,659 ^{ns}	0,104 ^{**}	0,0463 ^{**}	246,542 ^{**}	220,450 ^{**}	1,361 ^{ns}	2,707 [*]	0,064 ^{**}	0,037 ^{**}	
LXC	8	1,123 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,0069 ^{ns}	50,772 ^{ns}	55,130 ^{ns}	0,783 ^{ns}	0,849 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,003 ^{ns}	
Resíduo	42	0,879	0,010	0,0037	43,736	41,990	0,437	0,699	0,005	0,003	
CV (%)		4,4	15,95	8,39	26,06	22,66	28,26	31,4	22,29	22,87	

** Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade, * significativo ao nível de 5% de probabilidade, ^{ns} não significativo; Fonte: Dados dessa dissertação, 2020.