

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA COM  
GOTEJAMENTO NA CULTURA DA BERINJELA**

GABRIEL QUEIROZ DE OLIVEIRA

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL - BRASIL  
2016

# **FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA COM GOTEJAMENTO NA CULTURA DA BERINJELA**

**GABRIEL QUEIROZ DE OLIVEIRA**  
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

**DOURADOS**  
**MATO GROSSO DO SUL - BRASIL**  
2016

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

O48f	<p>Oliveira, Gabriel Queiroz de. Fertirrigação nitrogenada com gotejamento na cultura da berinjela. / Gabriel Queiroz de Oliveira. – Dourados, MS: UFGD, 2016. 68f.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. <i>Solanum melongena</i> L. 2 Irrigação. 3. Ureia. 4. Máxima eficiência econômica. I. Título.</p>
------	--

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

**©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.**

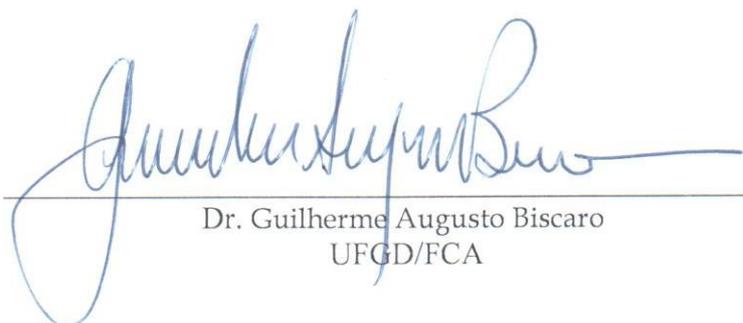
# FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA COM GOTEJAMENTO NA CULTURA DA BERINJELA

por

Gabriel Queiroz de Oliveira

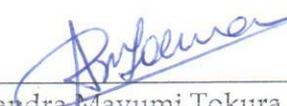
Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
DOUTOR EM AGRONOMIA

Aprovado em: 28/03/2016



---

Dr. Guilherme Augusto Biscaro  
UFGD/FCA



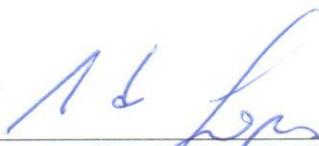
---

Dr.<sup>a</sup> Alessandra Mayumi Tokura Alovisi  
UFGD/FCA



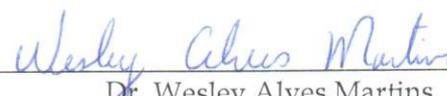
---

Dr.<sup>a</sup> Anamari Viegas de Araujo Motomiya  
UFGD/FCA



---

Dr. Adriano da Silva Lopes  
UEMS



---

Dr. Wesley Alves Martins  
EFAR

“A ciência é uma perversão de si mesma, a menos que tenha como fim último, melhorar a humanidade.”

Nikola Tesla

**Ao Senhor DEUS, por ter criado o acaso;  
ao meu filho, Guilherme Martins de Oliveira  
filho maravilhoso “Te Amo”;  
à minha mãe, Maria Helena Queiroz de Oliveira e  
ao meu pai, Nilton Elias de Oliveira,  
sempre ao meu lado na jornada da vida;  
à minha esposa, Samanta de Freitas Martins;  
ao meu irmão, Daniel Queiroz de Oliveira;  
à minha irmã, Izabel Queiroz de Oliveira  
ào meu tio, João Batista de Queiroz (*in memoriam*).**

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro, pela amizade, confiança, ensinamentos, encorajamento e orientação neste trabalho.

Aos Professores Dr. Edgard Jardim Rosa Junior, Gessi Ceccon, Luiz Carlos Ferreira de Souza e Walber Luiz Gavassoni e, as Professoras Dr<sup>a</sup>. Silvana de Paula Quintão Scalon, Lilian Maria Arruda Bacchi, Marlene Estevão Marchetti e Yara Brito Chaim Jardim Rosa do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pelos ensinamentos.

Aos Professores Doutores Adriano da Silva Lopes, Alexsandro Claudio dos Santos Almeida, Anamari Viegas de Araujo Motomiya, Eder Pereira Gomes, Luciano Oliveira Geisenhoff e Marcos Antônio Camacho.

Aos Professores membro da banca.

Aos companheiros e amigos Leandro Henrique Jung, Aline Baptista Borelli, Paulo Sergio Vieira e Murilo Santana na coleta de dados e na aplicação de toda a metodologia.

À Universidade Federal da Grande Dourados e ao Cnpq, pelo auxílio técnico e a concessão de bolsa.

Aos funcionários da Faculdade de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Grande Dourados, que ajudaram na realização deste trabalho.

A todos, que acompanharam minha caminhada e de uma forma ou de outra, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	XI
FERTIGATION WITH NITROGEN DRIP-IRRIGATION IN EGGPLANTS.....	XII
ABSTRACT.....	XII
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A CULTURA DA BERINJELA.....	3
2.2 NECESSIDADES HÍDRICAS E IRRIGAÇÃO .....	5
2.3 FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA .....	8
2.4 ASPECTOS ECONÔMICOS .....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	16
3.1 LOCAL, CLIMA E SOLO .....	16
3.2 DELINEAMENTO E TRATAMENTOS UTILIZADOS .....	18
3.3 PREPARO, INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	19
3.4 MANEJO E SISTEMA DE IRRIGAÇÃO .....	19
3.5 VARIAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO .....	24
3.6 COLHEITA E PARÂMETROS AVALIADOS.....	28
3.7 MÁXIMA EFICIÊNCIA ECONÔMICA (MEE).....	28
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 EVAPOTRANSPIRAÇÃO E NECESSIDADES HÍDRICAS.....	32
4.2 PARÂMETROS PRODUTIVOS .....	33
4.3 MÁXIMA EFICIÊNCIA ECONÔMICA.....	45
5. CONCLUSÕES .....	51
6. REFERÊNCIAS.....	52

## LISTA DE QUADRO

QUADRO 1	Solubilidade dos fertilizantes recomendados para uso via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2013. -----	11
QUADRO 2	Compatibilidade entre os fertilizantes empregados na fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2013. -----	11
QUADRO 3	Análise química do solo da área experimental. Dourados-MS, 2012/2013. -----	17
QUADRO 4	Análise física e granulométrica do solo da área experimental. Dourados-MS, 2012/2013. -----	17
QUADRO 5	Valores de coeficiente da cultura (Kc) para a berinjela. Fonte: Doorenbos e Kassam (1979). Dourados-MS, 2012/2013. -----	22
QUADRO 6.	Parâmetros da equação de van Genutchen, na área experimental. Dourados-MS, 2012/2013. -----	25
QUADRO 7	Custos fixo, variável e total da produção da cultura da berinjela, por hectare, fertirrigado com nitrogênio e irrigado por gotejamento. Dourados-MS, 2012/2013. -----	31
QUADRO 8	Quadrado médio dos parâmetros avaliados, comprimento do fruto (C), diâmetro da parte superior do fruto (DS), diâmetro da parte inferior (DI), número de fruto (NF), massa média de fruto (MM), produtividade total de fruto (PT), produtividade comercial de fruto (PC) sob doses de nitrogênio aplicados em fertirrigação, utilizando gotejamento em diferentes profundidades. Dourados-MS, 2012/2013. -----	34
QUADRO 9	Massa média de frutos de berinjela relacionado as disposições da mangueiras gotejadora. Dourados-MS, 2012/2103. -----	35
QUADRO 10	Massa média e número de frutos de berinjela relacionado as disposições da mangueiras gotejadora. Dourados-MS, 2012/2103. -----	36
QUADRO 11	Valores médios de custo de produção, receita total, produtividade e lucro da berinjela com gotejamento superficial aplicando cinco doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Dourados-MS, 2012/2013. -----	46
QUADRO 12	Valores médios de custo de produção, receita total, produtividade e lucro da berinjela com gotejamento enterrado a 10 cm de profundidade aplicando cinco doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Dourados-MS, 2012/2013. -----	48

QUADRO 13	Valores médios de custo de produção, receita total, produtividade e lucro da berinjela com gotejamento enterrado a 20 cm de profundidade aplicando cinco doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Dourados-MS, 2012/2013. -----	49
-----------	---	----

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Dados climáticos na área do estudo entre o período de 19/08/2012 a 20/01/2013. -----	16
FIGURA 2	Radiação solar global (linha laranjada) e radiação líquida (linha verde) na área do estudo entre o período de 19/08/2012 a 20/01/2013. -----	17
FIGURA 3	Curva de retenção de água do solo para a camada de 0 a 0,20 m de profundidade. Dourados-MS, 2012/2013. -----	25
FIGURA 4	Estimativa da variação do armazenamento de água no solo até 0,2 m de profundidade, assim como as lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento superficial e de chuva recebida pelas plantas de berinjela. -----	26
FIGURA 5	Estimativa da variação do armazenamento de água no solo até 0,2 m de profundidade, assim como as lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento enterrado a 10 cm de profundidade e de chuva recebida pelas plantas de berinjela. -----	27
FIGURA 6	Estimativa da variação do armazenamento de água no solo até 0,2 m de profundidade, assim como as lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento enterrado a 20 cm de profundidade e de chuva recebida pelas plantas de berinjela. -----	27
FIGURA 7	Evapotranspiração de referencia (ET <sub>o</sub> ), da cultura (ET <sub>c</sub> ), irrigação e chuva observadas no período do experimento. Dourados-MS, 2012/2013. -----	33
FIGURA 8	Massa média de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2013.	36
FIGURA 9	Número de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2013. -----	37
FIGURA 10	Comprimento de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2013-	38
FIGURA 11	Diâmetro da parte superior de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2013 -----	39
FIGURA 12	Diâmetro da parte inferior de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2013 -----	40

FIGURA 13	Produtividade total de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação para gotejamento superficial, enterrado a 10 e 20 cm. Dourados-MS, 2012/2013. --	41
FIGURA 14	Produtividade comercial de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação para gotejamento superficial, enterrado a 10 e 20 cm. Dourados-MS, 2012/2013. --	43
FIGURA 15	Eficiência no uso da água de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação para gotejamento superficial, enterrado a 10 e 20 cm. Dourados-MS, 2012/2013---	45
FIGURA 16	Equação de produtividade e representação da dose ótima de nitrogênio para encontrar a MEE em irrigação por gotejamento superficial. Dourados-MS, 2012/2013. -----	47
FIGURA 17	Equação de produtividade e representação da dose ótima de nitrogênio para encontrar a MEE em irrigação por gotejamento enterrado a 10 cm de profundidade. Dourados-MS, 2012/2013. --	48
FIGURA 18	Equação de produtividade e representação da dose ótima de nitrogênio para encontrar a MEE em irrigação por gotejamento enterrado a 20 cm de profundidade. Dourados-MS, 2012/2013. --	50

## FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA COM GOTEJAMENTO NA CULTURA DA BERINJELA

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação com sistema de irrigação por gotejamento na cultura da berinjela ‘Ciça’ (*Solanum melongena* L.) em um Latossolo Vermelho Distroférico no Município de Dourados-MS. O experimento foi conduzido no período de agosto de 2012 a fevereiro de 2013, na área de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida composta por quatro blocos. Nas parcelas os tratamentos foram cinco doses de nitrogênio (zero, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>). Nas subparcelas os tratamentos foram três posições da mangueira gotejadora em profundidade no solo (superficial, enterrada a 0,1 m e enterrada a 0,2 m). Em todos os tratamentos foi utilizado como fonte a ureia parcelado em seis aplicações em cobertura utilizando injetor de fertilizante com diferencial de pressão. O sistema de irrigação foi do tipo localizada por gotejamento e o manejo da irrigação foi realizado utilizando a estimativa da evapotranspiração de referencia pelo método de Penman-Monteith. A cultura de berinjela foi transplantado no dia 19 de agosto de 2012 e colheita iniciou-se aos 89 DAT e estendeu-se até prolongando por aproximadamente quatro meses, até aos 171 DAT. As características avaliadas foram: massa média de fruto; número de fruto, comprimento do fruto, diâmetro superior e inferior, produtividade total, produtividade comercial, eficiência no uso da água e a máxima eficiência econômica. Todas as variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F, quando as mesmas foram no mínimo significativos no nível de 5% de probabilidade aplicou-se o teste de Tukey, para comparação das médias para as fonte de variação gotejamento, e aplicou-se o para fonte de variação nitrogênio comparação através de modelo de regressão. Pode-se concluir que a cultura da berinjela responde significativamente as doses de nitrogênio via fertirrigação. Com utilização de gotejamento enterrado a 10 e 20 cm, há economia no total da lâmina aplicada. A massa média e o numero de frutos de berinjela são influenciados pelo gotejamento superficial e enterrados. A dose de nitrogênio de 100 kg ha<sup>-1</sup> comparado com a dose zero, possibilita aumento de produtividade total da berinjela na ordem 110%, 92% e 119% , quando irrigado por gotejamento superficial, enterrado a 10 e 20 cm respectivamente. Já para a produtividade comercial os ganhos são de 115%, 97% com a adubação de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> e 127% com a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Com uso do gotejamento enterrado a 20 cm e com associação da adubação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio a eficiência no uso da água obtém ganhos na ordem de 120%. Na cultura da berinjela, não há diferenças entre Máxima Eficiência Econômica e Máxima Eficiência Técnica em função dos custos do nitrogênio independentemente se o gotejamento é superficial ou enterrado. A Máxima eficiência econômica é encontrada utilizando a dose de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> fertirrigada com gotejamento superficial.

**Palavras-chave:** *Solanum melongena* L., irrigação, ureia, máxima eficiência econômica.

## FERTIGATION WITH NITROGEN DRIP-IRRIGATION IN EGGPLANTS

**ABSTRACT.** The aim of this study was to evaluate the effect of nitrogen levels applied by fertigation with drip irrigation system in the culture of eggplant “Ciça” (*Solanum melongena* L.) in a Oxisol in the municipality of Dourados-MS, Brazil. The experiment was conducted from August 2012 to February 2013, in the area of Irrigation and Drainage, the Faculty of Agrarian Sciences (FCA) of the Federal University of Grande Dourados (UFGD) in Dourados-MS. The experimental design was a randomized block in a split plot scheme consists of four blocks. In plots treatments were five doses of nitrogen (zero, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup>). In the subplot treatments were three positions of drip hose deep into the soil (surface, buried 0.1 m and buried 0.2 m). In all treatments was used as a source urea installments in six applications cover using fertilizer injector with pressure differential. The irrigation system is the type located and drip irrigation management was performed using an estimated reference evapotranspiration by Penman-Monteith method. The eggplant culture was transplanted on 19 August 2012 and harvest began 89 DAT and extended until extending for about four months, up to 171 DAT. The characteristics evaluated were: average weight of fruit; number of fruit, fruit length, upper and lower diameter, overall productivity, business productivity, efficiency in water use and maximum economic efficiency. All variables were subjected to analysis of variance by F test, when they were at least significant at the 5% level of probability was applied the Tukey test to compare the means for the source of drip variation, and applied to the nitrogen source variation compared using regression model. It can be concluded that eggplants significantly responds to levels of nitrogen by fertigation. With use of subsurface drip 10 and 20 cm, there are savings in the total applied blade. The average mass and the eggplant fruit number are influenced by surface drip and buried. The nitrogen dose of 100 kg ha<sup>-1</sup> compared with the zero rates, enables increase in total eggplant yield in the order 110%, 92% and 119% when irrigated by surface drip, buried 10 and 20 cm respectively. As for business productivity gains are 115%, 97% with the fertilization of 100 kg N ha<sup>-1</sup> and 127% at the dose of 150 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen. With use of drip buried 20 cm and association fertilization of 150 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen efficiency in water use gets gains of 120%. In the eggplant culture, there is no difference between Maximum Economic Efficiency and Maximum Efficiency Technique depending on nitrogen costs regardless if the drip is superficial or buried. The Maximum economic efficiency is found using the dose of 100 kg N ha<sup>-1</sup> with surface drip fertigation.

**Keywords:** *Solanum melongena* L., irrigation, urea, maximum efficiency economic.

## 1. INTRODUÇÃO

A alta rentabilidade por unidade de área, intensa variação estacional nos preços dos produtos, exploração em áreas relativamente pequenas, necessidade de irrigação e demanda de adubos e outros insumos aliada a crescente busca por uma alimentação mais saudável e de melhor qualidade, tornam o cultivo de hortaliças uma excelente opção para pequenos agricultores.

Os alimentos desempenham importante papel na manutenção da vida do ser humano, fornecendo os elementos nutricionais e calóricos necessários para o funcionamento do organismo (tais como carboidratos, lipídios, proteínas, fibra alimentar e minerais entre outros). Observa-se crescente interesse pelos alimentos funcionais que ajustam e modulam o sistema fisiológico do corpo humano de modo a promover saúde e prevenir doenças (TULEY, 1995; ARAI, 1996). Neste contexto, destacam-se as hortaliças nutraceuticas, como a berinjela (*Solanum melongena* L.), que vêm se consolidando no mercado dos fitoterápicos, o qual, no Brasil, cresce a taxas de 10 a 15 % ao ano (RODRIGUES et al., 2004).

A adoção de novas alternativas de cultivo e tecnologia pode proporcionar aumento da produtividade e maior estabilidade de produção, tornando o setor agrícola competitivo e auto-sustentável. Dentre as tecnologias mais eficientes de aplicação de nutrientes está a aplicação de fertilizantes através da água de irrigação, ou seja, a fertirrigação. Este sistema oferece maior versatilidade para aplicação de fertilizantes, podendo-se dosar, rigorosamente, as quantidades de nutrientes e fornecê-los segundo as necessidades das plantas, durante o seu ciclo de desenvolvimento (NANNETTI et al., 2000).

A irrigação é um dos tratamentos culturais que mais favorece o aumento da produtividade, bem como a melhoria da qualidade das hortaliças. O sistema de irrigação por gotejamento se adapta bem à cultura da berinjela, exige pouca mão de obra, proporciona máxima economia de água e maior eficiência nos tratamentos culturais, contribuindo para maior rentabilidade da cultura.

Além da irrigação adequada, para a obtenção de produtos com alta qualidade, é necessário conciliar alguns fatores como adubação equilibrada, cultivares adaptadas e controle fitossanitário correto, considerando a existência da relação entre o estado nutricional da planta e sua suscetibilidade à ação de patógenos (HUBER, 1994) ressaltando-se, assim, o híbrido Ciça. Lançado em 1991, obteve, em trabalho

desenvolvido junto a produtores, uma grande aceitação por parte dos mesmos, dada sua elevada produtividade, qualidade do fruto, resistência às doenças e precocidade (RIBEIRO; REIFCHNEIDER, 1999).

No cultivo da berinjela, a fertilização é fundamental (FILGUEIRA, 2008). Os nutrientes minerais exercem importantes funções no metabolismo vegetal, influenciando diretamente no seu rendimento (ZAMBOLIM; VENTURA, 1993), proporcionando aumento de produtividade e efeitos significativos na qualidade dos produtos colhidos, quando são fornecidos de forma equilibrada e no tempo certo (YAMADA, 1995). Nesse sentido, o conhecimento da exigência nutricional da planta é importante para se determinar quantidades de nutrientes a se aplicado. Isso porque a absorção de nutrientes é diferenciada de acordo com a fenologia da planta, intensificando-se com a floração, formação e crescimento dos frutos (SILVA, 1998).

O nitrogênio é considerado elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas. Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente. (MALAVOLTA et al., 2002). A fertirrigação é o mais econômico e eficiente método de aplicação de fertilizantes, especialmente quando utilizado por meio de sistemas de irrigação localizada (BURT et al., 1995). Além da fertirrigação utilizar o gotejamento como via de distribuição de nitrogênio para as culturas, a mesma pode ser realizada ainda por meio de gotejamento enterrado (BISCARO et al., 2012).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito das doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação com sistema de irrigação por gotejamento na cultura da berinjela ‘Ciça’ (*Solanum melongena* L.) em um Latossolo Vermelho Distroférrico no Município de Dourados-MS.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da berinjela

A berinjela pertence à família das solanáceas, assim como o tomate, a pimenta, o pimentão, a batata e o jiló. Sua origem se concentra em regiões das localidades dos países como a Birmânia, China e Índia, sendo que seu cultivo, já eram realizados por povos muito antigos. Foi introduzida pelos árabes na Europa, durante a idade Média e chegou ao Brasil pelos colonizadores portugueses (FIGUEIRA, 2008).

O mercado consumidor brasileiro tem se tornado cada vez mais exigente quanto à qualidade do produto e o preço, o que tem levado os produtores de olerícolas à utilização de cultivares e híbridos de alta produtividade e maior qualidade de frutos. A berinjela apresenta oferta e preço relativamente estável ao longo do ano, mesmo sendo uma espécie termófila (SOUSA et al., 1997). Segundo Antonini et al. (2002) existem muitos híbridos cultivados no Brasil, com potencial produtividade que ultrapassa 30 Mg ha<sup>-1</sup> e, possuindo com algum tipo de resistência fitopatogênica.

O cultivo da berinjela ocorre, preferencialmente, nas regiões e estações do ano mais quentes, sendo que as temperaturas diurnas ideais estão entre 25 e 35 °C e noturnas entre 20 e 27 °C (RIBEIRO, 2007). No Sul do Brasil somente partes da primavera e do verão apresentam essas condições ficando o cultivo a campo limitado às referidas épocas, sendo assim a berinjela pode ser cultivada nas demais regiões o ano todo.

É uma planta perene, possuindo características arbustivas. Seu caule é semi-lenhoso, altura variando de 1,0 a 1,8 m, com intensa ramificação lateral conferindo-lhe aspecto de arbusto compacto. As raízes podem ultrapassar 1,0 m de profundidade. Suas folhas, dependendo da cultivar, podem apresentar espinhos e a forma do limbo foliar é ovado ou oblongo-ovado (FIGUEIRA, 2000).

Suas flores são hermafroditas, sendo sua distribuição solitária ou em inflorescência do tipo cimeira. O tamanho varia de 3 a 5 cm de diâmetro. O cálice com 5 a 7 sépalas, frequentemente apresenta espinho. A corola é do tipo gamopétala, com 5 a 6 pétalas de coloração lilás a violeta. Há 5 a 6 estames livres, eretos, amarelos e com filamentos bem curtos (EMBRAPA, 2007).

Os frutos são bagas carnosas, de formato alongado e cores variadas, usualmente roxo-escuras, com cálice verde, que é a melhor coloração para o mercado; o seu formato pode variar de alongado a oblongo; o clima favorável ao seu desenvolvimento é tipicamente tropical, favorecido pelo calor (FILGUEIRA, 2000). Em média a colheita se inicia aos 100 dias da sementeira, podendo prolongar-se por mais 100 dias, sendo seus frutos colhidos antes do crescimento total, com 20-22 cm de comprimento. A cultura exige boa luminosidade; solos excessivamente úmidos prejudicam o desenvolvimento, em virtude de deficiência de oxigênio para as raízes. A maior limitação para o cultivo da berinjela é a alta sensibilidade à disponibilidade hídrica do solo durante seu ciclo, como ocorre na maioria das olerícolas (MAROUELLI et al., 1996).

As cultivares tradicionais como “Embu” têm sido substituídas por cultivares híbridas mais vigorosas e mais bem adaptadas às diversas condições edafoclimáticas (FILGUEIRA, 2008). Segundo Silva et al. (2007), as cultivares de berinjela podem ser divididas nos seguintes grupos: Padrão, Berinjela Japonesa, Miniberinjela e Berinjelas coloridas. No mercado brasileiro, encontram-se cerca de duas dezenas de cultivares de berinjela, entre híbridos e cultivares de polinização aberta. Essas cultivares diferem entre si em produtividade, formato, coloração, brilho de frutos e resistência a doenças. Os híbridos são mais cultivados em função da maior produtividade, da uniformidade das plantas e frutos e da maior adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (FILGUEIRA, 2008).

Entre várias cultivares de berinjela utilizada para plantio no Brasil, a mais cultivada é o Ciça. Segundo a Embrapa (2007) é um híbrido originário do cruzamento entre um genótipo resistente à antracnose e outro resistente à podridão-de-fomopsis, doenças que causam severos danos à cultura. Em condições de horticultura convencional, a cultivar tem-se mostrado mais rústica, necessitando de um número menor de pulverizações, aumentando a sua sustentabilidade ambiental e diminuindo os custos de produção. Em regiões onde não ocorre geadas, a Ciça pode ser plantada durante o ano todo.

## 2.2 Necessidades hídricas e irrigação

A água é fator limitante para o desenvolvimento agrícola e sua falta, tanto quanto o excesso, afeta o crescimento, a sanidade e a produção das culturas (MONTEIRO et al., 2006). Assim, deve-se considerar o uso racional dos recursos disponíveis no processo de produção, de forma a se obter os mais altos níveis de rendimento econômico (LIMA et al., 2012).

Quando se inicia a abordagem dos problemas relacionados com o desenvolvimento da agricultura irrigada há dois fatores principais que têm que ser tomados em conta; o clima e o solo (OLIVEIRA, 2011). A irrigação é uma prática usada em agricultura com a finalidade de suprir as necessidades hídricas das culturas, tendo em conta a precipitação que ocorre numa dada região e a distribuição temporal da mesma (RAPOSO, 1996).

Desta forma, a irrigação, entendida como a aplicação de água ao solo no qual se desenvolve a agricultura, é uma técnica disponível que tem o objetivo de suplementar a chuva para manter os teores de água no solo ideais ao desenvolvimento das culturas aumentando, assim, o crescimento das plantas, a qualidade do produto e a produtividade do cultivo (BILIBIO et al., 2010a). O manejo adequado da irrigação, que envolve a decisão de quando e quanto irrigar, visa maximizar a eficiência do uso da água, minimizar o consumo de energia e manter favoráveis as condições de umidade do solo e de fitossanidade das plantas (MAROUELLI et al., 1996).

O manejo otimizado da irrigação requer uma estimativa sistemática do estado energético de água no solo para que sua lâmina e, conseqüentemente, o tempo de irrigação seja apropriado. O conteúdo de água do solo deve ser mantido entre certos limites específicos, em que a água disponível para a planta não seja limitada enquanto a lixiviação, quando for conveniente, seja previamente definida (MORGAN et al., 2001).

A disponibilidade de água às culturas é variável de acordo com a espécie vegetal e o tipo de solo. Além disso, o manejo dado ao solo é muito importante no aumento ou redução da disponibilidade hídrica dos solos. Segundo Azooz et al. (1996), a conservação da umidade do solo é uma questão crítica para a produção agrícola.

Para Hargreaves e Samani (1984), as estratégias de irrigação com déficit controlado podem proporcionar retornos econômicos por unidade de área, maiores que os obtidos nas produções com máximas irrigações. English e Navaid (1996) atribuem os benefícios potenciais da irrigação com déficit controlado a três fatores: aumento da

eficiência da irrigação, redução dos custos de irrigação e redução de riscos associados aos impactos ambientais.

Para a realização do manejo de irrigação via clima é necessário se conhecer o consumo de água pelas culturas diante de sua evapotranspiração ( $ET_c$ ), que representa a lâmina que deve ser aplicada ao solo para manter o crescimento e a produtividade em condições ideais (PEREIRA et al., 1997). Segundo Doorenbos e Kassam (1979), a  $ET_c$  é o resultado do produto da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e do coeficiente da cultura ( $k_c$ ). Portanto, a determinação do consumo de água por uma cultura é dependente do conhecimento da  $ET_o$ , que diz respeito às condições climáticas do local da sua implantação, e também das características fisiológicas e morfológicas que lhe são peculiares, representadas através do seu coeficiente de cultura.

A evapotranspiração pode ser determinada ou estimada de diferentes maneiras. De acordo com Miranda et al. (2001), ela pode ser mensurada utilizando métodos diretos ou estimada por meio de informações climáticas. No primeiro grupo, entre outros, estão incluídos os diferentes tipos de lisímetros e o balanço de água no solo; enquanto no segundo, estão enquadrados os métodos teóricos e empíricos, como os de Penman (1948), Thornthwaite (1948), Blaney e Criddle (1950), Jensen e Haise (1963), Priestley e Taylor (1972) e evaporímetros como o tanque “Classe A” (SENTELHAS, 2003), dentre outros. Existem vários métodos empíricos que combinam o efeito do balanço de energia com o poder evaporante do ar, no entanto o método que mais apresenta precisão com o lisímetro é o método de Penman-Monteith (REICHARDT; TIMM, 2012).

A forma de arranjo das partículas do solo afeta a interação solo-água-planta-atmosfera, que, traduzida em termos de estado de energia potencial da água determina os processos de absorção de água e nutrientes pela planta (ANDRADE et al., 1998). De acordo com estes autores, o conhecimento da textura do solo pouco informa a respeito das propriedades físico-hídricas, sendo aquela pouco variável ao longo do tempo. No entanto, o seu conhecimento permite que se estabeleça uma faixa esperada para um certo parâmetro físico-hídrico. Ao contrário da textura, a estrutura é altamente dinâmica, sendo um importante descritor qualitativo das condições de solo, podendo ser avaliada através da densidade do solo e das partículas, porosidade total e distribuição dos poros e agregados, entre outras.

O monitoramento do conteúdo de água no solo pode ser efetuado por diversos métodos, diretos e indiretos. Dentre os diretos, o gravimétrico é o mais

utilizado, considerado método padrão, apesar de necessitar de no mínimo 24 horas para obter a umidade. O método baseia-se na pesagem de amostras de solo e sua secagem em estufa (GARDNER, 1986). A diferença de massa, antes e após a secagem, representa o conteúdo de água da amostra.

O tensiômetro é um equipamento que mensura a tensão da água no solo e seu funcionamento ocorre em função da umidade do solo e está relacionado com as forças de capilaridade e as cargas elétricas da superfície das partículas. Desta forma, quando ocorre aumento da tensão da água no solo, ou seja, o solo está mais seco, se dá a passagem de água do interior do tubo do tensiômetro através da cápsula para o solo, formando-se vácuo parcial dentro do aparelho, que é registrado pelo vacuômetro metálico ou de mercúrio ou por tensímetro. Quando ocorrem chuvas ou irrigação, a água se movimenta no sentido inverso (do solo para o tensiômetro), diminuindo o vácuo existente e, conseqüentemente, a leitura de tensão de água no solo (FARIA, 1987). Depois de estabelecido o equilíbrio, o potencial da água dentro da cápsula é igual ao potencial no solo em torno dela, e quando isto acontece o fluxo de água cessa (REICHARDT; TIM 2012).

Essa metodologia, apesar de ter demonstrado alto potencial de uso, não tem sido amplamente adotada pelos produtores, por necessitar de um número expressivo de instrumentos para representar cada área irrigada, cujo problema é agravado pela necessidade constante de cuidados com os tensiômetros (ROCHA et al., 2003). Entretanto, Lopes et al. (2004) ressaltaram que o método de tensiometria possibilita melhor entendimento das reais condições hídricas do solo na região do sistema radicular da cultura por monitorar as variações diárias do potencial mátrico do solo e, indiretamente, a variação do armazenamento de água na zona radicular da cultura.

Rocha et al. (2003) relataram que, muitas vezes, os produtores não têm condição de satisfazer o uso de tensiômetros, razão pela qual a utilização de modelos de estimativa de evapotranspiração tem-se mostrado bastante aplicável à realidade da região do Cerrado. Um desses modelos é a equação de Penman-Monteith, que pode ser usada para fazer predições da evapotranspiração real, sendo que a maior dificuldade na aplicação desta equação está relacionada com estimativa correta da resistência do dossel da cultura e da grande quantidade de elementos climáticos necessários (RANA; KATERJI, 1998 citado por LIMA et al., 2006).

López et al. (1992), salientaram que a irrigação localizada é a aplicação da água no solo em uma zona restrita, atingindo parte do sistema radicular. Assim, somente

uma porção da superfície do solo será molhada, o que diminui a evaporação direta da água do solo para a atmosfera, quando comparada com a irrigação por aspersão e por superfície, permitindo maior controle da água aplicada e maior eficiência de aplicação.

Com o objetivo de aumentar a eficiência no uso da água, trabalhos recentes têm associado produtividade com técnicas de uso racional dos recursos hídricos, como é o caso da irrigação por déficit controlado (IDC) ou em inglês “Regulated Deficit Irrigation” (RDI). Este método, segundo Mitchell et al. (1984), baseia-se na redução da irrigação em períodos fenológicos da cultura quando o déficit hídrico controlado não afeta consideravelmente a produção e qualidade da colheita, e supre plenamente as necessidades hídricas durante as fases do ciclo da cultura mais sensíveis. Os autores ainda afirmam que, um dos objetivos do déficit controlado é evitar um crescimento vegetativo excessivo da planta que pode, em alguns casos, induzir efeitos negativos na frutificação.

De acordo com Marouelli et al. (2008), entre os métodos de irrigação localizada os sistemas de gotejamento tem sido um dos mais eficientes na reposição de água ao solo, favorecendo um aumento na produtividade e, em virtude de sua maior eficiência de aplicação, um maior aproveitamento no uso da água e uma redução na incidência de doenças.

O sistema de irrigação por gotejamento surgiu em 1940, na Inglaterra, onde era utilizado na irrigação e fertilização de cultivos em estufas de vidro. A partir de 1960, passou a ser utilizado como prática rotineira na Austrália, Europa, Israel, México, África do Sul e Estados Unidos (KELLER; KARMELI, 1975). No Brasil, os relatos apontam que foi adotado pela primeira vez em 1972, em um pomar de pêssego, na região de Atibaia, SP (OLITTA, 1989).

### **2.3 Fertirrigação nitrogenada**

A busca de alternativas que possam expressar a eficiência produtiva das culturas é foco de vários pesquisadores das ciências agrárias, seja com novos métodos para disponibilizar elementos nutrientes, ou a água disponível para culturas de forma controlada. No entanto há um consenso que, essas duas práticas devem caminhar juntas, pois a eficiência no uso da água e de nutrientes dependem de um específico e correto manejo do solo, adubação e irrigação para uma determinada cultura.

A prática da adubação é de suma importância para a obtenção de alta produtividade, pois a planta apresenta grande demanda de nutrientes (DAMASCENO et al., 2013). De modo geral, o nitrogênio é o elemento essencial requerido em maior quantidade pela maioria das plantas, sendo este constituinte de muitos compostos, como aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila (CANTARELLA, 2007).

O nitrogênio está presente em diversas formas na biosfera. A atmosfera contém uma vasta quantidade (cerca de 78% por volume) de nitrogênio ( $N_2$ ). Porém, esse grande reservatório de nitrogênio não está diretamente disponível para os organismos vivos. A obtenção de nitrogênio da atmosfera requer a quebra de uma ligação tripla covalente de excepcional estabilidade, entre os dois átomos de nitrogênio ( $N\equiv N$ ) para produzir amônia ( $NH_3$ ) ou nitrato ( $NO_3^-$ ). Tais reações, conhecidas como fixação de nitrogênio, podem ser obtidas por processo industrial e por processo natural, estabelecido pelo ciclo do nitrogênio (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Uma das formas da diminuição da eficiência do N é a volatilização, que caracteriza-se numa forma de perda gasosa de N como  $NH_3$ , que ocorre pela hidrólise enzimática da ureia  $-CO(NH_2)_2$  no solo, condicionada por diversos fatores como: temperatura do solo, vento, umidade do solo, umidade relativa do ar, resíduos vegetais, teor de matéria orgânica do solo, textura do solo e presença da enzima urease. A diminuição do potencial de perdas ocorre quando esse gás passa para o íon amônio ( $NH_4^+$ ), que depende do pH em torno do grânulo da ureia e da umidade do solo (BINOTTI, 2009).

Outra forma de perda do nitrogênio é por lixiviação, sendo que a mesma ocorre em ordem crescente: N-orgânico >  $NH_4^+$  >  $NO_3^-$ . Como a maioria dos solos apresentam cargas negativas, os ânions indiferentes com relação à carga negativa do solo, como  $NO_3^-$ , não são retidos e, portanto, tornam-se passíveis de arrastamento pelas águas de percolação (RAIJ, 1991).

Uma das medidas para potencializar a eficiência de N é a aplicação direta na água utilizando sistemas e manejos de irrigação que possam disponibilizar água e nutriente a planta de maneira racional. Existem vários sistemas de irrigação, mas o que mais destaca-se para a aplicação de N na água é o método de irrigação localizada, com destaque ao sistema de gotejamento.

Dentre as principais vantagens da irrigação localizada estão a alta eficiência de irrigação, permitindo um melhor controle da lâmina de água aplicada, diminui as perdas por evaporação e percolação, não sendo afetado pelo vento nem pelo tipo de solo

(BERNARDO et al., 2008). A fertirrigação por gotejamento apresenta-se como a forma de aplicação de fertilizantes que mais aproxima o fornecimento de nutrientes ao ritmo de absorção de água e nutrientes pelas plantas. A fertirrigação assegura que os fertilizantes sejam aplicados diretamente na região de maior concentração de raízes das plantas, permitindo o fracionamento das doses e o aumento na eficiência da adubação (BISCARO et al., 2012).

Um fato importante é sobre a dinâmica de íons na solução solo como o que acontece na citricultura paulista, onde predominam solos arenosos, nos quais a largura do bulbo úmido geralmente não ultrapassa 0,8 m, o que provoca movimentação intensa de íons no perfil do solo e, conseqüentemente, forte acidificação, inclusive nas camadas mais profundas do solo, conforme mostram Fouché e Bester (1986), que trabalharam durante seis anos com fertirrigação em citros e observaram decréscimo acentuado de pH. Villas Bôas et al. (1999) também alertaram para os perigos da acidificação do solo com a fertirrigação em solos tropicais. A acidificação do solo é inversamente proporcional à área de aplicação, portanto quanto mais localizada for a aplicação do fertilizante, maior será a acidificação, como no caso do gotejamento (COSTA et al., 1986).

Sendo assim, a quantidade de nutrientes, parcelada ou não, deve ajustar-se às necessidades da cultura ao longo das fases de desenvolvimento. Ainda, o manejo da água deve evitar variações bruscas do potencial matricial do substrato, especialmente nos períodos de forte demanda evaporativa da atmosfera (ANDRIOLO et al., 1997).

Dessa maneira verifica-se que os fertilizantes nitrogenados sólidos são apresentados em quatro formas: amoniacal, nítrica, nítrico-amoniacal e amídica, sendo solúveis em água e adequados para fertirrigação, inclusive por gotejamento (BORGES et al., 2006).

Para o preparo da solução fertilizante, deve-se conhecer a solubilidade dos fertilizantes. Sugere-se adotar 75% da solubilidade informada pelo fabricante, uma vez que os fertilizantes contêm níveis variados de impurezas, enquanto a água de irrigação possui composição química bastante distinta. No Quadro 1 apresenta-se, a solubilidade de alguns fertilizantes nitrogenados a temperatura de 10 a 30 °C. Como a solubilidade dos fertilizantes aumenta com a elevação da temperatura, recomenda-se utilizar uma menor solubilidade dos fertilizantes para períodos de temperatura inferior a 20 °C (BASSO et al., 2010).

A escolha da fonte do fertilizante deve basear-se em vários fatores, incluindo

disponibilidade do produto no mercado, preço, época, modo de aplicação e sistemas de manejo, dentre outros (BORGES et al., 2006). A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado, devido ao menor preço por unidade de nutriente. Apresenta 450 g de N kg<sup>-1</sup>, solubilidade de 1.000 g L<sup>-1</sup> de água, índice salino por unidade de nutriente de 1,70 (índice relativo comparado com o fertilizante nitrato de sódio, NaNO<sub>3</sub>) e índice de acidez de 71%, ou seja, são necessários 71 kg de CaCO<sub>3</sub> para neutralizar 100 kg de ureia (BORGES; SILVA, 2002).

Quando se prepara uma solução de fertilizantes envolvendo mais de um tipo de fontes de nutrientes, deve-se verificar se há compatibilidade entre eles (Quadro 2), para evitar problemas de entupimentos das tubulações e dos emissores. O cálcio (Ca) não pode ser injetado com outro fertilizante que contém o sulfato, pois podem dar origem a precipitados que entopem os emissores. Esses cuidados devem ser ainda maiores, quando a água usada na irrigação tem pH neutro, ou seja, quando as concentrações de Ca + Mg e de bicarbonatos são maiores que 50 e 150 mg dm<sup>3</sup>, respectivamente. O ácido fosfórico não pode ser injetado via água de irrigação que contenha mais que 50 mg dm<sup>-3</sup> de cálcio e nitrato de cálcio e em água que contenha mais de 5,0 meq L<sup>-1</sup> de HCO<sub>3</sub>, pois poderá formar precipitados de fosfato de cálcio.

QUADRO 1. Solubilidade dos fertilizantes recomendados para uso via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2013.

Fertilizantes	N	Solubilidade (g L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> O)		
	(%)	10°C	20°C	30°C
Ureia	45	450	510	570
Nitrato de Amônia	33,5	610	660	710
Sulfato de Amônia	20	420	430	440
Nitrato de Cálcio	15,5	950	1200	1500

Adaptado de Basso et al., (2010).

QUADRO 2. Compatibilidade entre os fertilizantes empregados na fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2013.

Fertilizantes	UR	NA	SA	NC	NK
Uréia (UR)	-	C	C	C	C
Nitrato de amônio (NA)			C	C	C
Sulfato de amônio (SA)				I	C
Nitrato de cálcio (NC)					C
Nitrato de potássio (NK)					-

C = compatível; I = incompatível. Adaptado de Basso et al., (2010).

Os fertilizantes para uso em irrigação podem ser agrupados em duas classes. a) Fertilizantes "líquidos": abastecidos nos tanques na forma de solução, sem necessidade de tratamento prévio; b) fertilizantes sólidos facilmente solúveis: devem dissolver-se facilmente antes do início da fertirrigação. Estes fertilizantes podem, ainda, ser apresentados na forma simples ou em combinações com dois ou mais elementos (BASSO et al., 2010).

O sulfato de amônio -  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , apresenta alta capacidade de acidificação e a mistura ureia + sulfato de amônio pode reduzir a volatilização de  $\text{NH}_3$ , devido a menor quantidade de ureia, bem como pelo efeito acidificante do sulfato de amônio.

Baseado nessa afirmativa, Pinto et al. (1996) observaram que no meloeiro a aplicação de ureia até 15 dias após a germinação (DAG), sulfato de amônio de 16 a 30 DAG e nitrato de cálcio de 31 a 50 DAG, como fonte de nitrogênio, proporcionou maior rendimento ( $29,20 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). O uso de nitrogênio na forma amoniacal apresenta-se menos eficiente do que o nitrogênio na forma nítrica para cultura do melão; o crescimento do melão é afetado pela deficiência de potássio, quando o nitrogênio na forma amoniacal é fornecido sozinho como fonte de nitrogênio (HANADA, 1980). Soares et al. (1999), verificaram na cultura do melão que não há diferenças significativas entre os fertilizantes nitrogenados e suas combinações aplicadas via água de irrigação e que a ureia aplicada via água de irrigação é mais eficiente do que a ureia e o sulfato de amônio aplicados no solo, em relação ao peso médio do fruto.

Soares et al. (2000) relataram em seu estudo, que na cultura do café, os resultados obtidos levaram a concluir que os tratamentos fertirrigados com nitrato de cálcio, nitrato de potássio e ureia proporcionaram o dobro da produtividade em relação ao não irrigado e de 25% superior em relação ao irrigado com adubação convencional.

Segundo Feitosa Filho et al (2004) as fontes ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio exerceram efeitos diferenciados apenas sobre a germinação de sementes de maracujá, já as doses máximas que mais contribuíram na altura, o diâmetro caulinar, número de folhas e área foliar variaram entre  $0,78$  e  $0,93 \text{ g N planta}^{-1}$  e, quanto ao substrato foi mais acidificado pelo sulfato de amônio e em seguida pela ureia e nitrato de cálcio.

Oliveira et al. (2014), verificaram que doses de nitrogênio aplicados com ureia em fertirrigação na cultura da berinjela provocaram redução no rendimento e potencializam os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre as variáveis número de frutos, produção e eficiência agronômica da adubação nitrogenada. Melo et

al. (2011) também constataram, na cultura do meloeiro, a resposta à adubação nitrogenada existe apenas nas plantas irrigadas com água de menores salinidades. Isso porque a berinjela é classificada como moderadamente sensível à salinidade, apresentando redução no rendimento com salinidade a partir de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  e perda relativa de 4,4% para cada aumento unitário de condutividade elétrica (UNLUKARA et al., 2010).

Mantovani et al. (2006) observaram efeito quadrático da adubação nitrogenada na produção de matéria fresca da parte aérea de cinco cultivares de alface em condições de casa de vegetação e concluíram que, aproximadamente,  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N foi a dose mais adequada para o cultivo de alface em ambiente protegido, pois doses maiores não refletiram em ganho de produção e favoreceram o acúmulo de nitrato na parte aérea.

Em resultado de Biscaro et al. (2012), com aplicação de nitrogênio em fertirrigação com gotejamento enterrado e superficial, foi verificado que houve resposta linear crescente para os valores de massa fresca nos tratamentos que utilizaram o sistema de irrigação localizada enterrado no canteiro com dose de zero variando em  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  até  $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$ . Já para os tratamentos que utilizaram o sistema de irrigação superficial, encontrou-se uma resposta quadrática, sendo de aproximadamente  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N a dose de maior eficiência técnica.

Alves et al. (2010) estudando o efeito combinado da aplicação de N na forma de nitrato de cálcio e ureia, em fertirrigação para a bananeira, verificaram que as diferentes combinações não tem efeito sobre as variáveis de crescimento diâmetro do pseudocaule e altura da planta, produtividade média de pencas, número médio de frutos por cacho e comprimento médio do fruto da segunda penca ressaltando que o nitrato de cálcio não altera as características vegetativas ou produtivas da cultura, além de aumentar o custo de produção e enfatizaram que seu uso não é vantajoso.

Já em estudo com pimentão conduzido por Oliveira et al. (2013), utilizando fertirrigação nitrogenada, foi verificado que as doses entre  $150$  a  $200 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , possibilita as maiores produções independente do manejo de fertirrigação. Os mesmos autores relataram que as reduções da produção de frutos por planta quando foram aplicadas doses acima daquela que proporcionou o máximo rendimento, pode ser explicada pelo efeito tóxico dos fertilizantes acumulados no solo reduzindo a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Deve-se atentar, também, para a possível demanda de energia da planta para fazer o ajuste osmótico e absorção de água e nutrientes, o que poderia ser convertido em produção (TAIZ; ZEIGER, 2009).

## 2.4 Aspectos econômicos

A atividade agrícola é caracterizada como sendo a mais antiga forma de atividade produtiva organizada da humanidade. Com a evolução do homem e das organizações, a atividade rural, que atendia às necessidades de sobrevivência, passa a operar no contexto de negócios (MARION; PROCÓPIO, 1998). O agronegócio de hortaliças é um ramo da economia agrícola que possibilita a geração de grande número de empregos, sobretudo no setor primário, devido à elevada exigência de mão-de-obra desde a sementeira até a comercialização (VILELA; HENZ, 2000).

A família solanaceae possui grande valor comercial e as culturas que se destacam neste grupo são o tomate, o pimentão e a berinjela. Destacando-se a berinjela com uma produção no País para o ano de 2006 de pouco mais de 78 toneladas e um valor de produção de 48 milhões de reais (IBGE, 2009).

Os Estados que mais produzem a berinjela são Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor. De acordo com IBGE (2009), os dados do Censo Agropecuário de 2006 indicam que 79% da produção de berinjela concentram-se na região Sudeste e que 42,4% do total produzido estão localizados no Estado de São Paulo.

Dos fatores de produção, a água e os fertilizantes são aqueles que limitam os rendimentos com maior frequência. Desse modo, o controle da irrigação e da fertilidade do solo constitui critério preponderante para o êxito da agricultura. A utilização das funções de produção permite encontrar soluções úteis na otimização do uso da água e dos fertilizantes na agricultura ou na previsão de rendimentos culturais (FRIZZONE, 1986).

No entanto, muitos trabalhos envolvendo irrigação e fertilizantes apontam recomendações genéricas que visam à obtenção de produtividades físicas máximas, sem qualquer preocupação com a economicidade (OLIVEIRA, 1993). A utilização da irrigação e adubação, com base nessas informações, poderá torná-la inviável do ponto de vista econômico, já que o ótimo econômico, geralmente, não corresponde à máxima produtividade física.

No processo de avaliação econômica classificam-se os fatores de produção em fixos e variáveis, dependendo do período de análise que está sendo considerado. Um

fator de produção (ou insumo) é considerado fixo quando suas quantidades utilizadas não podem ser prontamente modificadas quando uma condição de mercado indica que uma variação imediata do produto é desejável. Os fatores de produção (insumos) variáveis são aqueles que podem variar suas quantidades utilizadas quase instantaneamente em resposta às variações desejadas na quantidade produzida (VARIAN, 2006).

A produtividade máxima é um objetivo a ser atingido, aumentando constantemente por aprimoramentos tecnológicos. Já a produtividade máxima econômica deriva de análise econômica dos resultados da pesquisa de produtividade máxima, sendo representada por adições um pouco inferiores de insumos, que resultam no maior lucro (TISDALE et al., 1984).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Local, clima e solo

O experimento foi conduzido entre o período de agosto de 2012 a fevereiro de 2013 na área de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados-MS, cujas coordenadas geográficas são 22° 11'45" S e 54°55'18" W, com altitude média de 446 m. O clima é do tipo Cwa mesotérmico úmido, segundo a classificação de Köppen (1948). A precipitação média anual é de 1500 mm e a temperatura média do ar de 22°C. As temperaturas mínimas e máximas e, a umidade relativa do ar ocorridas no período do experimento, bem como o precipitação pluviométricas estão apresentadas na Figura 1.

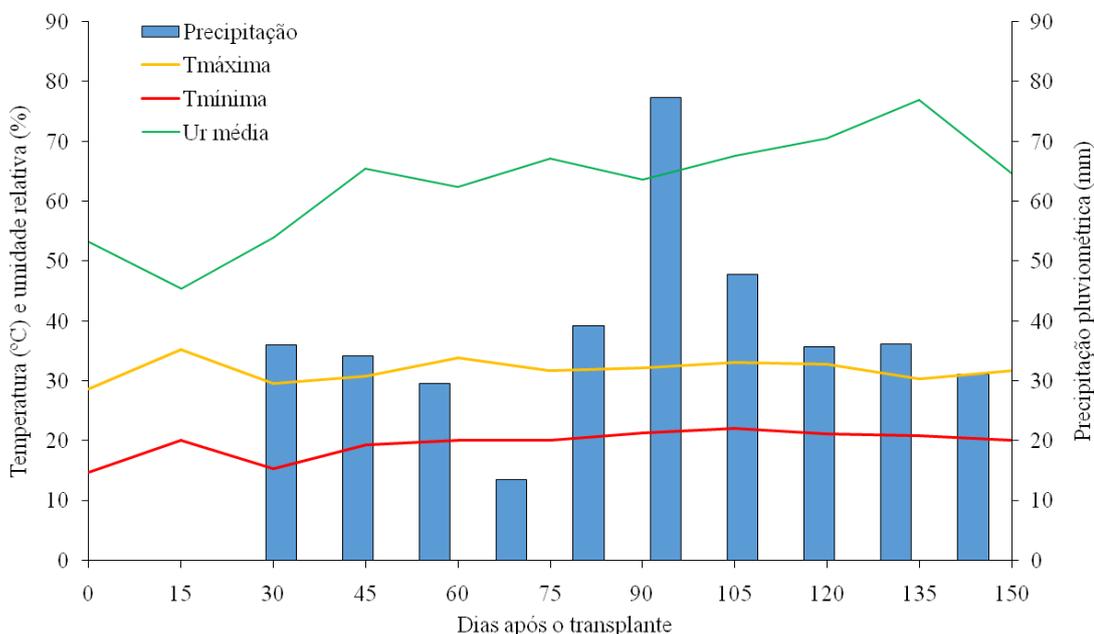


FIGURA 1. Dados climáticos na área do estudo entre o período de 19/08/2012 a 20/01/2013. Dourados-MS, 2012/2013.

Na Figura 2, encontra-se a radiação solar medida durante o período do experimento.

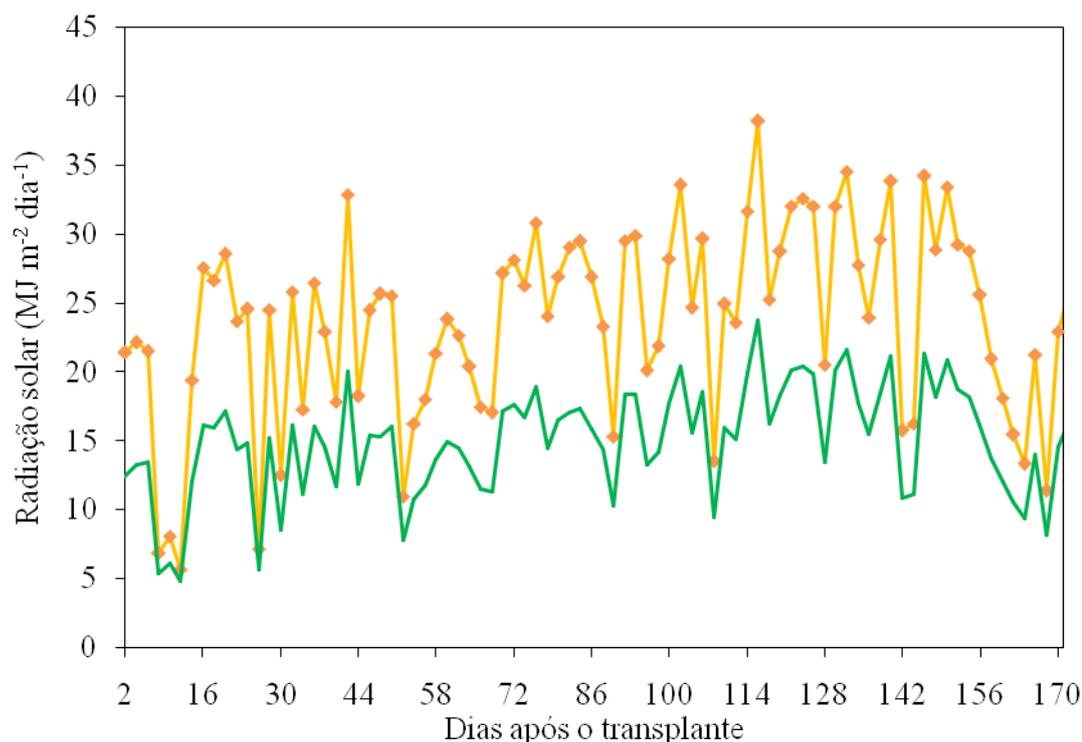


FIGURA 2. Radiação solar global (linha laranja) e radiação líquida (linha verde) na área do estudo entre o período de 19/08/2012 a 20/01/2013. Dourados-MS, 2012/2013.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), com as características químicas na camada de 0-20 cm e 20-40 cm descritos no Quadro 3. As características físicas e granulométrica do solo encontram-se no Quadro 4.

QUADRO 3. Análise química do solo da área experimental. Dourados-MS, 2012/2013.

Profundidade m	pH*	P	MO	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						
0,0-0,2	4,9	9,73	2145	0,30	6,83	2,42	6,69	9,55	12,23	58,8
0,2-0,4	5,3	8,06	1918	0,32	8,90	3,10	5,35	12,32	17,67	69,7

\*pH em CaCl<sub>2</sub>

QUADRO 4. Análise física e granulométrica do solo da área experimental. Dourados-MS, 2012/2013.

Profundidade m	Densidade* do solo g cm <sup>-3</sup>	Porosidade			Textura		
		Micro	Macro	Total	Areia	Silte	Argila
		cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>			g kg <sup>-1</sup>		
0-0,1	1,18	0,37	0,25	0,62	200	125	675
0,1-0,2	1,27	0,40	0,19	0,59	180	130	690
0,2-0,3	1,30	0,41	0,17	0,58	175	150	675
0,3-0,4	1,31	0,38	0,17	0,55	170	150	680

\* Método da Embrapa

Com base nos resultados da análise de solo e de acordo com Martinez et al. (1999), foram aplicados na área experimental 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, utilizando-se como fonte o superfosfato simples. A recomendação constava ainda da aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Para que fosse realizado o transplante das mudas, a adubação de plantio em cada cova (0,3m x 0,3m x 0,3 m) consistiu em aplicar apenas 40% de potássio, sendo utilizado como fonte o cloreto de potássio e, 100% de fósforo na forma de superfosfato simples e junto com 100% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 25 Mg ha<sup>-1</sup> de esterco de curral curtido, o qual apresentava as seguintes características químicas: pH (CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>) 6,7; 190,30 mg dm<sup>-3</sup> de P; 8,53 mmol dm<sup>-3</sup> de K; 0,0 mmol dm<sup>-3</sup> de Al; 11,36 cmol dm<sup>-3</sup> de Ca; 5,00 cmol dm<sup>-3</sup> de Mg; 1,82 cmol dm<sup>-3</sup> de H+Al; 163,15 mmol dm<sup>-3</sup>. A correção da acidez do solo foi realizada com calagem incorporada com 1800 kg ha<sup>-1</sup>. O nitrogênio foi aplicado via fertirrigação conforme a disposição de cada parcela em seus respectivos tratamentos utilizando como fonte a ureia.

Os 60% dos fertilizantes potássico restantes, foram fornecidos através de seis fertirrigações, aos 16, 25, 31, 39, 45, e 55 dias após o transplante das mudas (DAT).

### **3.2 Delineamento e tratamentos utilizados**

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida composta por quatro blocos. Nas parcelas, os tratamentos foram cinco doses de nitrogênio (zero, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>). Nas subparcelas, os tratamentos foram três posições da mangueira gotejadora em profundidade no solo (superficial, enterrada a 0,1 m e enterrada a 0,2 m). O nitrogênio foi aplicado em seis aplicações 10, 30, 56, 66, 96 e 124 DAT, utilizando um sistema de injeção de fertilizante por diferencial de pressão.

Cada subparcela consistiu de 3 linhas com 5 m de comprimento o espaçamento entre planta foi de 1,0 m na linha e 1,0 m entre linha, sendo que a área útil correspondia a três plantas das linhas centrais de cada parcela, permanecendo as das extremidades como bordaduras.

### 3.3 Preparo, instalação e condução do experimento

Aos 30 dias antes da semeadura o preparo do solo, foi realizada uma aração e uma gradagem. A limpeza da área consistiu na eliminação de ervas daninhas, principalmente de capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.), caruru (*Amaranthus deflexus* L.), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), tiririca (*Cyperus rotundus* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) realizado manualmente e aplicação de Glyphosate com dose de 4,0 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial (360 g i.a. L<sup>-1</sup>).

O cultivar de berinjela foi o híbrido Ciça, com ciclo de até 200 dias. O mesmo foi transplantado no dia 19 de agosto de 2012. Para isso foi confeccionados linhas espaçadas entre 1,0 m entre si e 1,0 m entre linha e, a profundidade de semeadura próximo de 0,3 m. Desta forma obteve-se uma população média de 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

O sistema de irrigação por gotejamento foi instalado três dias antes do transplante.

O controle de pragas iniciais aéreas e do solo foi realizado através da aplicação de inseticidas Tiametoxam + Lambda-Cialotrina na dose de 100 mL ha<sup>-1</sup> do produto comercial contendo 141 + 106 g i.a. L<sup>-1</sup> respectivamente, no controle da lagartas, cigarrinhas e mosca branca.

### 3.4 Manejo e sistema de irrigação

O manejo de irrigação foi realizado diariamente através da estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), baseado no método de Penman-Monteith conforme Allen et al. (1998) (Equação 1).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \left( \frac{900 U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (01)$$

Em que, ET<sub>o</sub> é a evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>); R<sub>n</sub> é a radiação líquida (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); G é a fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); Δ é a declinação da curva de saturação do vapor da água (kPa °C<sup>-1</sup>); U<sub>2</sub> é a velocidade média do vento a 2 m acima da superfície do solo (m s<sup>-1</sup>); T é a temperatura média do ar (°C); e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub> é a déficit de pressão de vapor (kPa); γ é a constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>).

A declividade da curva de pressão de saturação de vapor ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) é obtido a partir da Equação 2:

$$\Delta = \frac{4098e_s}{(T+237,3)^2} \quad (02)$$

Em que:  $e_s$  é a pressão de saturação vapor ( $\text{kPa}$ ), calculada de acordo com o Boletim da FAO 56 (Allen et al., 1998), pela Equação 3:

$$e_s = 0,6108 \cdot \exp\left[\frac{17,27 T}{(T+237,3)}\right] \quad (03)$$

A radiação líquida representa a quantidade de energia que está disponível para os processos de evapotranspiração, fotossíntese e de aquecimento do ar e do solo, calculada pela Equação 4.

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (04)$$

Em que:  $R_{ns}$  é o saldo de radiação de ondas curta e  $R_{nl}$  o saldo de radiação de ondas longas.

O saldo de radiação de ondas curtas é dado por:

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s \quad (05)$$

Em que:  $\alpha$  é o albedo ou coeficiente de reflexão, cujo valor recomendado para a cultura padrão é de 0,23, e  $R_s$  é a radiação solar global ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ), disponibilizado diariamente pelo Inmet ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)).

O saldo de radiação de ondas longas é dado por:

$$R_{nl} = \sigma \left[ \frac{T_{\max, k^4} + T_{\min, k^4}}{2} \right] (0,34 - 0,14\sqrt{e_a}) \left( 1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right) \quad (06)$$

Em que:  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzman =  $4,903 \times 10^{-9}$  (MJ K<sup>-4</sup> m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);  $e_a$  é a pressão atual de vapor (kPa);  $R_{so}$  é a radiação solar em céu claro (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), determinada por (Equação 7):

$$R_{so} = (a_s + b_s)R_a \quad (07)$$

Sendo,  $a_s$  e  $b_s$  a fração da radiação extraterrestre em dias claros ( $n = N$ ). Quando não se dispõe dos coeficientes acima, o valor de  $(a_s + b_s) = 0,75 + 2 \times 10^{-5}z$ , sendo  $z$  é a altitude local (m).

A radiação extraterrestre no período de experimento foi calculada com base na latitude local e na época do ano, através das equações citadas por Allen et al. (1998).

$$R_a = \frac{24 \cdot (60)}{\pi} G_{sc} d_r [W_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(W_s)] \quad (08)$$

Em que:  $G_{sc}$  é a constante solar (0,082 MJ m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>);  $d_r$  é o quadrado da distância entre o Sol e a Terra, (radiano);  $W_s$ , ângulo horário ao pôr do sol, (radiano);  $\delta$ , declinação solar, (radiano);  $\varphi$ , latitude local, (radiano).

Sendo que  $d_r$  é calculado conforme a Equação 9.

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (09)$$

Em que:  $J$  é o dias Juliano de cada ano;

A seguir estão apresentadas as equações para os cálculos de  $W_s$  e  $\delta$  (Equação 10 e 11).

$$W_s = \arccos[-\tan(\varphi) \tan(\delta)] \quad (10)$$

$$\delta = 0,409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39\right) \quad (11)$$

A constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>) foi determinada de acordo com Brunt (1952) apud Smith (1991).

$$\gamma = \frac{cp_{\text{Patm}}}{\varepsilon \lambda} \quad (12)$$

Em que:  $\lambda$  é o calor latente de evaporação da água = 2,45 MJ kg<sup>-1</sup> a 20 °C;  $cp$  é o calor específico a pressão constante = 1,013.10<sup>-3</sup> (MJ kg<sup>-1</sup>°C<sup>-1</sup>);  $\varepsilon$  = 0,622 a relação entre peso molecular do vapor da água e do ar seco e  $P_{\text{atm}}$  é a pressão atmosférica local (kPa), conforme Burman (1987) apud Smith (1991) cuja Equação (13) é dada por:

$$P_{\text{atm}} = 101,3 \left( \frac{293 - 0,0065 \cdot A}{293} \right)^{5,26} \quad (13)$$

Sendo:  $z$  a altitude local (m)

O boletim da FAO 56 (Allen et al., 1998) recomenda que para períodos diários, fluxo de calor ( $G$ ) seja desprezável, o que foi adotado neste trabalho.

A evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) foi estimada de acordo com a Equação 14, seguida de adaptações para irrigação localizada calculada de acordo com Equação 15 (BERNARDO et al., 2008):

$$ET_c = ET_o \cdot kc \quad (14)$$

Em que:  $kc$  é o coeficiente de cultura da berinjela, apresentado na Quadro 5.

QUADRO 5. Valores de coeficiente da cultura ( $Kc$ ) para a berinjela. Fonte: Doorenbos e Kassam (1979). Dourados-MS, 2012/2013.

Fase de desenvolvimento	$kc^{(1)}$
I (fase vegetativa)	0,30-0,50
II (floração)	0,70-0,80
III (frutificação)	0,95-1,10
IV (senescência)	0,80-0,90

<sup>(1)</sup>1º número= UR>70% e vento <5 m s<sup>-1</sup>; 2º número= UR<50% e vento >5 m s<sup>-1</sup>.

$$ET_{c_{\text{Loc}}} = ET_c \cdot k_L \quad (15)$$

Em que:  $ET_{c_{\text{Loc}}}$  é a evapotranspiração da cultura conforme o método de irrigação localizada (mm dia<sup>-1</sup>);  $k_L$  o fator de correção conforme o método de irrigação localizada, estimado de acordo com a Equação 16 de Keller e Bliesner, descrito em Bernardo et al.

(2008).

$$k_L = 0,1 \sqrt{PAM} \quad (16)$$

Em que, PAM é a porcentagem da área molhada.

O sistema de irrigação por gotejamento obteve valores de porcentagem de área molhada (PAM) na ordem de 40%.

Para o cálculo da reserva de água no solo, levou em consideração o conceito de capacidade de água disponível (CAD, mm), como mostrado na Equação 17, no entanto, utilizou-se como critério para a faixa de consumo da cultura, a água facilmente disponível para a irrigação localizada ( $AFD_{Loc}$ , mm), sendo calculada conforme a Equação 18.

$$CAD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) 1000Z \quad (17)$$

$$AFD_{Loc} = CAD \cdot p \cdot \frac{PAM}{100} \quad (18)$$

Em que,  $\theta_{cc}$  é a umidade do solo na capacidade de campo (tensão a 10 kPa,  $m^3 m^{-3}$ );  $\theta_{pmp}$  é a umidade do solo no ponto de murcha permanente (tensão a 1.500 kPa,  $m^3 m^{-3}$ ); Z é a profundidade do sistema radicular (0,4 m); “p” é o fator de depleção de água no solo (0,60) recomendado por Allen et al. (1998).

Assim, o cálculo da lâmina líquida máxima no momento da irrigação (LL), foi tomada como referência para a  $AFD_{Loc}$  a ser aplicada com o gotejamento, obtido da seguinte Equação 19:

$$LL = (\sum ET_c - P) \quad (19)$$

Em que: P é chuva acumulada nos dias observados (mm).

A lâmina bruta foi calculada de acordo com a Equação 20, considerando a LL máxima como a somatória da  $ET_{c,Loc}$ , até atingir no máximo a  $AFD_{Loc} = 9,5$  mm, ou seja a irrigação era realizada sempre com valores abaixo da LL máxima ou quando o

potencial mátrico atingia o valor -20 kPa.

$$LB = \frac{LL}{Ef} \quad (20)$$

Em que: LB é a lâmina bruta de irrigação (mm) e, Ef a eficiência do sistema de irrigação (0,95).

Diante disso, o tempo de irrigação foi calculado conforme a Equação 21.

$$T_i = 0,001 \frac{LL (E_{LL} \times E_A)}{0,95 Q n} \quad (21)$$

Em que:  $T_i$  é o tempo de irrigação (horas); LL a Lâmina líquida (mm);  $E_{LL}$  o espaçamento entre linhas de plantas (m);  $E_A$  o espaçamento entre planta (m); Q a vazão ( $m^3 h^{-1}$ ); n o número de emissores.

Utilizou-se sistema de irrigação localizada por gotejamento, com mangueira gotejadora da marca PETRODRIP®, modelo Manari, com emissores espaçados em 0,2 m entre emissores, vazão de  $1,5 L h^{-1}$ , com pressão de serviço de 10 m c.a., sendo instalada uma linha de irrigação para cada linha de cultivo. O suprimento de água do sistema proveio de um reservatório de  $15 m^3$  mantido no nível máximo, abastecido de forma contínua. A pressão constante de 10 m c.a. fornecida por uma motobomba foi mantida para as linhas de todo o sistema, sendo a pressão controlada por meio de manômetros.

### 3.5 Variação da umidade do solo

Afim de monitorar a umidade do solo de cada tratamento foram instalados dois tensiômetros de punção, a profundidade de 0,15 m e 0,3 m. O modelo matemático empregado na determinação da umidade do solo em função do potencial mátrico foi o de Genutchen (1980), descrito por meio da Equação 22 e, utilizando os parâmetros do Quadro 6, que foram estimados pelo software SWRC (DOURADO NETO et al., 2000), que gerou a equação ajustada que descreve o comportamento da umidade do solo ( $cm^3 cm^{-3}$ ) em relação ao potencial mátrico do solo (kPa). O comportamento da equação

ajustada a partir dos dados fornecidos pela análise do solo é apresentado na Figura 3. A curva de retenção de água no solo obteve um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,96.

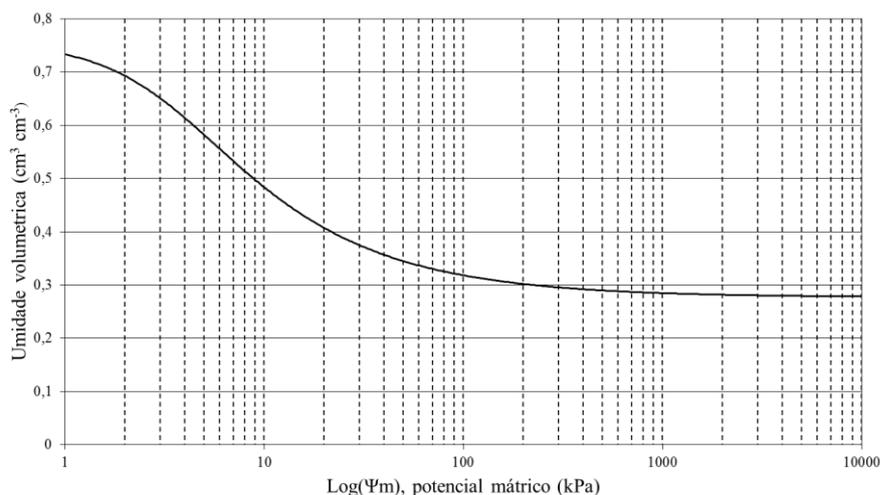


FIGURA 3. Curva de retenção de água do solo para a camada de 0 a 0,20 m de profundidade. Dourados-MS, 2012/2013.

$$\theta_a = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha |\psi_m|^n)]^m} \quad (22)$$

Em que:  $\theta_a$  - umidade atual ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ );  $\theta_r$  - umidade residual ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ );  $\theta_s$  - umidade na saturação ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ );  $\psi_m$  - potencial matricial (kPa);  $\alpha$ ,  $m$ ,  $n$  - coeficientes do modelo (adimensional).

QUADRO 6. Parâmetros da equação de van Genuchten, na área experimental. Dourados-MS, 2012/2013.

Profundidade (m)	$\alpha$	$\theta_s$	$\theta_r$	$m$	$n$	$R^2$
0,0-0,2	0,2907	0,5800	0,2133	0,4200	1,7300	0,96

As leituras dos tensiômetros foram realizadas todos os dias pela manhã (em torno das 8:00 horas) e transformadas em potencial mátrico ( $\Psi_m$ ) de acordo com a Equação 23:

$$\Psi_m = -L + 0,098(H_1 + H_2) \quad (23)$$

Onde,  $L$  é a leitura do tensímetro (kPa),  $H_1$  é a altura da coluna de água no interior do tensiômetro entre o acrílico até o nível do solo (cm),  $H_2$  é a altura da coluna de água da superfície do solo até a metade da cápsula porosa (cm).

A variação da água disponível consumida (ADC, mm) do solo ao longo do dia, foi determinada aplicando a Equação 24, onde a umidade atual do solo .

$$ADC = (\theta_{cc} - \theta_a)1000Z \quad (24)$$

Para verificar a possível ocorrência de déficit hídrico no solo prejudicial ao desenvolvimento das plantas e conseqüentemente a produtividade de grãos, foi calculado a reserva de água crítica no solo (RADc, mm) para todos os tratamentos, por meio da Equação 25.

$$RADc = CAD - AFD_{Loc} \quad (25)$$

A variação do armazenamento de água no solo para cada tratamento de posição da mangueira gotejadora encontram-se na Figura 4, 5 e 6.

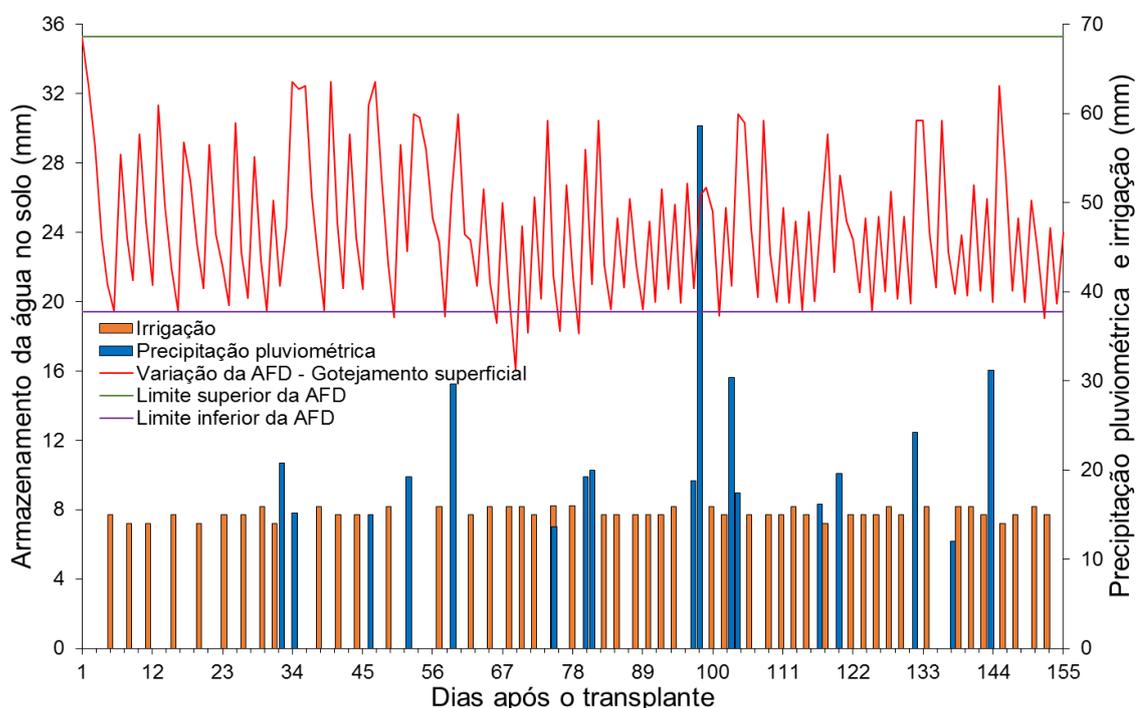


FIGURA 4. Estimativa da variação do armazenamento de água no solo até 0,2 m de profundidade, assim como as lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento superficial e de chuva recebida pelas plantas de berinjela. Dourados-MS, 2012/2013.

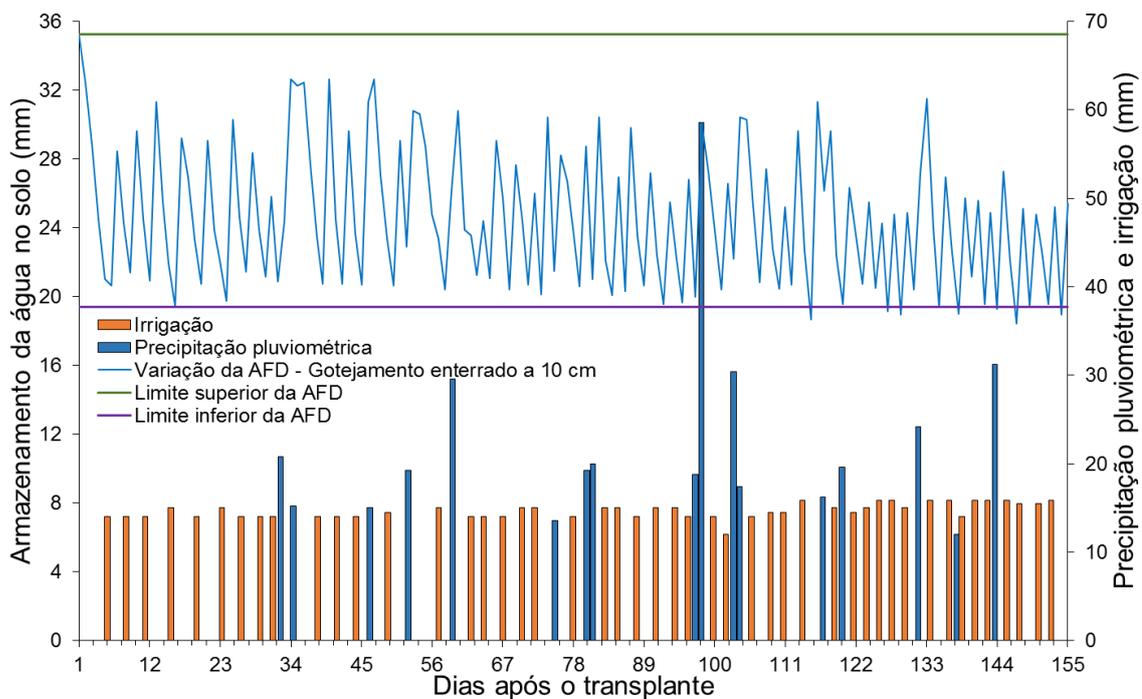


FIGURA 5. Estimativa da variação do armazenamento de água no solo até 0,2 m de profundidade, assim como as lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento enterrado a 10 cm de profundidade e de chuva recebida pelas plantas de berinjela. Dourados-MS, 2012/2013.

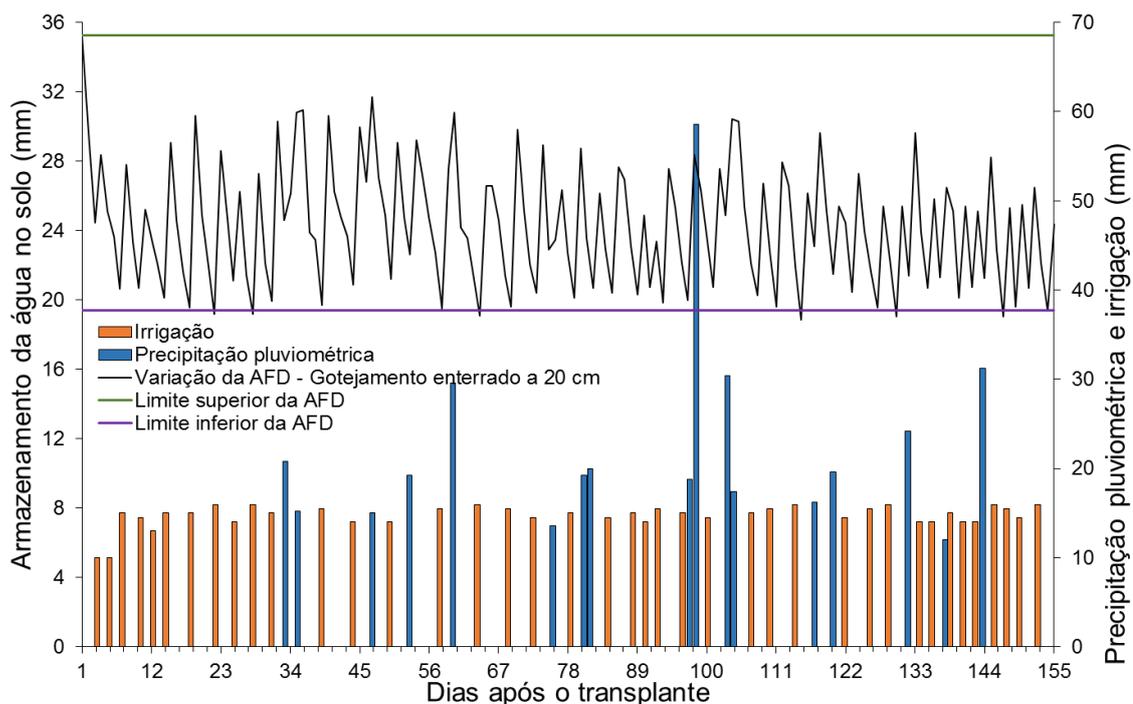


FIGURA 6. Estimativa da variação do armazenamento de água no solo até 0,2 m de profundidade, assim como as lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento enterrado a 20 cm de profundidade e de chuva recebida pelas plantas de berinjela. Dourados-MS, 2012/2013.

### 3.6 Colheita e parâmetros avaliados

A colheita foi realizada a partir dos 89 DAT e estendeu-se até 171 DAT, coletando dez plantas de cada parcela, na qual foram avaliadas as variáveis:

Foi determinado apenas ao final do ciclo o total de parâmetros colhidos e avaliados. Massa média de fruto; número de fruto; comprimento do fruto; diâmetro superior e inferior; produtividade total; produtividade comercial (frutos com 17 a 20 cm); eficiência no uso da água.

A eficiência no uso da água (EUA,  $\text{kg mm}^{-1} \text{ha}^{-1}$ ) da berinjela, foi obtida de acordo com a relação entre a produtividade de frutos e a lâmina total (chuva + irrigação) de água recebida no período de cultivo, assim podendo ser descrito como a Equação 27.

$$\text{EUA} = \frac{\text{PT}}{\text{LT}} \quad (27)$$

Em que: LT é soma do conteúdo total de água no momento de irrigação com a chuva (mm) ao longo do experimento.

### 3.7 Máxima eficiência econômica (MEE)

A lei dos incrementos decrescentes idealizada é considerada como “não natural”, por se tratar de uma expressão matemática de crescimento, que se aplica a resultados experimentais de curvas de resposta, principalmente para análise econômica com experimentos de adubação (HEXEM; HEADY, 1978). As recomendações práticas de adubação têm, em geral, uma margem de segurança decorrente do próprio princípio de cálculo das doses mais adequadas de fertilizantes a aplicar. Esse fato é bastante útil, considerando-se as incertezas relacionadas com produções futuras e o valor que o produto irá alcançar, não conhecidos na ocasião em que a adubação é planejada.

Para realização dos cálculos para a quantidade de nitrogênio a ser utilizada que maximiza o lucro (MEE), consideraram-se as seguintes equações.

$$L = R - \text{CT} \quad (28)$$

Em que: L é o lucro; R é a receita; CT é o custo total.

O custo total é descrito na equação 27.

$$CT = CV + CF \quad (29)$$

Em que: CV é o custo variável e CF é o custo fixo.

Assim tem-se que:

$$CV = P_{x_1} x_1 \quad (30)$$

$$CF = P_{x_2} x_2 \quad (31)$$

$$R = P_y Y \quad (32)$$

Em que:  $P_{x_1}$  é o preço do insumo variável;  $x_1$  é a quantidade do insumo variável;  $P_{x_2}$  é o preço do insumo fixo;  $x_2$  é a quantidade de insumo fixo;  $P_y$  é o preço do produto e,  $Y$  é a quantidade do produto.

Dessa forma entende-se que:

$$L = P_y Y - [(P_{x_1} x_1) + (P_{x_2} x_2)];$$

$$P_y Y = L + [(P_{x_1} x_1) + (P_{x_2} x_2)];$$

$$Y = \frac{L + [(P_{x_1} x_1) + (P_{x_2} x_2)]}{P_y};$$

$$Y = \frac{L}{P_y} + \frac{(P_{x_2} x_2)}{P_y} + \frac{(P_{x_1} x_1)}{P_y};$$

Ordenando as equações, temos:

$$Y = \left[ \frac{L}{P_y} + \frac{(P_{x_2} x_2)}{P_y} \right] + \left( \frac{P_{x_1}}{P_y} \right) x_1;$$

Admitindo que:

$$a = \left[ \frac{L}{P_y} + \frac{(P_{x_2} \cdot x_2)}{P_y} \right] e,$$

$$b = \left( \frac{P_{x_1}}{P_y} \right)$$

Obtém-se:

$$Y = a + bx_1 \quad (33)$$

Em que: “a” é a constante (intercepto); b = coeficiente angular.

Derivando a Equação (33) tem-se a Equação 34:

$$Y' = b \quad (34)$$

Conhecendo-se a inclinação  $b = P_{x_1}/P_y$  que demonstra a relação de preços de insumo variável ( $x_1$ ) e o preço do produto ( $y$ ), deve-se definir o intercepto com o eixo vertical mais alto possível, ou seja, o maior lucro possível, que coincida com uma reta tangente à curva de produção.

Para realização dos cálculos da MEE, foram considerados os custos de produção da berinjela (Quadro 7). O preço médio do quilograma de frutos de berinjela no período de produção em Dourados/MS (R\$ 1,97 kg<sup>-1</sup>).

O custo do quilograma de nitrogênio para a berinjela, nas safras 2012/2013 foi de R\$ 1,47. A partir dos dados gerados por cada tratamento de dose de nitrogênio, foi correlacionada a quantidade de nitrogênio e a produtividade comercial de berinjela, obtendo um gráfico e um modelo matemático. Posteriormente foi determinada a relação entre o preço do nitrogênio e o preço do quilo de berinjela ( $P_{x_1}/P_y$ ). Igualando-se a primeira derivada destas equações entre as respectivas relações de preços de nitrogênio e do fruto de berinjela, obteve-se o ponto de MEE.

No Quadro 7, estão apresentados os produtos e serviços utilizados para o cultivo da berinjela, em diferentes posições verticais da mangueira gotejadora, com seus respectivos valores, gerando os custos de produção.

QUADRO 7. Custos fixo, variável e total da produção da cultura da berinjela, por hectare, fertirrigado com nitrogênio e irrigado por gotejamento, em Dourados-MS, 2012/2013.

Componentes do custo	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Valor total (R\$)
A - Custo fixo				441,70
Depreciação e juros	R\$	-	-	20,06
Remuneração da terra	R\$	-	-	421,64
B - Custo variável				34.038,47
Insumos				
Cloreto de potássio	kg	133,33	2,40	319,99
Super fosfato simples	kg	666,67	1,30	866,67
Micronutrientes	kg	2,00	25,00	50,00
Calcário	Mg	0,88	120,00	105,60
Mudas	un	10.000,00	0,13	1300,00
Defensivos Agrícolas				
Glyphosate	L	4,00	19,70	78,80
Cercobin	kg	0,21	39,50	8,30
Lannate	L	0,10	31,00	3,10
Engeo Pleno	L	0,60	191,00	114,60
Irrigação				
Energia elétrica	kWh	251,37	0,30	75,41
Projeto de irrigação	un	1,00	1027,00	1.027,00
Atividades agrícolas				
Distribuição de calcário	hm	0,15	60,00	9,00
Gradagens	hm	0,80	100,00	80,00
Mão de obra	mês	6,00	5.000,00	30.000,00
Custo total (A+B)				34.480,17

### 3.8 Análise estatística

Todas as variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F, quando as mesmas foram no mínimo significativas no nível de 5% de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias para as fonte de variação gotejamento e, aplicou-se o para fonte de variação nitrogênio comparação através de modelo de regressão, utilizando-se o software SAS 9.1.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Evapotranspiração e necessidades hídricas

A evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) média ao longo do experimento foi de  $6,02 \text{ mm dia}^{-1}$  e a evapotranspiração localizada da cultura ( $ET_{c_{Loc}}$ ), apresentou média diária de  $4,01 \text{ mm}$ . A  $ET_c$  acumulada ao 170 dias da cultura no campo foi de  $436,8 \text{ mm}$ . Verificou-se aos 42 DAT a máxima  $ET_o$ , ( $8,35 \text{ mm dia}^{-1}$ ), assim como a máxima  $ET_{c_{Loc}}$ , que foi na ordem de  $6,46 \text{ mm dia}^{-1}$  (Figura 7). Esse período apresentou maior evapotranspiração, devido que nesse dia, ter apresentados uma das maiores temperatura média ( $30,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) e radiação líquida ( $20,00 \text{ MJ m}^{-2}$ ) (Figura 2). Sendo esses fatores climáticos, os maiores responsáveis pelo poder evapotranspirativo das plantas (ALLEN et al., 1998).

O regime de água (chuva + irrigação) aplicado durante o experimento foi de  $729,53$ ;  $690,14$  e  $600,9 \text{ mm}$ , para os tratamentos com gotejamento superficial, enterrado a  $10 \text{ cm}$  e enterrado a  $20 \text{ cm}$  de profundidade, nessa ordem. Desse total de água precipitado a chuva foi responsável por  $308,4 \text{ mm}$ , que é o valor do tratamento sem irrigação.

Diante das lâminas aplicadas juntamente com a precipitação pluviométricas, as plantas de berinjelas não passaram por estresse hídrico.

O conhecimento do suprimento próprio de água por irrigação é fundamental para se obter alta produtividade e qualidade dos frutos (KARAM et al., 2011), por ser a berinjela uma cultura sensível ao déficit e excesso hídricos, principalmente na fase de formação e colheita dos frutos (BILIBIO et al., 2010b). Carvalho et al. (2004), avaliaram os efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico aplicados em dois estádios fenológicos da cultura da berinjela e constataram que a produção e o número de frutos foram mais afetados pelo déficit hídrico quando este ocorreu durante a fase de formação dos frutos.

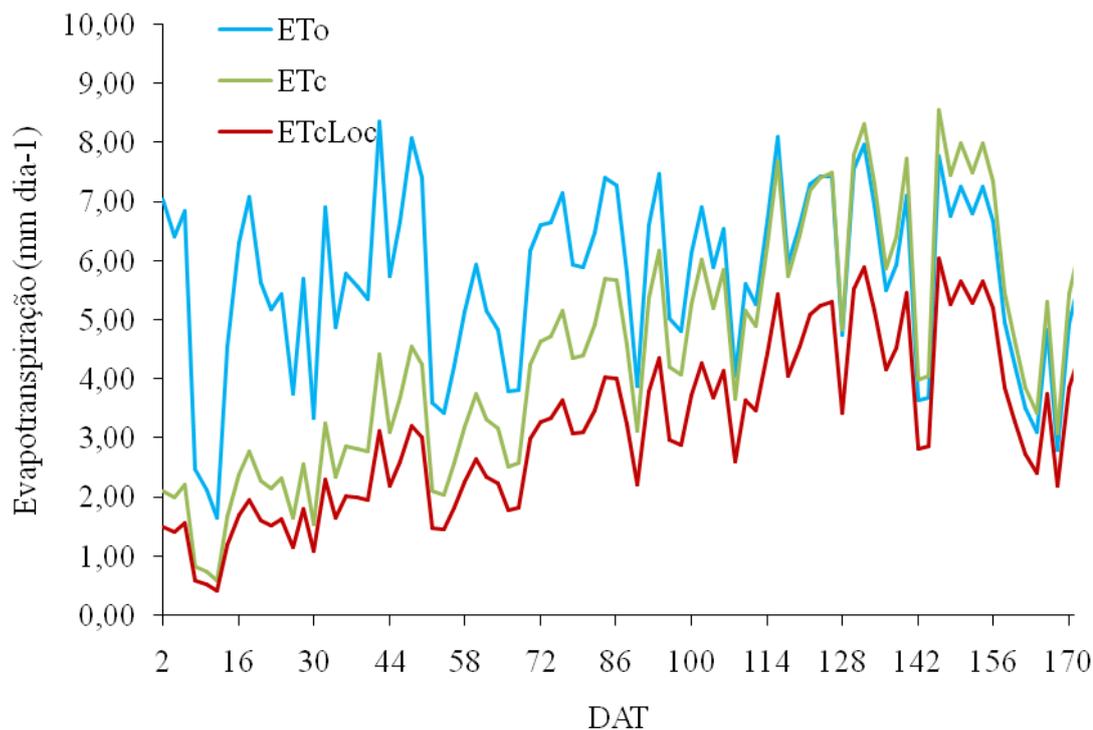


FIGURA 7. Evapotranspiração de referência (ETo), da cultura (ETc), irrigação e chuva observadas no período do experimento. Dourados, MS, 2015.

Taiz e Zeiger (2004) relatam que o primeiro efeito mensurável do estresse hídrico é a diminuição no crescimento, causada pela redução da expansão celular. O estresse hídrico reduz a habilidade de embebição de água, o que provoca rapidamente a redução no crescimento, além de um conjunto de mudanças metabólicas que culminam com diminuição do crescimento da parte aérea, provavelmente devido aos hormônios produzidos pelas raízes (MUNNS, 2002).

#### 4.2 Parâmetros produtivos

Verifica-se no Quadro 8, o resumo da análise de variância dos parâmetros de produtividade da berinjela adubado com nitrogênio via fertirrigação, relacionado aos componentes de produção. Os parâmetros comprimento de fruto, diâmetro superior e inferior, número de frutos foram significativos com as doses de nitrogênio em diferentes níveis de significância. Apenas o número de frutos e a massa média apresentaram diferença estatística com a disposição das mangueiras gotejadoras (Quadro 8). Ainda no Quadro 8, tem-se o resumo da análise de variância dos componentes relacionado a massa de frutos da berinjela, onde foi observado massa média de frutos, produtividade

de total de frutos, produtividade comercial de frutos e a eficiência no uso da água foram significativos com a aplicação de nitrogênio via fertirrigação. Em relação à interação entre nitrogênio e gotejamento, observou-se que produtividade de total de frutos, produtividade comercial de frutos e a eficiência no uso da água foram influenciadas.

QUADRO 8. Quadrado médio dos parâmetros avaliados, comprimento do fruto (C), diâmetro da parte superior do fruto (DS), diâmetro da parte inferior (DI), número de fruto (NF), massa média de fruto (MM), produtividade total de fruto (PF), produtividade comercial de fruto (PFC) e eficiência no uso da água (EUA) sob doses de nitrogênio aplicados em fertirrigação, utilizando gotejamento em diferentes profundidades. Dourados-MS, 2012/2013.

FV	Componentes de produção				
	GL	C	DS	DI	NF
Bloco	3	1,7348	0,1232 <sup>ns</sup>	0,1006 <sup>ns</sup>	2,3278 <sup>ns</sup>
Nitrogênio	4	92,0457***	3,2137**	3,6505**	34,6500*
Resíduo(a)	12	2,7617	0,2212	0,2643	7,3833
CV (%)		9,66	6,99	10,05	23,52
Gotejamento	2	0,8960 <sup>ns</sup>	0,4835 <sup>ns</sup>	0,0485 <sup>ns</sup>	12,3500*
NxG	8	8,7220 <sup>ns</sup>	0,2954 <sup>ns</sup>	0,4506 <sup>ns</sup>	7,9125 <sup>ns</sup>
Resíduo(b)	30	7,4537	0,3781	0,3339	3,8222
CV (%)		15,00	9,14	11,29	16,93
-	Componentes da massa do fruto				
-	GL	MM	PF	PFC	EUA
Bloco	3	1296,1 <sup>ns</sup>	530421 <sup>ns</sup>	502097 <sup>ns</sup>	1,2497 <sup>ns</sup>
Nitrogênio	4	69225,6***	12403514**	10926697**	28,1004**
Resíduo(a)	12	1086,6	1324149	1301384	2,9244
CV (%)		9,07	27,54	29,90	27,42
Gotejamento	2	6936,1**	327510 <sup>ns</sup>	401113 <sup>ns</sup>	5,3548*
NxG	8	2000,0 <sup>ns</sup>	1378728*	1323658*	3,6541**
Resíduo(b)	30	1190,2	520111	511266	1,1258
CV (%)		9,49	17,26	18,74	17,01

\*, \*\* e \*\*\* significativo a 5, 1 e 0,01% de probabilidade respectivamente pelo teste F. C.V. – coeficiente de variação.

Segundo Haag (1992) os aspectos dos frutos de berinjela são de grande importância na comercialização, no qual, os padrões de exigência para o Estado de São Paulo, que é o maior produtor, os frutos devem possuir um diâmetro entre 7 a 8 cm, comprimento entre 14 a 16 cm e devem apresentar um peso entre 200 a 250 g.

A mangueira gotejadora enterrada a 10 cm de profundidade propiciou maior massa média de frutos de berinjela (384,23 g), no qual foi estatisticamente superior a

mangueira enterrada a 20 cm e da mangueira em superfície do solo (Quadro 9). Contudo os gotejadores em superfície não foram estatisticamente diferente do gotejador enterrado a 20 cm de profundidade. A massa média quando enterrada a 10 cm de profundidade, possibilitou incremento de massa de frutos na ordem de 9,3%, quando comparado com o tratamento de gotejo em superfície. Esse incremento, provavelmente aconteceu, pelo fato do solo muito argiloso da área experimental ter propiciado ascensão capilar da água no solo em direção a raiz de berinjela, facilitando o fluxo de massa de nitrogênio, uma vez que as radículas encontram-se em profundidade efetiva de no máximo de 20 cm (OLIVEIRA et al., 2013).

Segundo Barros et al. (2009) muitas vezes a área superficial molhada, em sistemas enterrados disponibilizaram água para este solo, a uma distância maior do emissor. Segundo Silva et al. (2003) dentre outros fatores a umidade do solo pode interferir na formação do bulbo, sobretudo nos sistemas enterrados, encontrada abaixo de 0,15 m de profundidade, zona próxima à aplicação das vazões (10 cm) e além disso, os sistemas enterrados proporcionam ascensão da água, fator que deve ser considerado na escolha da profundidade de instalação das linhas; outro fator importante seria a possível perda de água ocasionada pelo sistema enterrado, caso fosse inserida uma cultura de sistema radicular pouco profundo adaptando-se, neste caso, o sistema de gotejamento superficial.

QUADRO 9. Massa média de frutos de berinjela relacionado as disposições da mangueiras gotejadora. Dourados-MS, 2012/2103.

Gotejamento	*Massa média (g)
Superficial	348,49c
Enterrado 10	384,23a
Enterrado 20	357,26bc
D.M.S.	26,92

\*Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey (P > 0,05)

As doses de nitrogênio zero, 50, 100 e 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> possibilitou que as plantas de berinjela obtivessem frutos com massa média de 283,68; 344,24; 481,74; 386,28 e 320,69 g respectivamente. Já diante das doses de nitrogênio, descrita através do modelo de regressão da Figura 8, a massa média de frutos de berinjela apresentou distribuição de maneira quadrática com coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) de 79%, sendo que a dose de nitrogênio que possibilita maior massa média de foi de aproximadamente 108 kg de N ha<sup>-1</sup>, que pode proporcionar 433,21 g de massa média de fruto.

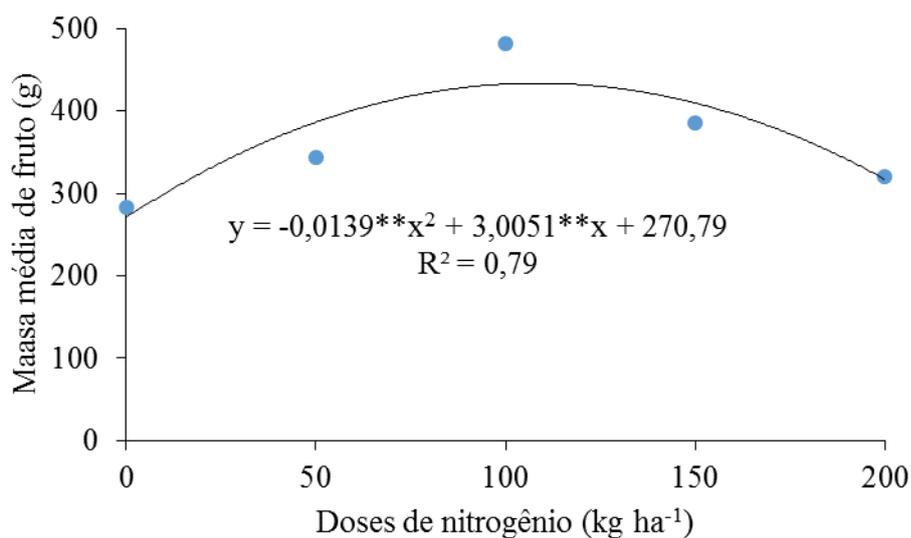


FIGURA 8. Massa média de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2103.

Marcussi e Villas Boas (2003) verificaram efeito benéfico do nitrogênio sobre esta característica. Esses resultados podem estar relacionados com a forma de aplicação do N, ou seja, com o uso da fertirrigação, em que os nutrientes são aplicados em doses e tempo apropriados para o específico estágio de desenvolvimento das plantas, o que pode ser confirmado na literatura, na qual há trabalhos que demonstram melhores resultados da fertirrigação em relação à adubação convencional para essas características (VILLAS BOAS et al., 2000; LEITE JÚNIOR, 2001). Resultados semelhantes foram encontrados por Paes (2003), cuja aplicação de NPK influenciou o diâmetro e a massa média de frutos, mas não o comprimento, enquanto Goyal et al. (1989) relataram o efeito positivo do nitrogênio para todas essas características.

O número de fruto de berinjela apresentou os maiores valores com os gotejadores em superfície (12,4 unidades), não diferindo estatisticamente do enterrado a 20 cm de profundidade, no qual não diferiu do enterrado a 10 cm de profundidade (Quadro 10).

QUADRO 10. Número de frutos de berinjela relacionado as disposições da mangueiras gotejadora. Dourados-MS, 2012/2103.

Gotejamento	*Número de fruto
Superficial	12,40a
Enterrado 10	10,85b
Enterrado 20	11,40ab
D.M.S.	1,52

\*Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey (P > 0,05)

Geralmente, segundo Lima et al. (2012), não se observa diferenças significativas no número de frutos por planta. No entanto Weber et al. (2013) salientaram que quando a finalidade do frutos são para produção de sementes os resultados obtidos indicam que 6 e 9 frutos por planta não são desejáveis uma vez que o rendimento por área considerada fica abaixo do desejado. Quando se observa o resultado obtido com 12, 15 e 18 frutos por planta verifica-se que o rendimento melhora significativamente, quando comparado ao resultado anterior (6 e 9 frutos/planta), tendo todos os tratamentos apresentado a qualidade desejada.

Observa-se na Figura 9, que o número de frutos de berinjela cresceu linearmente com o aumento das doses de nitrogênio, sendo que a diferença percentual entre a dose de nitrogênio zero e a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> foi de aproximadamente 32 %.

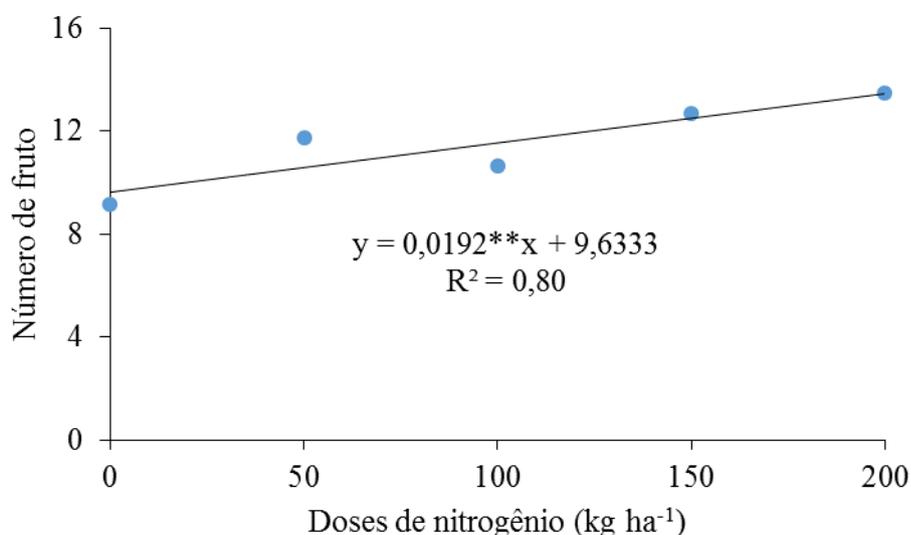


FIGURA 9. Número de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2103.

De acordo com Oliveira et al. (2014), as doses de nitrogênio sobre o número de fruto obtiveram resposta linear e negativa de forma que menor número de fruto ocorreu na maior dose de nitrogênio (30 g planta<sup>-1</sup>), com aproximadamente 2,8 frutos por planta correspondente à redução total de 49,6% em comparação com o o número de fruto observado na dose de 5 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio. De acordo com Sat e Saimbhi (2003), doses elevadas de nitrogênio podem retardar significativamente o florescimento de berinjela e aumentar o número de dias necessários para a fixação dos frutos podendo,

assim, reduzir o número de frutos em um período de avaliação, conforme observado no presente trabalho.

Verifica-se na Figura 10, que o comprimento do fruto de berinjela, respondeu ao modelo de regressão quadrático em relação ao aumento das doses de nitrogênio. As doses de nitrogênio zero, 50, 100 e 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> possibilitaram que as plantas de berinjela obtivessem frutos com comprimento de 14,54; 19,46; 21,94; 18,14 e 16,89 respectivamente. Observa-se que a diferença real do comprimento entre a dose zero e 100 kg ha<sup>-1</sup> é de 7,4 cm (34%). A distribuição do comprimento do fruto de maneira quadrática com r<sup>2</sup> de 0,84 possibilitou alcançar o comprimento estimado de fruto de 21,25 cm com a aplicação da dose aproximada de 113 kg de N ha<sup>-1</sup>.

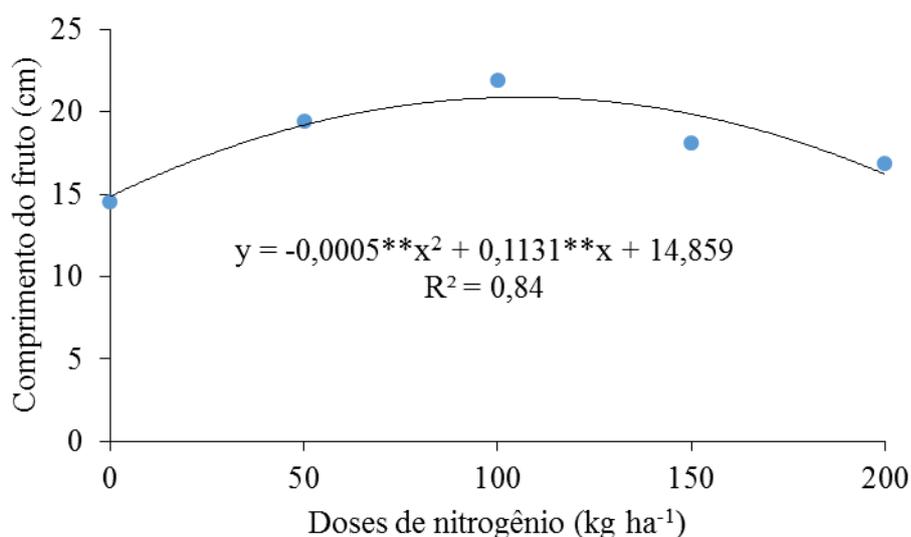


FIGURA 10. Comprimento de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2103.

Oliveira et al. (2014) verificaram resposta linear decrescente para o comprimento dos frutos quanto à adubação nitrogenada, com maior valor ocorrendo na menor dose de nitrogênio (equivalente a 66,67 kg ha<sup>-1</sup>) independente da salinidade da água de irrigação, atingindo o de 11,9 cm, e redução total de 12,7% na dose de N equivalente a 400 kg ha<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram obtidos por Bozorgi (2012) avaliando o efeito da adubação nitrogenada sobre a cultura da berinjela, que também obtiveram maior número de frutos e comprimento de frutos com a aplicação de 5,25 g planta<sup>-1</sup>.

O diâmetro superior do fruto de berinjela respondeu ao modelo de regressão quadrático em relação ao aumento das doses de nitrogênio (Figura 11). A dose de nitrogênio zero, 50, 100 e 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> possibilitou que as plantas de berinjela

obtivessem frutos com diâmetro da parte superior de 6,175; 6,942; 7,492; 6,650 e 6,367 respectivamente. O diâmetro da parte superior do fruto respondeu de maneira quadrática com  $r^2$  de 0,81 possibilitando alcançar o diâmetro estimado de 7,22 cm com a aplicação da dose aproximada de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>.

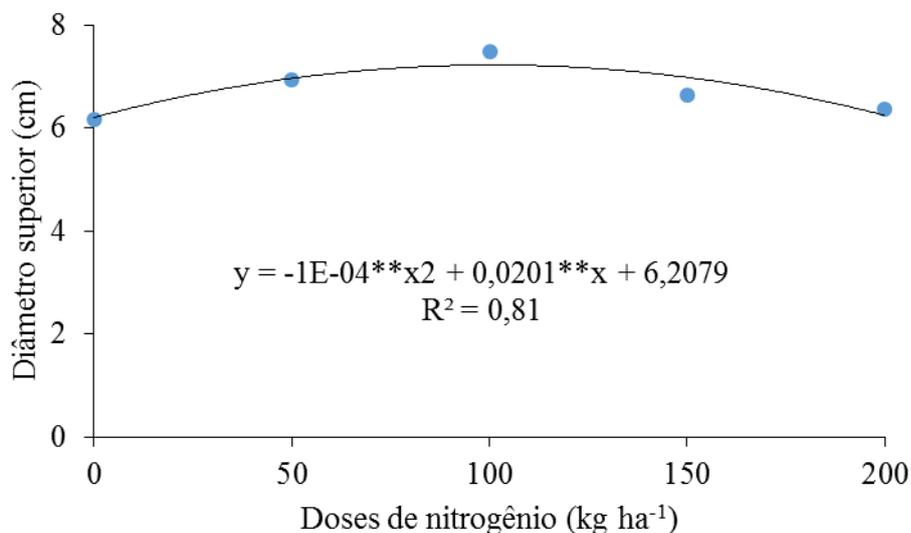


FIGURA 11. Diâmetro da parte superior de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2103.

As espécies oleráceas apresentam maior capacidade de produção, devido as suas exigências peculiares, extraem do solo e exportam, em suas partes comerciáveis, maior quantidade de nutrientes, por hectare, em relação a outras culturas (FILGUEIRA, 2008).

Observa-se na Figura 12, assim como no diâmetro da parte superior o diâmetro da parte inferior do fruto de berinjela respondeu ao modelo de regressão quadrático em relação ao aumento das doses de nitrogênio. Verificou-se que a diferença real do comprimento entre a dose zero e 100 kg ha<sup>-1</sup> é de apenas 1,32 cm, ou seja aproximadamente (17%). O diâmetro da parte inferior do fruto respondeu de maneira quadrática com  $r^2$  de 0,73 possibilitando alcançar o maior diâmetro estimado de 5,59 cm com a aplicação da dose aproximada de 105 kg de N ha<sup>-1</sup>.

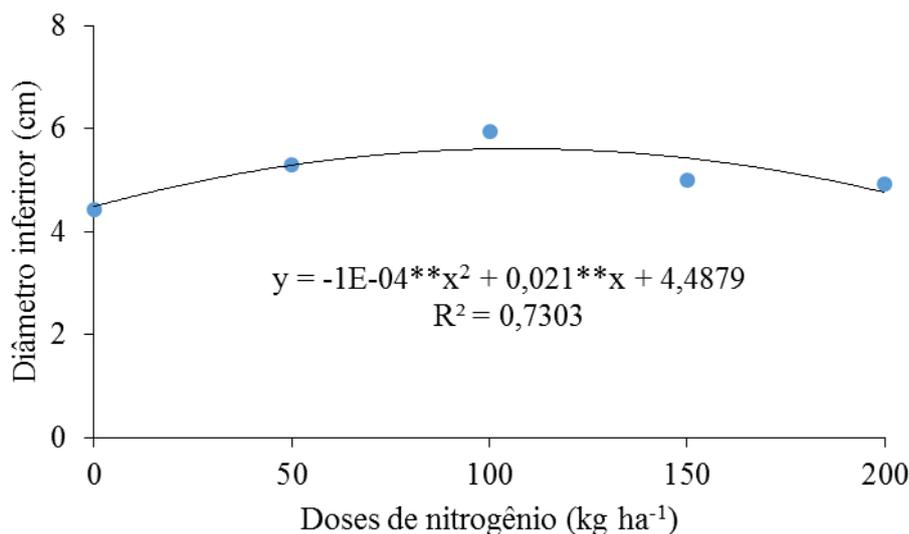


FIGURA 12. Diâmetro da parte inferior de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação. Dourados-MS, 2012/2103.

Segundo Oliveira et al. (2014), não foi constatado resposta significativa para a adubação nitrogenada, tendo-se obtido, entre as doses de nitrogênio, frutos com diâmetro médio de 6,45 cm.

Em relação à interação das fontes de variação, as doses de nitrogênio zero, 50, 100 e 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> possibilitaram que as plantas de berinjela obtivessem frutos com produtividade total de 2606,75; 4260,00; 5486,25; 4951,25 e 4328,50 g planta<sup>-1</sup> respectivamente, com a associação do gotejamento em superfície. Com o uso da mangueira gotejadora enterrada a 10 cm de profundidade as doses de nitrogênio zero, 50, 100 e 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> possibilitaram que as plantas de berinjela obtivessem frutos com produtividade total de 2465,75; 4631,5; 4743,75; 4118,00 e 4557,00 g planta<sup>-1</sup>. A aplicação da lamina de irrigação com a mangueira gotejadora enterrada a 20 cm de profundidade as doses de nitrogênio zero, 50, 100 e 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> possibilitaram que as plantas de berinjela obtivessem frutos com produtividade total de 2588,25; 3118,50; 5161,25; 5680,75 e 3984,50 g planta<sup>-1</sup>. O modelo de regressão que apresentou maior precisão foi o de gotejamento por superfície com r<sup>2</sup> de 97% (Figura 13).

Para a irrigação com gotejamento em superfície, as dose de nitrogênio de 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, possibilitaram incremento na produtividade total da berinjela na ordem de 63%, 110%, 90% e 66% respectivamente, quando comparado com a dose zero. Para a irrigação enterrada a 10 cm de profundidade, a maior diferença percentual da produtividade total foi de 92% em relação a dose de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> e a dose zero. Para a irrigação enterrada a 20 cm de profundidade, essa maior diferença percentual da

produtividade total foi alcançada com a dose de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> e a dose zero, apresentando incrementos de 119%.

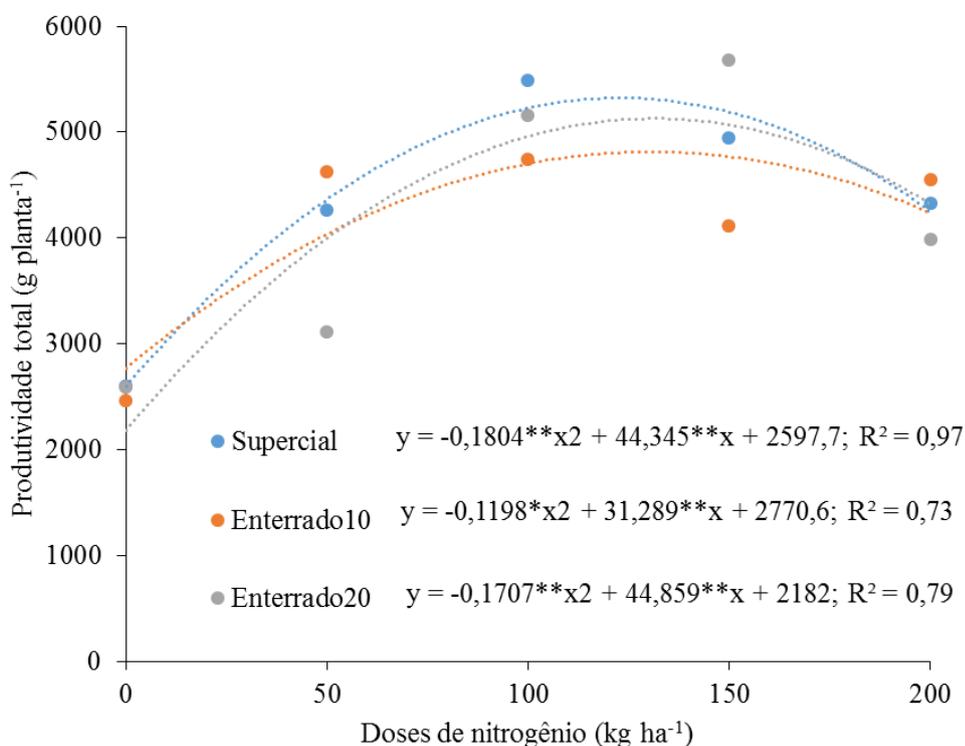


FIGURA 13. Produtividade total de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação para gotejamento superficial, enterrado a 10 e 20 cm. Dourados-MS, 2012/2103.

As estimativas das maiores produtividades totais de frutos para as plantas irrigadas com gotejamento superficial, enterrado a 10 e 20 cm respectivamente, foram de aproximadamente 5322, 5312 e 5310 g planta<sup>-1</sup> com a aplicação da dose estimadas de 123, 130 e 131 kg de N ha<sup>-1</sup>.

De acordo com Castro et al. (2005) houve aumento da produtividade da berinjela proporcional às doses de nitrogênio aplicadas, sendo que a dose ótima seria equivalente a 391 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Assim, a produtividade correspondente ao melhor tratamento (400 kg de N ha<sup>-1</sup>) representaria o dobro da média nacional, estimada em cerca de 25 Mg ha<sup>-1</sup> (RIBEIRO et al., 1998), embora a berinjela, tenha capacidade produtiva de até 100 Mg ha<sup>-1</sup> (FILGUEIRA, 2008).

Em um trabalho clássico Coelho et al. (1999) com gotejamento na cultura do melão, não houve diferença significativa entre as produtividades do meloeiro irrigado por gotejamento superficial e enterrado. Segundo os mesmos os teores de água eram próximos entre si, indicando similaridade na quantidade de água disponível para

as plantas no bulbo molhado nos dois sistemas de gotejamento, contribuindo para explicar as produtividades semelhantes obtidas nos dois sistemas. Segundo Silva et al. (2003), vale ressaltar que em seu experimento que aplicou 8,38 L na superfície, a umidade do solo atingiu a profundidade máxima de 0,40 m para a vazão de 2 L h<sup>-1</sup>.

Oliveira et al. (2014) evidenciaram que existe interação entre a salinidade e nitrogênio e, que as plantas irrigadas com água de maior salinidade (6 dS m<sup>-1</sup>) apresentaram resposta linear decrescente ao aumento nas doses de nitrogênio, de forma que a maior produção de frutos ocorreu com a aplicação de 5 g planta<sup>-1</sup> (66,67 kg ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio, com produtividade média de 1.168 g planta<sup>-1</sup> enquanto na maior dose de nitrogênio se obteve a menor produção de frutos (média de 568 g planta<sup>-1</sup>).

De acordo com Silva et al. (1999), a falta de resposta a doses elevadas de N pode estar associada à inibição competitiva entre o NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e absorção de outros cátions, dentre eles K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>.

A irrigação com gotejamento em superfície e a dose de nitrogênio de 100 kg ha<sup>-1</sup>, mais que dobrou produtividade comercial quando comparada com o tratamento sem adubação nitrogenada via fertirrigação, levando a produtividade ao incremento de 115%. Para a irrigação enterrada a 10 cm de profundidade, a maior diferença percentual da produtividade comercial foi de 97% em relação à dose de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> e a dose zero. Contudo a irrigação enterrada a 20 cm de profundidade, essa maior diferença percentual da produtividade comercial foi alcançada com a dose de 150 kg de N ha<sup>-1</sup> e a dose zero, apresentando 127% a mais de produtividade de frutos comerciais (Figura 14).

A profundidade de instalação da linha lateral de 20 cm foi suficiente para não provocar afloramento da umidade na superfície do solo e garantir produtividade estatisticamente igual à obtida via gotejamento superficial, mas insuficiente para que as operações convencionais de preparo de solo possam ser realizadas sem risco de dano às laterais. Assim, a profundidade de 20 cm somente seria viável se práticas alternativas de cultivo, como por exemplo plantio direto, possuem utilizadas tanto para o tomateiro quanto para as culturas em sistema de rotação (CAMP, 1998).

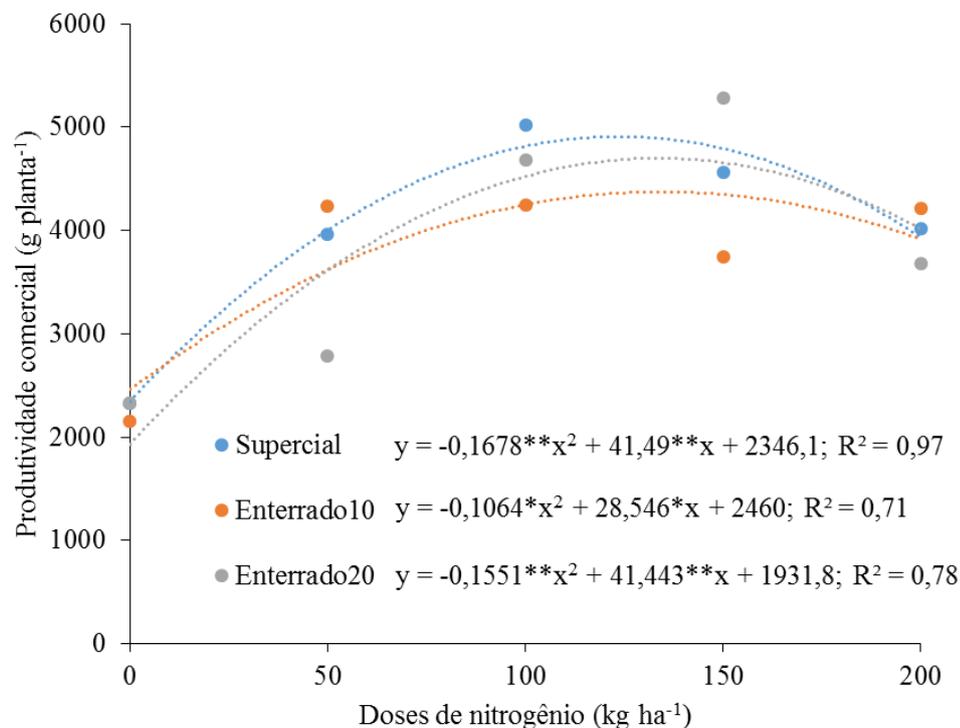


FIGURA 14. Produtividade comercial de frutos de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação para gotejamento superficial, enterrado a 10 e 20 cm. Dourados-MS, 2012/2103.

Para a produtividade comercial de frutos, o modelo de regressão que apresentou maior precisão foi o de gotejamento por superfície com  $r^2$  de 97%. A estimativa da maior produtividade comercial de frutos para as plantas irrigadas com gotejamento superficial foi aplicando a dose de nitrogênio 124 kg de N ha<sup>-1</sup>, proporcionando a produtividade de 4910,79 g planta<sup>-1</sup> (Figura 14).

Comparando-se a produtividade total com a produtividade comercial em uma mesma dose e gotejamento foram verificados, que a maior perda de qualidade de frutos em termos comerciais, foram aqueles adubados com doses de nitrogênio de 100 kg ha<sup>-1</sup> e irrigado com gotejamento enterrado a 10 cm de profundidade (500 g planta<sup>-1</sup>), no entanto a dose zero de nitrogênio e o gotejamento enterrado a 20 cm mostraram que podem aumentar a qualidade dos frutos, diminuindo a diferença em termos de massa por planta, obtendo valor na ordem de 265 g.

Quando se verifica a produtividade de uma cultura em relação a lamina total aplicada, tem-se o conceito de eficiência no uso da água (EUA) ou produtividade de água, que expressa a capacidade que a cultura tem de assimilar massa comercial (kg) por volume de água aplicada ou evapotranspirada (m<sup>3</sup>), que nesse trabalho é mostrado

com a relação da produtividade ( $\text{g planta}^{-1}$ ), contudo estimado de água no solo através dos tensiômetros (mm).

Estudo realizado por Castro et al. (2004) que cultivaram berinjela em Seropédica, RJ, não notaram diferenças significativas na produção, quando foram utilizados formas de adubos verde de pré-cultivo e consórcio com feijão caupi e crotalária, logo os mesmos autores não adotaram qualquer tipo de manejo da água de irrigação, não sendo contabilizada, portanto, a lâmina total aplicada na área; desta forma, os autores não abordaram os possíveis efeitos dos níveis de irrigação sobre o sistema de cultivo.

Lima et al. (2012) destacaram que a produtividade comercial de berinjela foi influenciada pela lâmina de irrigação com gotejamento em superfície e, a máxima produtividade estimada pela equação obtida na análise de regressão foi uma produtividade comercial de  $65,41 \text{ Mg ha}^{-1}$  ou o equivalente a  $6410 \text{ g planta}^{-1}$ .

A EUA da berinjela apresentou maior precisão estatística, quando o mesmo é interpretado pelo modelo de regressão, pelo tratamento que utiliza o gotejamento em superfície ( $r^2 = 0,97$ ), contudo as melhores respostas quantitativas foram encontradas com o gotejamento enterrado (Figura 15). A estimativa do modelo de regressão aponta que aplicando a dose de  $124,5 \text{ kg de N ha}^{-1}$  pode ser chegar uma EUA de  $8,28 \text{ g mm}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ , quando se utiliza de gotejamento enterrado a 20 cm.

De acordo com Gornat e Nogueira (2016), o interesse por esse sistema cresce devido ao aumento de produção, da eficiência do uso da água e dos nutrientes. Entretanto, ainda não foi pesquisado de forma abrangente e detalhada, apesar de já haver milhares de hectares irrigados com esse tipo de sistema. Em função disso, as decisões a respeito da instalação, operação e manejo desse sistema são tomadas sem o embasamento em informações oriundas de pesquisa. Logo os menores EUA foram encontradas com dose zero de nitrogênio, tanto para irrigação em superfície como para o gotejamento enterrado a 10 cm de profundidade, sendo que ambos obtiveram o valor de  $3,57 \text{ g mm}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ . Logo as EUA que apresentaram maiores valores foram aqueles irrigados com gotejamento enterrado a 20 cm, sendo que aplicando a dose de  $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$  pode chegar EUA com incremento de 120% de massa por milímetro aplicado.

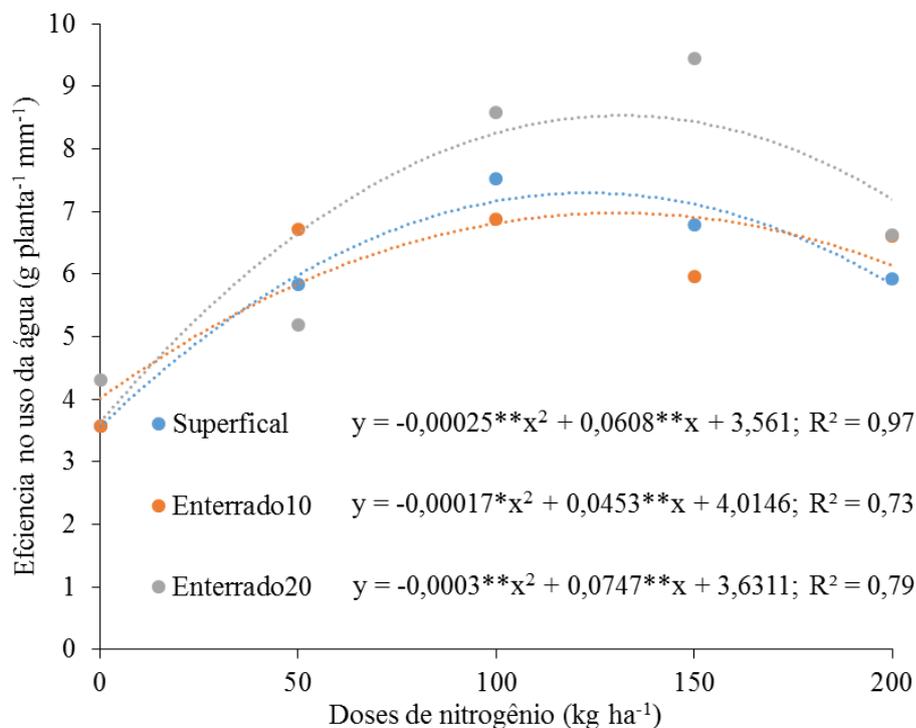


FIGURA 15. Eficiência no uso da água de berinjela em função das doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação para gotejamento superficial, enterrado a 10 e 20 cm. Dourados-MS, 2012/2103.

De acordo com Phene (1999) a irrigação por gotejamento enterrado apresenta várias características que podem contribuir para maximizar a eficiência de irrigação, quais sejam: diminuição da evaporação de água do solo e da percolação profunda, e eliminação do escoamento superficial. Na irrigação por gotejamento enterrado a água é aplicada abaixo da superfície do solo, promovendo assim culturas com raízes profundas. Essas raízes podem minimizar ou prevenir a percolação profunda.

Culturas mais eficientes no uso da água podem produzir quantidade maior de matéria seca por grama de água transpirada. O uso mais eficiente da água está diretamente relacionado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto a planta absorve CO<sub>2</sub> para a fotossíntese, a água é perdida por transpiração, com intensidade variável, dependendo do gradiente de potencial entre a superfície foliar e a atmosfera, seguindo uma corrente de potenciais hídricos (CONCENÇO et al., 2007).

### 4.3 Máxima Eficiência Econômica

Encontra-se no Quadro 7, todos os fatores de produção (fixos e variáveis) utilizados para realizar o experimento, nos diferentes tratamentos de adubação

nitrogenada com suas respectivas irrigações por gotejamento para a cultura da berinjela. Através desses dados do produto gerado, pôde-se calcular o custo total, a receita total e lucro de cada uma das disposições dos sistemas de irrigação por gotejamento em função da adubação nitrogenada via fertirrigação. Em nenhuma das simulações houve lucro negativo (prejuízo). Estes resultados estão apresentados nos Quadros 11, 12 e 13. A maior produtividade (Máxima Eficiência Técnica – MET) da berinjela em função da adubação nitrogenada para o gotejamento superficial foi obtida com 123,62 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, contudo a dose que proporcionou o maior lucro foi a de 100 kg ha<sup>-1</sup>, confirmando a previsão de que a Máxima Eficiência Econômica (MEE) é encontrada com uma dose de adubação menor do que a que proporciona a Máxima Eficiência Técnica (MET) (Quadro 11).

Assim como nesse trabalho, onde as diferenças de gasto com energia elétrica foram desprezável em função dos diferentes sistema de gotejamento enterrado, Bilibio et al. (2010a), verificaram que a variação na relação de preços (P<sub>x1</sub>/P<sub>y</sub>), considerando o índice sazonal de preços e a elevação da tarifa de energia não influenciou proporcionalmente a lâmina recomendada para a obtenção da MEE.

QUADRO 11. Valores médios de custo de produção, receita total, produtividade e lucro da berinjela com gotejamento superficial aplicando cinco doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>). Dourados-MS, 2012/2013.

Parâmetros econômicos	Doses de nitrogênio				
	zero	50	100	150	200
Custo Fixo	441,70	441,70	441,70	441,70	441,70
Custo Variável	34038,47	34038,47	34038,47	34038,47	34038,47
Custo do Nitrogênio	0,00	163,33	326,67	490,00	653,33
Custo total	34480,17	34643,51	34806,84	34970,17	35133,51
Produtividade	23324,31	39610,12	50189,66	45648,83	40129,79
Receita	45948,88	78031,93	98873,64	89928,20	79055,68
Lucro	11468,71	43388,43	64066,80	54958,03	43922,17

Para a cultura do tomate, Carvalho et al. (2014) salientaram que o item mão de obra torna o projeto inviável se ocorrer uma variação pessimista superior a 10% e ainda ressaltaram que a cultura do tomate exige muita mão de obra, principalmente no período da colheita, além disso, o preço do tomate é muito instável, sendo altamente influenciado pela oferta e pela demanda. Dessa forma, percebe-se que a tomaticultura exige um bom planejamento com atenção maior ao preço recebido e ao custo com a mão de obra. Nesse trabalho o custo com mão de obra foi na ordem de 87% do custo

total, considerando que no período da pesquisa o preço da mão de obra média mensal em Dourados era aproximadamente R\$ 1.000,00 e foi preciso cinco funcionários.

De acordo com a equação de produção de berinjela com gotejamento superficial, a dose de 123,41 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio é a quantidade que maximiza o lucro e gera uma produtividade de 49107,92 kg de frutos por hectare. Esta dose representa em termos estimativos pouca diferença expressiva com MET, pois a fração do custo com nitrogênio é bastante pequeno, quando comparado com o custo total (Figura 16). Com a dose de MEE pode-se chegar ao lucro de R\$ 61.857,50, ou seja, cerca de 430% a mais de produtividade.

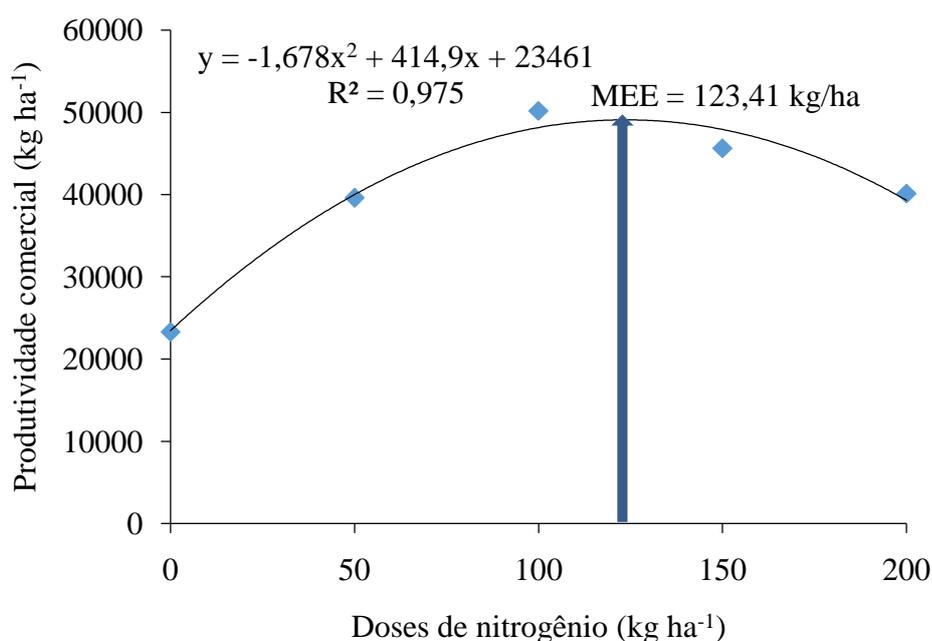


FIGURA 16. Equação de produtividade e representação da dose ótima de nitrogênio para encontrar a MEE em irrigação por gotejamento superficial. Dourados-MS, 2012/2013.

A maior MET da berinjela em função da adubação nitrogenada para o gotejamento enterrado a 10 cm de profundidade foi obtida com 134,36 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, no entanto verifica-se no Quadro 10, que a dose que proporcionou o maior lucro foi novamente a de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Mesmo com dose zero de nitrogênio houve um ganho de rentabilidade (R\$ 7.961,70), no entanto o ganho mensal do produtor, considerando que o do início do preparo da área de cultivo ao final da última colheita são de seis meses o lucro seria de R\$ 1.326,95, mas logo quando se utiliza a adubação nitrogenada, houve um salto de ganho em lucratividade (Quadro 12).

A viabilidade econômica em curto prazo deixa dúvidas sobre a viabilidade em outros horizontes temporais, necessitando, de certa forma, modificações no gerenciamento e planejamento do projeto, priorizando mudanças tecnológicas que possam aumentar a rentabilidade geral da área (SANTOS; SANTOS, 2012).

QUADRO 12. Valores médios de custo de produção, receita total, produtividade e lucro da berinjela com gotejamento enterrado a 10 cm de profundidade aplicando cinco doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Dourados-MS, 2012/2013.

Parâmetros econômicos	Doses de nitrogênio				
	zero	50	100	150	200
Custo Fixo	441,70	441,70	441,70	441,70	441,70
Custo Variável	34.038,47	34.038,47	34.038,47	34.038,47	34.038,47
Custo do Nitrogênio	0,00	163,33	326,67	490,00	653,33
Custo total	34.480,17	34643,51	34.806,84	34.970,17	35.133,51
Produtividade	21.544,10	42348,55	42.438,75	37.442,86	42.174,41
Receita	42.441,87	83426,64	83.604,34	73.762,43	83.083,58
Lucro	7.961,70	48.783,14	48.797,50	38.792,26	47.950,07

Verifica-se na com a equação de produção de berinjela da Figura 17, que o gotejamento enterrado a 10 cm de profundidade a dose de  $134,02 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio é a quantidade que maximiza o lucro e gera uma produtividade de  $48926,81 \text{ kg}$  de frutos por hectare.

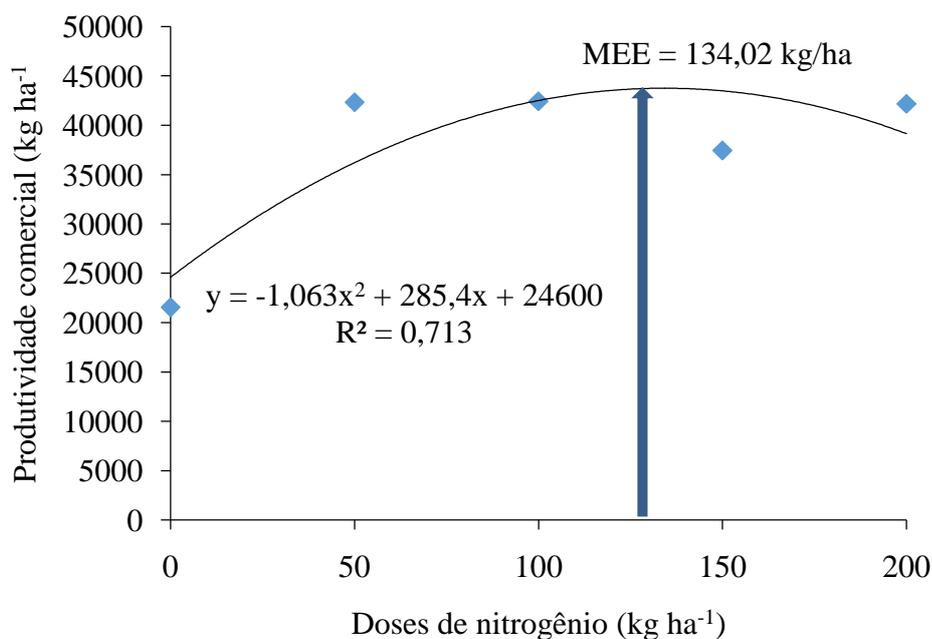


FIGURA 17. Equação de produtividade e representação da dose ótima de nitrogênio para encontrar a MEE em irrigação por gotejamento enterrado a 10 cm de profundidade. Dourados-MS, 2012/2013.

Assim como no gotejamento superficial, esta dose representa em termos estimativos, baixa diferença expressiva com MET, pois a fração do custo com nitrogênio é bastante pequeno, quando comparado com o custo total (Figura 17). Ou seja, a MEE e a MET, estão muito próxima, praticamente coincidem em termos relativos. Com a dose da MEE pode-se chegar a lucratividade de R\$ 51.283,53.

De acordo com a equação da Figura 18, a MET da berinjela em função da adubação nitrogenada para o gotejamento enterrado a 20 cm de profundidade foi obtida com 134,59 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, no entanto verifica-se no Quadro 13, que a dose que proporcionou o maior lucro foi a de 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (R\$ 69.085,11).

QUADRO 13. Valores médios de custo de produção, receita total, produtividade e lucro da berinjela com gotejamento enterrado a 20 cm de profundidade aplicando cinco doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>). Dourados-MS, 2012/2013.

Parâmetros econômicos	Doses de nitrogênio				
	zero	50	100	150	200
Custo Fixo	441,70	441,70	441,70	441,70	441,70
Custo Variável	34038,47	34038,47	34038,47	34038,47	34038,47
Custo do Nitrogênio	0,00	163,33	326,67	490,00	653,33
Custo total	34480,17	34643,51	34806,84	34970,17	35133,51
Produtividade	23228,67	27814,19	46831,76	52819,94	36775,11
Receita	45760,48	54793,95	92258,57	104055,28	72446,96
Lucro	11280,31	20150,44	57451,73	69085,11	37313,46

Na Figura 18, encontra-se o comportamento da produtividade comercial da berinjela utilizando o sistema de gotejamento enterrado a 20 cm de profundidade. Observa-se que a dose de 133,35 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio é a quantidade que maximiza o lucro e gera uma produtividade de 48949,32 kg de frutos por hectare. Novamente a MEE e a MET, estão muito próximo, praticamente coincidem em termos relativos. Com a dose da MEE pode-se chegar a lucratividade de R\$ 57.679,20. Pela estimativa da equação os ganhos em relação ao tratamento zero de nitrogênio, são na ordem de 1500% de lucratividade, com apenas 1,24% do custo total.

Uma das hortaliças mais consumidas entre os brasileiros é a alface e de acordo com Silva et al. (2008), os custos operacionais totais da alface crespa em monocultura e consorciada com pepino japonês foram estimados em R\$ 696,37/614,4 m<sup>2</sup> e R\$ 295,06/614,4 m<sup>2</sup>, respectivamente. Segundo os mesmos o custo operacional total apresentou redução de 57,62% no cultivo consorciado e está em acordo com Cecílio Filho (2005) e Rezende et al. (2005), que também observaram redução no custos

operacionais totais de alface crespa em consórcio com tomate, respectivamente de 39,5% e 70% em relação à monocultura.

Talvez uma alternativa para maximizar os lucros com berinjela seja o consórcio com outras culturas que exigem poucos espaçamentos e possam ser cultivada na linha de irrigação enquanto a cultura da berinjela encontra-se em estágios iniciais de desenvolvimento.

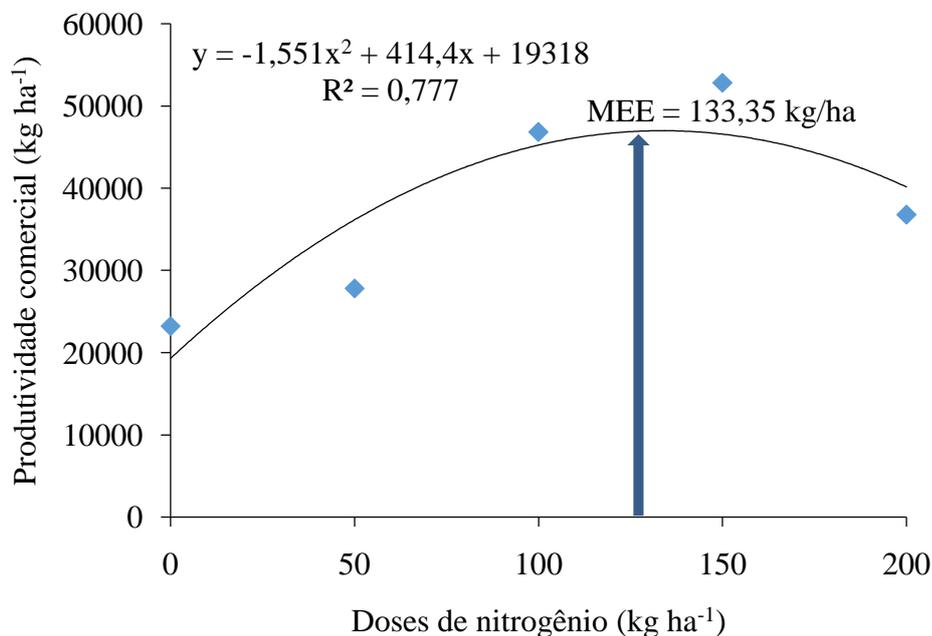


FIGURA 18. Equação de produtividade e representação da dose ótima de nitrogênio para encontrar a MEE em irrigação por gotejamento enterrado a 20 cm de profundidade. Dourados-MS, 2012/2013.

Diante dos resultados apresentados observou-se que para a cultura da berinjela irrigado por gotejamento e fertirrigado com nitrogênio, a variável receita é a que apresenta maior sensibilidade e sua variação apresenta maior impacto sobre a rentabilidade da cultura da berinjela. Segundo Carvalho et al. (2014), faz-se necessário um planejamento e uma comercialização adequados para que o pequeno agricultor possa ter sucesso na sua atividade, desencadeando, assim, o fortalecimento da atividade agrícola local, a permanência do homem no campo e o desenvolvimento regional.

## 5. CONCLUSÕES

A cultura da berinjela responde significativamente as doses de nitrogênio via fertirrigação. Com utilização de gotejamento enterrado a 10 e 20 cm, há economia no total da lâmina aplicada.

As variáveis comprimento e número de frutos, diâmetro da parte superior e inferior do fruto, massa média, produtividade total e comercial e a eficiência no uso da água foram influenciados pelas doses de nitrogênio via fertirrigação.

Somente a massa média e o número de frutos de berinjela são influenciados pelo gotejamento superficial e enterrados.

A dose de nitrogênio de 100 kg ha<sup>-1</sup> comparado com a dose zero, possibilita aumento de produtividade total da berinjela na ordem 110%, 92% e 119% , quando irrigado por gotejamento superficial, enterrado a 10 e 20 cm respectivamente. Já para a produtividade comercial os ganhos são de 115%, 97% com a adubação de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> e 127% com a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

Com uso do gotejamento enterrado a 20 cm e com associação da adubação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio a eficiência no uso da água obtém ganhos na ordem de 120%.

Na cultura da berinjela, não há diferenças entre Máxima Eficiência Econômica e Máxima Eficiência Técnica em função dos custos do nitrogênio independentemente se o gotejamento é superficial ou enterrado. A Máxima eficiência econômica é encontrada utilizando a dose de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> fertirrigada com gotejamento superficial.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Roma: FAO, 1998. 301 p.
- ALVES, M.S.; COELHO, E.F.; PAZ, V.P.S.; ANDRADE NETO, T.M. Crescimento e produtividade da bananeira cv. Grande Naine sob diferentes combinações de nitrato de cálcio e ureia. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 1, p. 125-131, 2010.
- ANDRADE, C.L.T.; COELHO, E.F.; COUTO, L.; SILVA, E.L. Parâmetros de solo-água para engenharia de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998. **Anais...** Poços de Caudas. Simpósio Manejo de Irrigação. Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.1-45.
- ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T.S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E.C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 28-32, 1997.
- ARAI, S. Studies on functional foods in Japan: state of the art. **Bioscience Biotechnology Biochemistry**, v. 60, n. 1, p. 9-15, 1996.
- AYARS, J.E.; PHENE, C.J.; HUTMACHER, R.B.; DAVIS, K.R.; SCHONEMAN, R.A.; VAIL, S.S.; MEAD, R.M. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. **Agricultural Water Management**, v.42, p.1-27, 1999.
- AZOOZ, R.H.; ARSHAD, M.A. & FRANZLUEBBERS, A.J. Pore size distribution and hydraulic conductivity affected by tillage in northwestern Canada. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, p. 1197-1201, 1996.
- BARROS, A.C.; FOLEGATTI, M. V.; SOUZA, C. F.; SANTORO, B. L. Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n. 6, p. 700-707, 2009.
- BASSO, L.H.; BRAGA, M.B.; CALGARO, M.; SIMÕES, W.L.; PINTO, J.M. **Cultivo da Videira: Irrigação e Fertirrigação**. EMBRAPA - Sistemas de Produção, 1 – 2ª. ed. 2010. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira\\_2ed/irrigacao.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira_2ed/irrigacao.html)>. Acesso: 19 de agosto de 2015.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. Manual de irrigação. 8.ed.Viçosa: UFV, 2008. 625 p.
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J.A.; MARTINS, M.; REZENDE, S.C.; FREITAS, W.A.; GOMES, L.A.A. Função de produção da berinjela irrigada em ambiente protegido. **Irriga**, v. 15, n. 1, p. 10-22, 2010a.
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J.A.; MARTINS, M.; RESENDE, F.C.; FREITAS, E.A.; GOMES, L.A.A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a

diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.730–735, 2010b.

BINOTTI, F.F.S. **Manejo do nitrogênio no feijoeiro de inverno em sucessão a milho e *Brachiaria* em sistema plantio direto**. 2009. 178f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Sistema de produção, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira, 2009.

BISCARO, G.A.; SILVA, J.A.; ZOMERFELD, P.S.; MOTOMIYA, A.V.A.; GOMES, E.P.; GIACON, G.M. Produção de almeirão em função de níveis de fertirrigação nitrogenada e disposição de mangueiras gotejadoras nos canteiros. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1811-1817, 2012.

BLANEY, H. F.; CRIDDLE, W. D. **Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data**. Washington: USDA, 1950. 48p

BORGES, A.L.; CALDAS, R.C.; LIMA, A.A. Doses e fontes de nitrogênio em fertirrigação no cultivo do maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 301-304, 2006.

BORGES, A.L.; SILVA, D.J. Fertilizantes para fertirrigação. In: BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; TRINDADE, A.V. (Org.). **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p.15-27.

BOZORGI, H. R. Study effects of nitrogen fertilizer management under nano iron chelate foliar spraying on yield and yield components of eggplant (*Solanum melongena* L.). **Journal of Agricultural and Biological Science**, v.7, p.233-237, 2012.

BURT, C.; O’CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 1995. 320p.

CAMP, C.R. Subsurface drip irrigation: a review. **Transaction of the ASAE**, v. 41, n. 5, p. 1353-1367, 1998.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N.F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1017.

CARVALHO, C.R.F.; PONCIANO, N.J.; SOUZA, P.M.; SOUZA, C.L.M.; SOUSA, E.F. Viabilidade econômica e de risco da produção de tomate no município de Cambuci/RJ, Brasil. **Ciência Rural**, v.44, n.12, 2014.

CARVALHO, J. A; SANTANA, M.; PEREIRA, G. M. PEREIRA, J. R. D.; QUEIROZ, T. M. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.). **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.320-327, 2004.

CASTRO, C.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; CARVALHO, J. F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 495-502, 2005.

CECÍLIO FILHO, A. B. **Cultivo consorciado de hortaliças: desenvolvimento de uma linha de pesquisa**. 2005. 135 f. Tese (Livre-docência) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; VIANA, R.G.; D'ANTONINO, L.; VARGAS, L.; FIALHO, C.M.T. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 449-455, 2007.

COELHO, A. M. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho. SeteLagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 11 p. (Circular Técnica, 96).

COSTA, E.E.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, Belo Horizonte, v.12, p. 63-68, 1986.

DAMASCENO, L.A.; MIRANDA, J.F.; GUIMARÃES, M.A. Calagem e adubação: fornecendo alimentos para as plantas. In: GUIMARÃES, M. A. **Produção de melancia**. Viçosa: Editora UFV, 2013. p. 69-74.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yiels response to water**. Rome: FAO, 1979. 306p. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, v.57, p.191-192, 2000.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Hortaliças. **Cultivo da Berinjela**. 2007. < disponível em: [https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Beringela/Beringela\\_Solanum\\_melongena\\_L/](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Beringela/Beringela_Solanum_melongena_L/)>. Acessado em Agosto de 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAAGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos/Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ENGLISH, M.; NAVAID, S. Perspectives on deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 32, p. 1-14, 1996.

FEITOSA FILHO, J.C.; SOUSA, S.M.S. C.; CAVALCANTE, L.F.; PINTO, J.M.; FEITOSA, H.P.F. fontes e doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação na formação de mudas de maracujá amarelo. **Anais...In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 2004, Florianópolis-SC. 2004.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV. 2008. 421 p.

FOUCHE, P.S.; BESTER, D.H. The influence of water soluble fertilizers on the nutrition and productivity of Navel orange trees under microjetirrigation. **Citrus and Subtropical Fruit Journal**, Parklands, v. 626, p. 8-10, 1986.

FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâminas de irrigação.** 1986. 133 f. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1986.

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

GORNAT, B.; NOGUEIRA, L.C. **Avaliação da economia de água com irrigação localizada convencional e subterrânea em fruteiras tropicais.** Disponível em: Acesso em 10 jan. 2016.

GOYAL, M. R.; LUNA, R. G.; HERNÁNDEZ, E. R.; BAÉZ, C. C. Pos-harvest evaluation of nitrogen fertigated sweet peppers under drip irrigation and plastic mulch. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, v.73, n.2, p.109-115, 1989.

HANADA, K. Studies of nitrogen nutrition for muskmelon. I. The influence of the form and the level of nitrogen supplied upon the growth of melon. **Science Bulletin of the Faculty of Agriculture**, v.34, n.3/4, p. 67-79, 1980.

HEXEM, R. W.; HEADY, E. O. **Water production function for irrigated agriculture.** Ames: The Iowa State University, 1978. 215p.

HUBER, D.M. The influence of mineral nutrition on vegetable diseases. **Horticultura Brasileira**, v.12, n.2, 1994, p.206-14.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário – 2006.** Rio de Janeiro, 2009.

JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 89, p. 15-41, 1963.

KARAM, F.; SALIBA, R.; SKAF, S.; BREIDY, J.; ROUPHAEL, Y.; BALENDONCK, J. Yield and water use of eggplants (*Solanum melongena* L.) under full and deficit irrigation regimes. **Agricultural Water Management**, v.98, p.1307-1316, 2011.

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

LEITE JÚNIOR, G. P. 2001. 65f. **Redução ou aumento das doses de nitrogênio e potássio aplicadas ao pimentão via fertirrigação à adubação convencional.** Dissertação (Mestrado). Areia, Universidade Federal da Paraíba. 2001.

LIMA, M.E.; CARVALHO, D.F.; SOUZA, A.P.; ROCHA, H.S.; GUERRA, J.G.M. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.604–610, 2012.

LÓPEZ, J.R.; HERNÁNDEZ ABREU, J.M.; PÉREZ REGALADO, A.; GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, J. F. **Riego localizado**. Madrid: Mundi-Prensa. 1992. 405p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. Nobel. São Paulo, 2002. 200p.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípio e métodos**, Viçosa: Ed. UFV, 2006, 318p.

MANSUR, R. J. C. N.; BARBOSA, D. C. A. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **Phyton**, v. 68, p. 97-106, 2000.

MARCUSSI, F. F. N.; VILLAS BÔAS, R. L. Uso da fertirrigação na eficiência de aproveitamento de N e K pelo pimentão sob condições de cultivo protegido. In: Congresso Brasileiro de Fertirrigação, 1, 2003, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2003. CD Rom.

MARION, J.C.; PROCÓPIO, A.M. Aspectos da utilização prática de modelos decisórios pelo pequeno e médio produtor rural. XXVI CONGRESSO DA SOBER. SOBER. **Anais...** O Agronegócio Brasileiro: Desafios e Perspectivas. v.2. Poços de Caldas – MG, 1998.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPB, 1996. 72p.

MARTINEZ, E. P. M.; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R. B. de. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 143-168.

MELO, T. K.; MEDEIROS, J. F. DE; ESPÍNOLA SOBRINHO, E.; FIGUEIRÊDO, V. B.; PEREIRA, V. C.; CAMPOS, M. S. Evapotranspiração e produção do melão Gália irrigado com água de diferentes salinidades e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 1235-1242, 2011.

MIRANDA, J.H. ; GONÇALVES, A.C.A.; CARVALHO, D.F. Água e solo. In: In: MIRANDA, J.H., PIRES, R.C.M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, v.1, p.1-62. 2001.

MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos do solo. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. (Eds). **Microbiologia e bioquímica do solo**. Editora UFLA, Lavras, 2002. 626 p.

MORGAN, K. T.; PARSONS, L. R.; WHEATON, T. A. Comparison of laboratory – And field – Derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. **Plant and Soil**, v.234, p.153-157, 2001.

NANNETTI, D. C.; SOUZA, R. J. de ; FAQUIN, V. Efeito da aplicação de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, na cultura do pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 843-845, 2000.

OLITTA, A.F.L. **Os métodos de irrigação**. São Paulo: Nobel, 1981. 267p.

OLIVEIRA, F.A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J.F.; DIAS, N.S.; SILVA, R.C.P.; LIMA, C.J.G.S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1152-1159, 2013.

OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, R.C.; LINHARES, P.S.F.; MEDEIROS, A.M.A.; OLIVEIRA, M.K.T. Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 5, p. 480-486, 2014.

OLIVEIRA, G.Q.; NAGEL, P.L.; LOPES, A.S.; SCHWERZ, F.; SILVA, P.A.; GOMES FILHO, R.R. Desenvolvimento radicular da berinjela irrigado e de sequeiro em diferentes formas de cultivo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.2, p.146-156, 2013.

OLIVEIRA, I. **Técnicas de Regadio**. v. II. 2ª Edição. Edição do Autor. 2011. p. 973.

OLIVEIRA, S.L. **Funções de resposta do milho doce ao uso de irrigação e nitrogênio**. 1993. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

PAES, R.A. 2003. 65f. **Rendimento do pimentão (*Capsicum annuum* L.) cultivado com urina de vaca e adubação mineral**. Dissertação (Mestrado). Areia, Universidade Federal da Paraíba. 2003.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: Situação Atual e Perspectivas para o Futuro. In: FOLEGATTI, M.V. **Fertirrigação: Citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 11-84.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings Royal Society of London. Serie A*, v. 193, p. 120-45, 1948.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA. G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: Fealq, 1997.

PHENE, C.J.; RUSKIN, R. Potential of subsurface drip irrigation for management of nitrate in wastewater. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5., 1995, St. Joseph. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1995. p.155-161.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; COSTA, N. D.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, J. R. Aplicação de N e K via água de irrigação em melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.2, p.192-194, 1995.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review.**, v. 100, p. 81- 2, 1972.

- RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991. 343p.
- RAPOSO, J. R. **A Rega – Dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega**. 1ª Edição. Edição da Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 1996. p.88-148
- REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2 Ed. Manole, Barueri. 2012. 500p.
- REZENDE, B. L. A.; COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MARTINS, M. I. E. G. Custo de produção e rentabilidade da alface crespa, em ambiente protegido, em cultivo solteiro e consorciado com tomateiro, Jaboticabal, estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 35, n. 7, p. 42-50, 2005.
- RIBEIRO, C.S.C. **Berinjela (*Solanum melongena* L.)**. Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, 3, Versão Eletrônica Nov/2007 <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Berinjela/Berinjela\\_Solanum\\_melongena\\_L/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Berinjela/Berinjela_Solanum_melongena_L/index.htm)> 22 Fev. 2016.
- RIBEIRO, C.S.C; REISFSCHNEIDER, F.J.B. Avaliação do híbrido de berinjela ‘Çiça’ por produtores e técnicos. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 1, p. 49-50, 1999.
- RIBEIRO, C.S.C.; BRUNE, S.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L.). Brasília: Embrapa-CNPQ, 1998. 23p. (Embrapa Hortaliças. Instruções Técnicas, 15).
- ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; AZEVEDO, H.M. Ajuste do modelo Chistiansen Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.263-268, 2003.
- RODRIGUES, C. R.; FAQUIN, V.; TREVISAN, D.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V.; RODRIGUES, T.M. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n.3, p. 573-578, 2004.
- SANTOS, F.R.; SANTOS, M.J.C. Viabilidade econômica da produção de hortaliças em quintais agroflorestais. **Scientia Plena**, v. 8, n. 4, p. 1-5, 2012.
- SAT, P.; SAIMBHI, M S. Effect of varying levels of nitrogen and phosphorus on earliness and yield of brinjal hybrids. **Journal Soils Crops**, v.4, p.217-222, 2003.
- SENTELHAS, P.C. Class A pan coefficients (kp) to estimate daily reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.111-115, 2003.
- SILVA, G.S.; REZENDE, B.L.A.; CECILIO FILHO, A.B.; BARROS JUNIOR, A.P.; MARTINS, M.I.E.G.; PORTO, D.R.Q. Viabilidade econômica do cultivo da alface crespa em monocultura e em consórcio com pepino. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1516-1523, 2008.

SILVA M.A.G.; BOARETTO A.E.; MELO A.M.T.; FERNANDES H.M.G.; SCIVITTARO W.B. Rendimento e qualidade de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados em cobertura. **Scientia Agrícola**, v. 56, p. 1199-1207, 1999.

SILVA, C. A.; MATOS, J. DE A.; MEDEIROS, J. F. DE; LEVIEN, S. L. A.; Dimensões de bulbo úmido em solos utilizados na irrigação por gotejamento superficial: Argissolo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBEA, 2003. p.1-4.

SILVA, M.A.G. **Efeito do nitrogênio e potássio na produção e nutrição do pimentão em ambiente protegido**, Piracicaba, 1998. 86 p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45p.

SOARES, A.R.; MANTOVANI, E.C.; RENA, A.B.; SOARES, A. A.; BONOMO, R. Estudo Comparativo de Fontes de Nitrogênio e Potássio Empregados na Fertirrigação do Cafeeiro. In: I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2000, Uberaba-MG. **Anais...** I Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2000. p. 852-855.

SOARES, J.M.; BRITO, L.T.L.; COSTA, N.D.; MACIEL, J.L.; FARIA, C.M.B. Efeito de fertilizantes nitrogenados na produtividade de melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 7, p. 1139-1143, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre, Artmed, 2009.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. (Eds.). **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed., Macmillan Publishing, New York, 1984. p.112-183.

THORNTWAITE, G.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v.38, n.1, p.55-94. 1948.

TULEY, L. Functional foods: the technical issues. **Food Manufacture**, v. 70, n. 4, p. 30-32, 1995.

UNLUKARA, A.; KURUNÇ, A.; KESMEZ, G. D.; YURTSEVEN, E.; SUAREZ, D. Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage**, v.59, p.203-214, 2010.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: conceitos básicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 807p.

VILELA NJ; HENZ GP. **Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras**. In: Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.17, n.1, 2000. p.71- 89.

VILLAS BOAS, R. L.; KANO, C.; LIMA, C. P.; NANETTI, F. A.; FERNANDES. D. M. Efeito de doses de nitrogênio aplicado de forma convencional e através da

fertirrigação na cultura do pimentão. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.801-802, 2000. Suplemento.

VILLAS BOAS, R.L.; OLIVEIRA, M.V.A.M.; MOTA, P.R.D.; BETTINI, M.O. Agricultura fertirrigada avança no Brasil. In: **AGRIANUAL 2005**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, 2005. p.54-57.

WEBER, L.A.; AMARAL-LOPES, A.C.; BOITEUX, L.S.; NASIMENTO, W.M. Produção e qualidade de sementes híbridas de berinjela em função do número de frutos por planta. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n.3, p. 461-466, 2013.

YAMADA, T. **Potássio: funções na planta, dinâmica no solo, adubos e adubação potássica**. Uberlândia: UFU, 1995.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral. In: LUIZ, W. C Ed. **Revisão manual de patologia de plantas**. v. 1, 1993. p 275-318.