

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS FERTIRRIGADO COM  
NITROGÊNIO EM DOURADOS, MS**

**PAULA ARIANA DA SILVA**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL**

**2014**

# **PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS FERTIRRIGADO COM NITROGÊNIO EM DOURADOS, MS**

**PAULA ARIANA DA SILVA**  
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. GUILHERME AUGUSTO BISCARO

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia agrícola, para obtenção do título de Mestre.

**Dourados**  
**MATO GROSSO DO SUL**  
**2014**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Central da UFGD, Dourados, MS, Brasil**

S586p Silva, Paula Ariana.  
Produção de brócolis fertirrigado com nitrogênio em  
Dourados,MS / Paula Ariana da Silva – Dourados-MS :  
UFGD, 2014.  
26 f.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)  
Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Brócolis – Produção. 2. Fertirrigado. I. Biscaro,  
Guilherme Augusto. II. Título.

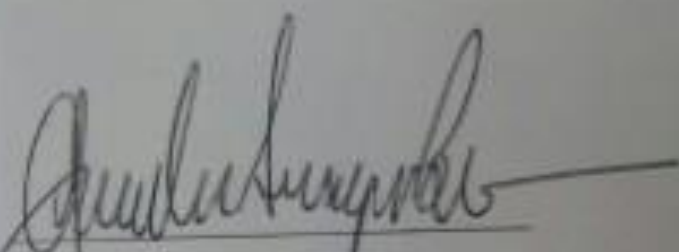
CDD: 635

# PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS FERTIRRIGADO COM NITROGÊNIO EM DOURADOS, MS

Paula Ariana da Silva

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

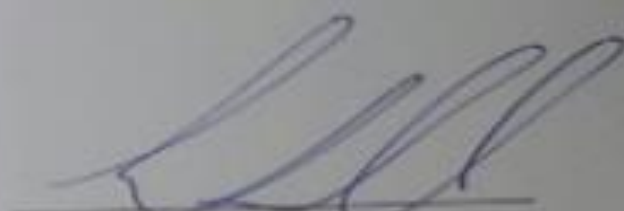
Aprovada em 05 de julho de 2014



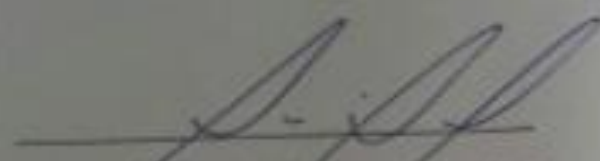
Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro  
Orientador - FCA - UFGD



Prof. Dr. Eder Pereira Gomes  
Membro da Banca - FCA - UFGD



Prof. Dr. Laércio Alves de Carvalho  
Membro da Banca - FCA - UFGD



Prof. Dr. Luciano Oliveira Geisenhoff  
Membro da Banca - FCA - UFGD

Aos meus pais, Belém Venício Pereira da Silva e Marilene Batista Pires  
Aos meus irmãos, Adriano e Ana Carolina, por todo apoio e companheirismo

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e por estar sempre me iluminando e protegendo nos momentos difíceis;

Aos meus pais, sem eles nada disso seria possível, meu grande exemplo de força e fé na vida, com eles aprendi enfrentar meus medos, correr atrás daquilo que sonho e conquistar o dom de recomeçar a cada dia, sem fraquejar;

À amiga Francielli Schwers, por ter tornado o desenvolvimento do trabalho muito mais divertido, pelas dicas e choques de realidade, por compartilhar comigo os medos, as dificuldades, bons momentos e os grandes aprendizados que o mestrado me trouxe;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro, por ter acreditado em mim e me apoiar durante todo período de trabalho;

Ao Prof. Dr. Luciano Oliveira Geisenhoff, pelas sugestões e por me passar um pouco do seu vasto conhecimento sobre a cultura do meu trabalho;

Ao Prof. Dr. Laércio Alves de Carvalho, pela presença na banca de defesa;

Ao Prof. Dr. Eder Pereira Gomes, pelas dicas sobre manejo de irrigação;

Aos técnicos dos laboratórios da Faculdade de Ciências Agrárias pelo apoio, e ajuda no desenvolvimento do trabalho;

Aos funcionários da área experimental de irrigação, em especial ao Sassá, por contribuir com bons resultados no período que o experimento estava no campo;

À Universidade Federal da Grande Dourados, por me proporcionar o título de mestre em Engenharia Agrícola;

## Sumário

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>15</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>21</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>22</b>

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Representação gráfica da estimativa da evapotranspiração de referência e de cultura e distribuição da irrigação e chuva durante o período do experimento. Dourados, MS, 2013.
- FIGURA 2. Diâmetro da cabeça do brócolis (cm) em função de nitrogênio aplicado via fertirrigação. Dourados, MS, 2013.
- FIGURA 3. Massa fresca da cabeça ( $\text{g planta}^{-1}$ ) em função de nitrogênio aplicado via fertirrigação. Dourados, MS, 2013.
- FIGURA 4. Massa seca da cabeça ( $\text{g planta}^{-1}$ ) em função de nitrogênio aplicado via fertirrigação. Dourados, MS, 2013.
- FIGURA 5. Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função de nitrogênio aplicado via fertirrigação. Dourados, MS, 2013.



## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1. Dados médios de temperatura máxima, mínima e média ( $T_x$ ,  $T_n$  e  $T_m$ ), umidade relativa do ar (UR), radiação solar global ( $R_s$ ), e precipitação pluviométrica (mm) referentes ao período 22 de outubro de 2012 a 30 de janeiro de 2013 em Dourados-MS.
- TABELA 2. Resultado da análise química do solo da área experimental, realizada antes do transplântio. Dourados, MS, 2013.
- TABELA 3. Parâmetros da equação de Van Genutchen, na área experimental.
- TABELA 4. Valores do coeficiente da cultura ( $k_c$ ) para o brócolis. Fonte: Doorenbos e Kassam (1979).
- TABELA 4. Resumo da ANOVA das variáveis altura da cabeça (AC), diâmetro da cabeça (DC), massa fresca da cabeça (MFC), massa seca da cabeça (MSC) e produtividade (PROD), em função das doses de nitrogênio. Dourados, MS, 2012.

## PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS FERTIRRIGADO COM NITROGÊNIO EM DOURADOS, MS

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi analisar os componentes de produção do brócolis fertirrigado com diferentes doses de nitrogênio, cultivado em Latossolo Vermelho distroférico, em Dourados, MS. O experimento foi realizado no período de outubro de 2012 a janeiro de 2013, na área Experimental de Irrigação e Drenagem, da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por seis doses de nitrogênio (0; 80; 160; 240, 320 e 400 kg ha<sup>-1</sup>), parcelados em 12 aplicações. Utilizou-se o híbrido de brócolis variedade “Avenger Sakata”. O manejo da irrigação foi realizado diariamente através da estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), baseado no método de Penman-Monteith. As fertirrigações foram realizadas por um sistema de recipiente pressurizado, sendo a injeção realizada por meio de diferencial de pressão. As características avaliadas foram: altura da cabeça, diâmetro da cabeça, massa fresca da cabeça, massa seca da cabeça e produtividade total. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e estudos de regressão. Conclui-se que para obter a máxima produtividade de brócolis nas condições testadas, é necessário a aplicação de 226,76 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio via fertirrigação.

**Palavras-chave:** *Brassica oleracea* L., ureia, manejo de irrigação.

## **PRODUCTION OF BROCCOLI FERTILIZED WITH NITROGEN IN DOURADOS, MS**

**ABSTRACT:** The aim was to analyze the production components broccoli fertilized with different nitrogen rates, grown in Oxisol in Dourados, MS, Brazil. The experiment was conducted between the period of October 2012 to January 2013 at the experimental field of Irrigation and Drainage, of the Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (Faculty of Agricultural Sciences, Federal University of Great Dourados). The experimental design was a randomized block with four replications. The treatments consisted of six concentrations of nitrogen (zero , 80, 160 , 240 , 320 and 400 kg ha<sup>-1</sup>), paid in 12 applications. We used the hybrid broccoli variety “Sakata Avenger“. The irrigation management was carried out by estimating daily reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>), based on the Penman- Monteith. The Fertirrigations performed by a pressurized container system, developed in Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, the injection being performed by means of differential pressure. This container was inserted the amount of nitrogen in the form of urea required according to each tratamento. The characteristics evaluated were: head height, head diameter, head fresh and dry weight of the head and yield. The data were submitted analysis of variance and regression studies. We conclude that for maximum yield of broccoli in the summer of Dourados, MS, is required to apply 226.76 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen fertigation.

**Key-words:** *Brassica oleracea* L., urea, irrigation management.

## 1. INTRODUÇÃO

O brócolis (*Brassica oleracea* L.) pertence à família das *Brassicaceae* e é originário da Europa e provavelmente também da Ásia Ocidental, sendo conhecido também como brócolos. É uma variedade botânica da mesma espécie que a couve primitiva e morfologicamente semelhante à couve-flor, especialmente na fase vegetativa e, na fase reprodutiva apresenta uma inflorescência central, compacta (tipo “cabeça”) de coloração verde-escura, formada por pequenos botões florais ainda fechados e pedúnculos tenros (FILGUEIRA, 2000).

A cultura do brócolis desenvolve satisfatoriamente em diferentes partes do mundo, mas temperaturas acima de 30°C podem provocar deformidades das cabeças em cultivares sensíveis a temperaturas altas, tornando a cultura de alto risco nessas condições (BJÖRKMAN; PEARSON, 1998). No Brasil, predominam as cultivares de outono-inverno (SONNENBERG, 1985), porém algumas cultivares têm sido recomendadas para temperaturas altas (GIORDANO, 1983), as quais possibilitam a ampliação das regiões de cultivo, épocas de plantio e período de oferta no mercado.

Entre todas as *Brassicaceae*, o brócolis se destaca por ser uma das mais ricas em proteínas, cálcio e pró-vitamina A (beta-caroteno) e vitamina C que se perde, em parte, durante o cozimento.

No Estado do Mato Grosso do Sul, destaca-se o cultivo do brócolis do tipo ramoso, sendo mínima a produção de brócolos tipo cabeça única. Dentre os vários fatores que influenciam negativamente na produção comercial e a qualidade dessa hortaliça, está a alta temperatura, que pode chegar a 32°C. Não há recomendações indicando cultivares mais produtivas para o cultivo nas condições edafoclimáticas do Estado (LALA et al., 2010). É uma cultura bastante exigente em água, sendo assim, o manejo adequado da água de irrigação é necessário para o controle rigoroso da umidade do solo e da evapotranspiração durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. Para tanto, é indispensável o conhecimento de parâmetros relacionados às plantas, ao solo e ao clima, para determinar o momento oportuno de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada (FARIA et al., 1998).

O brócolis demanda grande quantidade de nutrientes, principalmente nitrogênio e potássio que, além de estarem envolvidos na produção e qualidade, também

estão diretamente relacionados à severidade de diversas doenças, tanto na sua deficiência quanto no seu excesso (SEABRA JÚNIOR, 2005).

Uma forma eficiente de aplicação de fertilizante é a técnica de fertirrigação que visa à aplicação de fertilizantes via água de irrigação e abre novas possibilidades para melhorar o manejo de adubação e logo das necessidades nutricionais das culturas. A aplicação de nutrientes pode ser parcelada a cada irrigação, mantendo a concentração e distribuição de íons nutrientes no solo em níveis ideais e teoricamente disponíveis às culturas. O objetivo deste trabalho foi analisar os componentes de produção do brócolis fertirrigado com diferentes doses de nitrogênio, cultivado em Latossolo Vermelho distroférico, em Dourados, MS.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### A cultura do brócolis

Segundo Honma e Heeckt (1960) o gênero *Brassica* apresenta mais de cem espécies selvagens e cultivadas. Entre essas, seis espécies são as principais utilizadas na alimentação. A couve-folha, a couve-flor e o repolho foram as primeiras hortaliças, dentro da espécie, a serem introduzidas em cultivos. Já nos séculos XVIII, XIX e XX, a couve-flor, a couve-de-bruxelas e o brócolis encontravam-se cultivadas em vários países da Europa, fazendo da espécie um grupo de hortaliças dos mais importantes (NIEUWHOF, 1969).

O nome brócolis deriva do latim *brachium*, que significa braço ou broto. Na Itália, a expressão é utilizada para brássicas com ramos florais comestíveis, incluindo também repolhos e nabos. Era originalmente aplicada ao tipo de inflorescência “ramoso”, sendo hoje também aplicada ao tipo inflorescência “única”, os quais desenvolvem uma larga, única e terminal inflorescência. O brócolis com inflorescências verdes, roxas ou brancas (do tipo ramoso) se tornaram muito populares no norte da Europa no século XVIII. Brócolis com uma única inflorescência verde (calabrês; o nome foi dado devido a região da Calábria na Itália) foi introduzido nos EUA por imigrantes italianos durante o início do século XX, tornando-se uma hortaliça muito cultivada, espalhando-se posteriormente pelo mundo, voltando à Europa e indo para lugares como Japão e outros durante os últimos 50 anos (DIXON; DICKSON, 2006).

O brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) é planta semelhante à couve-flor, possui caule relativamente mais longo, com folhas de nervuras menos salientes e pedúnculos compridos e mais distanciados. Tem o capítulo central menos compacto, de coloração esverdeada, com emissão de numerosos rebentos nas axilas das folhas, que terminam em capítulos de flores imperfeitas (VIDIGAL; PEDROSA, 2007).

Quanto às exigências de clima e solo, as temperaturas ótimas para a maioria dos tipos de brócolis cultivados oscilam entre 20 e 24°C antes da emergência da inflorescência central (“cabeça”) e entre 15 e 18°C depois. O zero vegetativo para a espécie encontra-se nos 5°C. Suporta geadas fracas, entretanto se estas ocorrem quando a inflorescência está em crescimento ocorre o escurecimento das mesmas. O cultivo de brócolis a altas temperaturas, podem favorecer o desenvolvimento dos seus primórdios florais (STOPPANI et al., 2003). O ciclo apresenta quatro estádios: primeiro de zero a

30 dias após germinação (fase de muda); segundo, de zero a 30 dias após transplante, a fase de expansão e o desenvolvimento das folhas externas e terceiro e quarto estádios, respectivamente fase de diferenciação e desenvolvimento dos botões florais. O segundo e o terceiro estádios são de suma importância para se obter uma inflorescência de qualidade, porém, estes estádios podem variar com a cultivar, estresse de transplante e nutrição (KIMOTO, 1993).

O cultivo de brócolis de inflorescência única é uma atividade que vem sendo muito atrativa no Brasil, embora o mercado continue sendo abastecido também por produtos importados. Somente o produto fresco, encontrado em supermercados e feiras, é produzido no Brasil (MELO; GIORDANO, 1995).

No Brasil, o plantio de verão geralmente é problemático, devido ao excesso de chuvas e calor durante o ciclo, com maior incidência de pragas e doenças, especialmente na época da colheita. O produto final colhido sob essas condições tem aspecto comercial inferior, com cabeças menores, mais leves, de coloração mais clara, granulação maior, mais grossa, de pior textura e menor conservação pós-colheita (TAVARES, 2000). Um dos principais problemas enfrentados no Brasil para o cultivo do brócolis de inflorescência única é a falta de cultivares adaptadas ao clima tropical (MELO; GIORDANO, 1995). Assim, entende-se que o brócolis tem seu melhor desempenho em produtividade e melhor aspecto visual durante os meses de temperatura mais amena (TAVARES, 2000).

De acordo com SILVA (1997), embora o plantio de verão seja menos produtivo, a rentabilidade do cultivo nessa época é favorecida por preços mais altos em virtude da colheita ocorrer no período de entressafra.

### **Nitrogênio e fertirrigação**

O nitrogênio é considerado elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADPH, clorofila e proteínas (HARPER, 1994).

Geralmente no solo, o nitrogênio pode estar de duas formas mineral ou orgânica e a quantidade de nitrogênio orgânico é maior do que a de nitrogênio inorgânico (MELGAR et al., 1999). O nitrogênio disponível no solo é o resultado do balanço dos processos de microorganismos que atuam mineralizando o nitrogênio orgânico, de imobilização do nitrogênio mineral e da taxa de absorção pela planta. O

nitrogênio é nutriente essencial às plantas e sua carência é observada em quase todos os solos. O critério de identificação da deficiência de nitrogênio é o aparecimento de clorose generalizada das folhas, o que está relacionado à partição do nitrogênio na estrutura da molécula de clorofila (CARVALHO et al., 2003).

A eficiência da utilização do nitrogênio adicionado ao solo se refere ao grau de recuperação desse elemento pelas plantas, considerando as perdas que geralmente ocorrem. Normalmente, menos de 50% do nitrogênio aplicado sob a forma de fertilizante são utilizados pelas culturas (LIMA, 2013). O nitrogênio é perdido principalmente por meio da lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de  $N_2$ ,  $N_2O$  e outros óxidos de nitrogênio na atmosfera (ANGHINONI, 1986).

O fornecimento de doses adequadas de nitrogênio favorece o crescimento vegetativo, expande a área fotossinteticamente ativa e eleva o potencial produtivo da cultura. Todas as espécies são beneficiadas, porém as hortaliças herbáceas são aquelas nas quais o N apresenta efeito direto na produtividade, já que o produto é constituído por folhas, hastes tenras e inflorescências (ALBUQUERQUE FILHO, 2006). As culturas absorvem nitrogênio ao longo do ciclo cultural, porém é pequena a absorção na etapa inicial do desenvolvimento. Portanto, é prejudicial aplicar a quantidade total de N necessária por ocasião do plantio, uma vez que a eficiência na utilização pela planta aumenta parcelando-se a aplicação (FILGUEIRA, 2003).

O nitrogênio é o nutriente mais utilizado na agricultura mundial e tem sido alvo de várias pesquisas. O manejo de sua utilização é muito complexo, devido a fatores relacionados ao custo e à eficiência de algumas fontes. As fontes amoniacais são acidificantes e as nítricas são alcalinizantes e apresentam custo mais elevado, embora prontamente absorvidos pelas plantas. Já a forma amídica é a mais barata e acidificante, apesar de inicialmente elevar o pH do solo (MENEZES, 2004).

De acordo com Carrijo et al. (2004) o excesso de nitrogênio provoca desequilíbrio entre o crescimento da parte aérea e a porção radicular, assim como o aborto de flores, alongamento do ciclo vegetativo, maior sensibilidade a doenças e menor produtividade, devido ao excesso de sais no solo.

A adubação via água de irrigação, denominada de fertirrigação, vem contribuindo significativamente no aumento de produtividade, na melhoria da qualidade dos frutos, na redução de mão-de-obra, do consumo de energia e dos gastos com equipamentos, e na maior eficiência na utilização de nutrientes (COSTA et al., 1986), principalmente os nutrientes móveis, como o nitrogênio.



Uma das condições básicas para o adequado fornecimento de fertilizantes via água de irrigação é que o sistema esteja adequadamente dimensionado e que a água seja aplicada de forma homogênea em toda a área de cultivo. A desuniformidade na aplicação de água pode ocasionar variações nas quantidades aplicadas de fertilizantes e, conseqüentemente, zonas de fertilização diferenciadas dentro da mesma área de produção (VILLAS BÔAS, 2001).

O manejo da fertirrigação compreende três etapas, sendo a primeira referente à aplicação de uma fração da lâmina de irrigação, a fim de permitir que a frente de molhamento atinja determinada profundidade; na segunda etapa aplicam-se os fertilizantes dissolvidos na água de irrigação; e a terceira consiste em nova aplicação de água, para lavar o sistema e transportar os nutrientes até a zona de máxima densidade de raízes (FRIZZONE et al., 1985; CARRIJO et al., 1999).

Blanco e Folegatti (2002) enfatizaram que para se realizar uma fertirrigação eficiente, é necessário um equilíbrio entre a quantidade de nutrientes e a quantidade de água a ser aplicada durante cada fase do ciclo da cultura, o que determina a concentração de fertilizantes na água de irrigação; por sua vez, esta concentração deve ser suficiente para proporcionar a absorção dos nutrientes nas quantidades requeridas pelas plantas, sem causar o acúmulo de fertilizantes no solo, o que poderia resultar em salinização e, conseqüentemente, na redução da produtividade.

O fornecimento correto de água e nutrientes resulta em uma melhor eficiência no uso da água e fertilizantes, evitando situações de estresse e favorecendo controle da produção (RAVIV; BLOM, 2001).

### **Manejo de irrigação**

Na agricultura, a irrigação é fundamental para eliminar o risco de deficiência hídrica nos cultivos, aumentar a produtividade, garantir a produção de alimentos e intensificar o uso da terra. Por outro lado, a elevada demanda de água em projetos de irrigação no Brasil exige racionalização no seu uso por meio de alternativas que proporcionem maior eficiência no uso da água (RASSINI, 2002). Vários fatores referentes ao solo, à planta e à atmosfera interagem entre si, determinando a produtividade das culturas agrícolas. Certamente existe uma relação funcional entre esses fatores e a produção das culturas, características de cada condição ambiental. A resposta das culturas à irrigação pode variar em diferentes solos, climas e também em

decorrência da quantidade e frequência de aplicação de água. O efeito da água na produção pode ainda interagir com fertilizantes e uma série de outros insumos (FARIA, 1998).

Para Mantovani et al. (2006), mesmo considerando a melhoria dos sistemas modernos de irrigação, com maior eficiência de distribuição da água nas mais diversas situações, a falta de um programa de manejo pode levar tudo a perder, seja pela aplicação de água em excesso (mais comum) ou pela sua falta, antes ou depois do momento adequado em cada fase da cultura.

Dentre os estudos que necessitam da disponibilidade de dados climáticos, a estimativa da evapotranspiração das culturas requer atenção especial, sendo de extrema importância, especialmente para a irrigação. Os métodos de estimativa da evapotranspiração estão divididos em métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos estimam a evapotranspiração potencial diretamente por meio de lisímetros, balanço hídrico e controle de umidade no solo, sendo métodos difíceis e onerosos, pois exigem equipamentos e instalações especiais e os instrumentos são de alto custo, justificando-se apenas em condições experimentais (PEREIRA et al.1997). A utilização de lisímetros envolve medições de toda entrada e saída de água, de um volume de solo isolado hidrologicamente, com sua superfície vegetada ou não. Esta saída e entrada do fluxo de água podem ser representadas pela equação do balanço hídrico:  $P + I = E_{To} + D + \Delta w$ , onde: P = Precipitação, I = Irrigação,  $E_{To}$  = Evapotranspiração de referência, D = Drenagem profunda e  $\Delta w$  = Mudança no armazenamento de água no solo (ABOUKHALED et al., 1982).

Os métodos indiretos estimam a evapotranspiração da cultura em função da evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) e do coeficiente da cultura ( $k_c$ ). Este método, no entanto, necessita do conhecimento das variáveis climáticas, por meio de modelos que estimam a  $E_{To}$  (PEREIRA et al.,1997).

O coeficiente de cultura ( $k_c$ ) é a relação entre a evapotranspiração máxima ( $E_{Tm}$ ) e a evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ).  $E_{Tm}$  é a perda de água para a atmosfera por evaporação e transpiração de uma cultura, em condições ótimas de população de plantas, fertilidade e disponibilidade de água no solo, com determinada bordadura e condições atmosférica típicas, em qualquer estágio de desenvolvimento.  $E_{To}$  é a evapotranspiração ocorrente em uma superfície vegetada com grama batatais (*Paspalum notatum* Flüggé) bem provida de água, em fase de desenvolvimento ativo e com bordadura adequada (MOREIRA et al., 1999).

A estimativa da evapotranspiração da cultura se faz necessário para um bom manejo da irrigação, pois ela indicará quanto e quando deverá ser realizada a irrigação (MANTOVANI et al., 2006).

O sistema de irrigação por tensiometria é realizado com aparelhos chamados de tensiômetros que, colocados na zona mais ativa das raízes e em pontos representativos da área, determinam diretamente a tensão de retenção de água no solo e indiretamente a umidade do solo através de curva de retenção de água (FARIA, 1989). 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).

Devido uma série de sistemas de irrigação, Gomes et al. (2003), enfatizaram que a irrigação por gotejamento pode ser uma alternativa viável, devido à possibilidade de se trabalhar em locais com pouca disponibilidade hídrica, requerer menor custo de energia associado com bombeamento, apresentar potencial para minimizar os impactos negativos da irrigação sobre o solo e facilitar o uso da fertirrigação. Por outro lado, a irrigação por sulcos, ainda muito utilizada no Brasil, é considerada de baixa eficiência por ser manejada de forma incorreta, com alto potencial para causar impactos ambientais (CAMPOS; TESTEZLAF, 2003)

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área Experimental de Irrigação da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados, MS, cujas coordenadas são 22° 11'45" S e 54°55'18" W, com altitude de 446 m, no período de outubro de 2012 a janeiro de 2013. O clima local, segundo Köppen, é do tipo Cwa mesotérmico úmido com precipitação média anual de 1500 mm e a temperatura média anual de 22°C. Os dados climáticos são provenientes da estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Dourados-MS, consistindo de dados diários de precipitação pluvial, temperatura máxima, mínima, umidade relativa do ar e radiação solar global, entre 22 de outubro de 2012 a 30 de janeiro de 2013 (Tabela 1).

**TABELA 1.** Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (T1, T2 e T3), umidade relativa do ar (UR), radiação solar global (Rs), e precipitação pluviométrica (mm) referentes ao período de 22 de outubro de 2012 a 30 de janeiro de 2013 em Dourados-MS.

Dia/Mês/Ano	T1	T2	T3	URm	Rs	Chuva
	°C			%	MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>	mm
22/10/2012	35,84	21,14	28,49	59,15	23,69	0,00
01/11/2012	30,96	20,09	25,53	71,65	19,49	59,80
11/11/2012	32,61	20,53	26,57	58,50	26,00	0,00
21/11/2012	32,34	20,95	26,65	68,10	25,57	47,80
01/12/2012	32,20	20,99	26,60	67,20	29,64	1,40
11/12/2012	32,43	20,95	26,69	71,20	27,81	35,80
21/12/2012	31,16	20,91	26,04	73,45	20,68	47,60
31/12/2012	30,68	20,94	25,81	74,05	23,99	46,60
10/01/2013	32,15	19,84	26,00	65,65	25,90	7,40
20/01/2013	33,50	20,82	27,16	57,95	25,95	0,40
30/01/2013	32,84	20,18	26,51	67,56	24,03	0,00
Média	32,43	20,67	26,55	66,77	24,80	-

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), com as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm (Tabela 2).

De acordo com os resultados da análise de solo e mediante as recomendações da 5ª aproximação (ALVAREZ et al. 1999), foi efetuado a calagem trinta dias antes do plantio, utilizando calcário dolomítico, comequivalente a 1,80 t ha<sup>-1</sup>, para elevar a saturação de base a 80%. Para adubação de base foi adicionado 100 kg ha<sup>-1</sup>

de fósforo, utilizando-se como fonte o superfosfato simples (18% de  $P_2O_5$ ), e 60 kg  $ha^{-1}$  de potássio, por meio do cloreto de potássio (60% de  $K_2O$ ).

**TABELA 2.** Resultados da análise química do solo da área experimental, realizada antes do transplante. Dourados-MS, 2013.

pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V(%)
CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	.....	.....	.....	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....	.....	.....	.....	.....
5,30	28,15	0,25	0,00	9,51	3,25	4,96	13,01	17,97	72,40

A adubação de plantio foi efetuada com apenas 30% do potássio recomendado (cloreto de potássio), aplicados quinze dias antes do transplante das mudas junto com 100% de  $P_2O_5$ . Os 70% do cloreto de potássio restante foram aplicados em cobertura juntamente com o nitrogênio. A quantidade de nitrogênio utilizada no experimento foi parcelada em 12 fertirrigações, com intervalos de 07 dias entre cada fertirrigação.

As fertirrigações foram realizadas por um sistema de recipiente pressurizado, sendo a injeção realizada por meio de diferencial de pressão redirecionando o fluxo da água.

O preparo do solo, foi realizada com uma aração, uma gradagem leve e a eliminação das plantas daninhas, posteriormente, as covas foram formadas com dimensão de 0,2 m x 0,3 m x 0,3 m.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, constituído por seis tratamentos, com quatro blocos. Os tratamentos corresponderam a seis doses de nitrogênio (0, 80, 160, 240, 320 e 400 kg  $ha^{-1}$ ) parceladas em 12 aplicações, utilizando como fonte de nitrogênio a ureia (45% de N).

As parcelas experimentais consistiram de 24 plantas distribuídas em 3 linhas (8 plantas por linha) com 5,6 m de comprimento. Com espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1 m entre linhas, sendo que a área útil correspondia a seis plantas centrais de cada parcela. Como área útil da parcela, foram consideradas as seis plantas centrais, permanecendo as das extremidades como bordaduras.

Utilizou-se o híbrido de brócolis variedade “Avenger Sakata” que apresenta um ciclo de 100 a 110 dias, com coloração das folhas verde esverdeado intenso, formato arredondado e pouca brotação lateral, sendo considerado brócolis de cabeça única. As mudas foram produzidas em bandejas de isopor com 128 células, usando-se substrato

comercial vida verde, e foram transplantadas no dia 22/10/2012 para as covas, quando apresentavam entre quatro a cinco folhas de aproximadamente 10 cm de comprimento.

Utilizou-se o método de irrigação localizada, sistema de gotejamento, com mangueira gotejadora da marca PETRODRIP®, modelo Manari, com espaçamento de 20 cm entre emissores, vazão de 1,5 L h<sup>-1</sup>, com pressão de serviço de 10 m c.a., sendo instalada uma linha de irrigação para cada linha de cultivo.

Para o cálculo da lâmina de irrigação, utilizou-se como critério a água facilmente disponível para irrigação localizada (AFD<sub>Loc</sub>; 15,87 mm), sendo calculada conforme a Equação 1.

$$AFD_{Loc} = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) Z \cdot p, PAM - 100.$$

(01)

Em que,

$\theta_{cc}$  - umidade do solo na capacidade de campo (0,3896 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>; tensão a -10 kPa,);

$\theta_{pmp}$  - umidade do solo no ponto de murcha permanente (0,2133 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>; tensão a 1500 kPa,);

Z - profundidade do sistema radicular (400 mm);

“p” - fator de depleção de água no solo (0,45) recomendado por Allen et al. (1998);

PAM - Porcentagem da área molhada (50%).

O manejo da irrigação foi baseado nas condições do clima, sendo realizado diariamente através da estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), utilizando a equação de Penman-Monteith, conforme Allen et al. (1998) (Equação 2).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left( \frac{900 U_2}{T_m + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (02)$$

em que,

ET<sub>o</sub> = evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>);

R<sub>n</sub> = saldo de radiação (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

G = fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>);

$\Delta$  = declinação da curva de saturação do vapor da água (kPa °C<sup>-1</sup>);

U<sub>2</sub> = velocidade média do vento a 2 m acima da superfície do solo (m s<sup>-1</sup>);

T<sub>m</sub> = temperatura média do ar (°C);

e<sub>s</sub> = pressão de saturação de vapor (kPa);

e<sub>a</sub> = pressão atual de vapor (kPa);

$\gamma$  = constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>).

A Evapotranspiração da cultura (ETc) foi estimada de acordo com a Equação 3, seguida de adaptações para irrigação localizada calculada de acordo com Equação 4 (Bernardo et al., 2008):

$$ETc = ETo kc \quad (03)$$

Em que:

kc = coeficiente de cultura, apresentado na Tabela 3.

**TABELA 3.** Valores de coeficiente da cultura (kc) para o brócolis. Fonte: Doorenbos e Kassam (1979).

Fase	kc <sup>(1)</sup>
I (fase vegetativa)	0,30-0,70
II (floração)	0,70-0,95
III (frutificação)	0,95-1,05
IV (senescência)	1,05-0,70

<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>.

$$ETc_{Loc} = ETc k_L \quad (04)$$

Em que:

ETc<sub>Loc</sub> - evapotranspiração da cultura conforme o método de irrigação localizada (mm dia<sup>-1</sup>);

k<sub>L</sub> - fator de correção (ad) conforme o método de irrigação localizada, estimado de acordo com a Equação 5 de Keller e Bliesner, descrito em Bernardo et al. (2008).

$$k_L = 0,1 \sqrt{PAM} \quad (05)$$

O momento da irrigação, procedeu com turno rega variável, sendo que a reposição de água, ocorria quando o acúmulo da ETc<sub>Loc</sub> entre os dias, era no máximo a AFD<sub>Loc</sub> (15,87 mm). Logo, na prática a irrigação era realizada sempre com a somatória da ETc<sub>Loc</sub> abaixo da AFD<sub>Loc</sub>, estabelecendo assim, a água facilmente disponível atual para irrigação localizada (AFDa<sub>Loc</sub>).

A lâmina bruta foi calculada de acordo com a Equação 6.

$$LB = \frac{AFDa_{Loc}}{Ef} \quad (06)$$

Em que:

LB - lâmina bruta de irrigação (mm);

Ef - eficiência do sistema de irrigação por gotejamento (0,95).

Diante disso, o tempo de irrigação foi calculado conforme a Equação 7.

$$T_i = 0,001 \frac{LB (E_{LL} \times E_A)}{0,95 Q n} \quad (07)$$

Em que:

Ti – tempo de irrigação (h);

LB – Lâmina bruta (mm);

E<sub>LL</sub> – espaçamento entre linhas de plantas (m);

E<sub>A</sub> – espaçamento entre planta (m);

Q – vazão (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>);

n – número de emissores.

O suprimento de água do sistema proveio de um reservatório de 15 m<sup>3</sup> mantido no nível máximo, abastecido de forma contínua. A pressão constante de 10 mca, fornecida por uma motobomba, foi mantida para as linhas de todo o sistema, enquanto se fazia a fertirrigação.

A colheita foi realizada entre 85 e 99 DAT. Após a colheita, foram avaliadas as seguintes variáveis:

#### **Altura média da inflorescência**

Foi determinada no momento da colheita com ajuda de uma régua graduada em centímetros. Os dados foram expressos em centímetros (cm).

#### **Diâmetro médio da inflorescência**

Foi determinado no momento da colheita com ajuda de uma régua graduada em centímetros. Mediram-se dois diâmetros perpendiculares e determinou-se a média que foi considerada como diâmetro da inflorescência. Os dados foram expressos em centímetros (cm).

#### **Massa fresca total das inflorescências**

No momento da colheita, após a separação da inflorescência com as demais partes da planta, pesou-se 6 inflorescências por área útil em balança analítica e obteve-



se o valor médio por repetição do tratamento, determinando-se desta forma a massa fresca total das inflorescências. Os dados foram expressos em gramas ( $\text{g planta}^{-1}$ ).

#### **Massa seca total das inflorescências**

A massa seca das inflorescência das plantas foi obtida após estas serem cuidadosamente arrancadas, lavadas em água corrente e armazenadas em estufa de circulação de ar forçada até atingirem peso constante à temperatura de  $65^{\circ}\text{C}$ . Os dados foram expressos em gramas ( $\text{g planta}^{-1}$ ).

#### **Produtividade total**

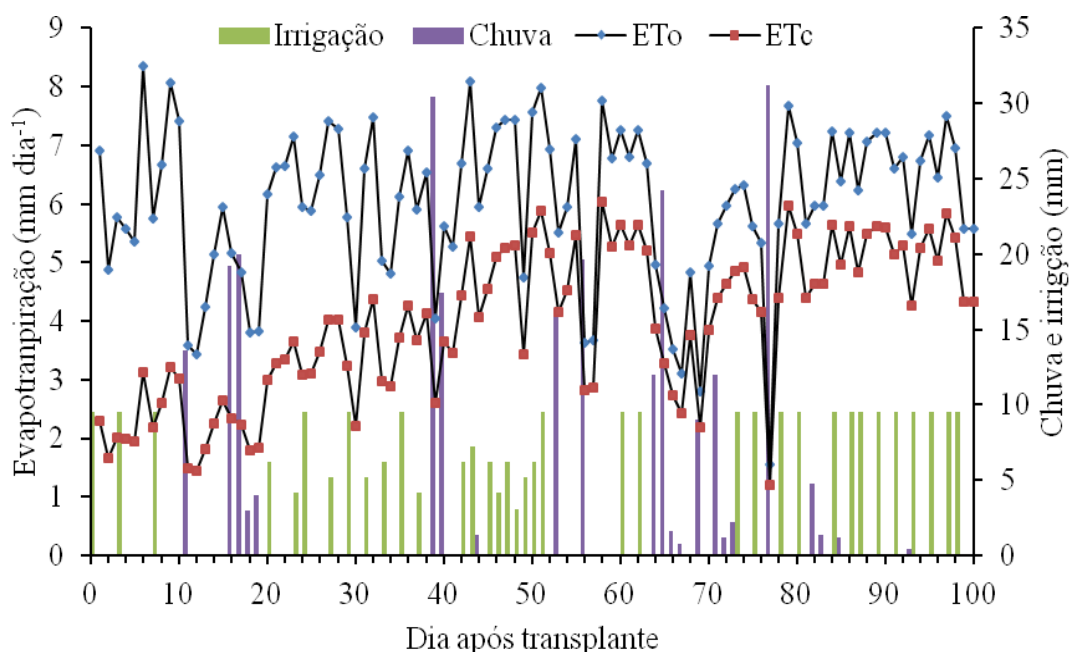
Estimou-se a população de plantas que teria em um hectare (20.000 plantas), a partir da dimensão da parcela e do espaçamento utilizado na cultura de brócolis. Tendo essa população e a massa fresca total das inflorescências, estimou-se a produtividade total das inflorescências. Os dados foram expressos em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### **Análise dos Dados**

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância, quando as mesmas foram significativas no nível de 5% de probabilidade foi realizado estudos de regressão, utilizando-se o software SAS 9.0.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, verifica-se que a maior ETc (6,04 mm dia<sup>-1</sup>) foi encontrada aos 58 DAT, no qual o brócolis encontrava-se no estágio de florescimento. Percebe-se que a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) apresentou no decorrer do ciclo do brócolis grandes variações com altos picos de evapotranspiração. Durante todo período de avaliação, ou seja, do transplante das mudas até o momento da colheita a cultura do brócolis evapotranspirou 393,4 mm. Foi necessário a realização de 36 irrigações com lâmina média de irrigação na ordem de 7,92 mm com total de 284,95 mm. A chuva contribui neste período com 246,8 mm, totalizando a lâmina aplicada de 531,75 mm. A diferença entre a lâmina total aplicada (chuva + irrigação) e quantidade evapotranspirada pela planta foi de 138,35 mm. Isso ocorre pois em muitos momentos quando se procedeu à irrigação, no dia anterior houve chuva e, como foi adotado a água facilmente disponível como a fração de água aproveitada pelo brócolis a irrigação era sempre efetuada com lâmina próxima de 9,52 mm.



**FIGURA 1.** Representação gráfica da estimativa da evapotranspiração de referência e de cultura e distribuição da irrigação e chuva durante o período do experimento. Dourados, MS, 2013.

Em experimento realizado por Tangune (2012), no Município de Lavras, MG, a lâmina total aplicada na cultura do brócolis mantendo a tensão de água no solo com valor máximo de 15 kPa, foi de 451,6 mm.

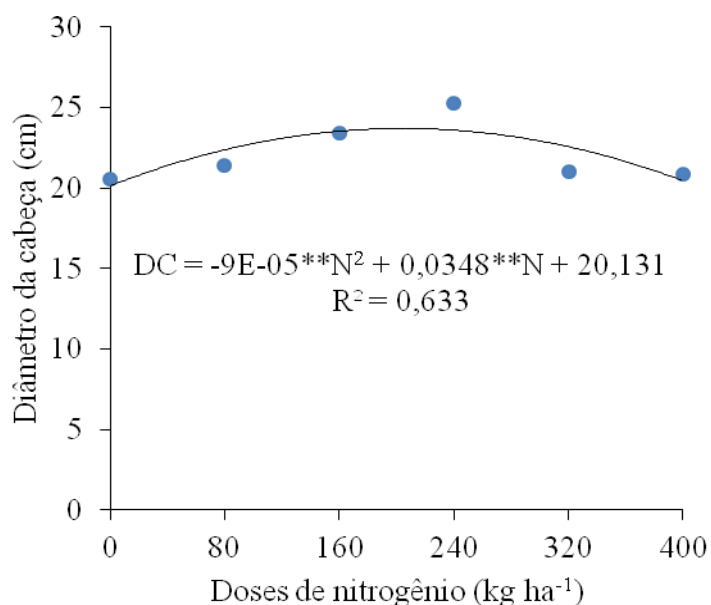
Diante do resumo da análise de variância (Tabela 4), verificou-se que as variáveis diâmetro da cabeça (DC), massa fresca da cabeça (MFC), massa seca da cabeça (MSC) e produtividade (PROD) foram influenciadas pelas doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação. Independentemente da quantidade de nitrogênio aplicado em cobertura, a variável altura da cabeça da inflorescência (AC), não foi influenciado. O coeficiente de variação (CV) encontra-se na Tabela 4.

**TABELA 4.** Resumo da ANOVA das variáveis altura da cabeça (AC), diâmetro da cabeça (DC), massa fresca da cabeça (MFC), massa seca da cabeça (MSC) e produtividade (PROD), em função das doses de nitrogênio. Dourados, MS, 2012.

FV	GL	AC	DC	MFC	MSC	PROD
Bloco	3	0,408 <sup>ns</sup>	7,057 <sup>ns</sup>	6669,243 <sup>ns</sup>	93,280*	2667697 <sup>ns</sup>
Nitrogênio	5	2,125 <sup>ns</sup>	14,068**	14437,274**	59,937*	5774909**
Resíduo	15	1,525	3,103	2621,232	19,189	1048492
CV (%)	-	9,15	7,97	11,93	10,86	11,93

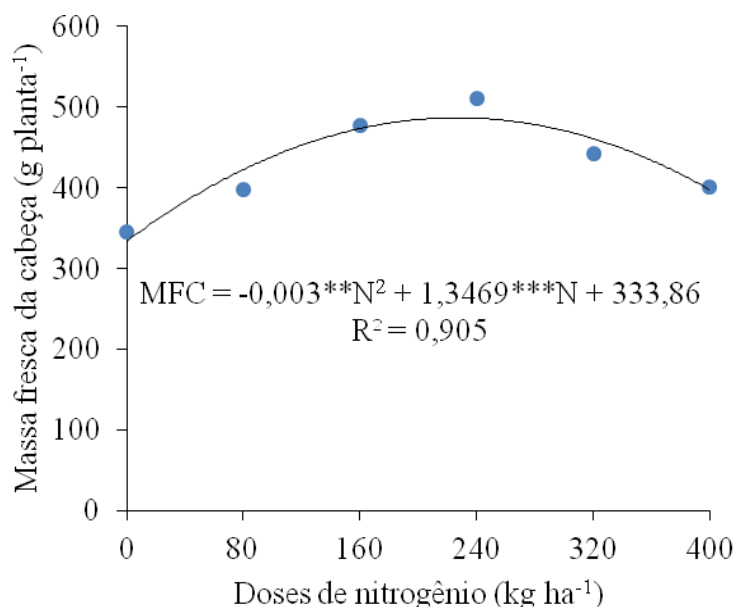
<sup>ns</sup> não significativo; \*,\*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste F.

O modelo de regressão linear não foi significativo para explicar o comportamento do diâmetro da cabeça da inflorescência do brócolis diante da aplicação das doses de nitrogênio, sendo que, o melhor ajuste foi com o modelo de regressão quadrático, no qual, a distribuição dos valores de DC ao acaso em função das doses de nitrogênio pode ser descrito pela equação  $DC = 0,00005N^2 + 0,0348N + 20,131$ , com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 63% e, probabilidade de do teste t de 1% para os coeficientes de regressão do modelo (Figura 2). Esse modelo revelou que o DC máximo foi de 25,00 cm com a aplicação de estimada de nitrogênio de 193,33 kg ha<sup>-1</sup>. Outro fato que deve se ressaltado foi à dose de nitrogênio de 400 kg ha<sup>-1</sup>, ter apresentado valor de DC na ordem de 20,85 cm, valor no qual foi bastante próximo da dose de nitrogênio zero (20,55 cm).



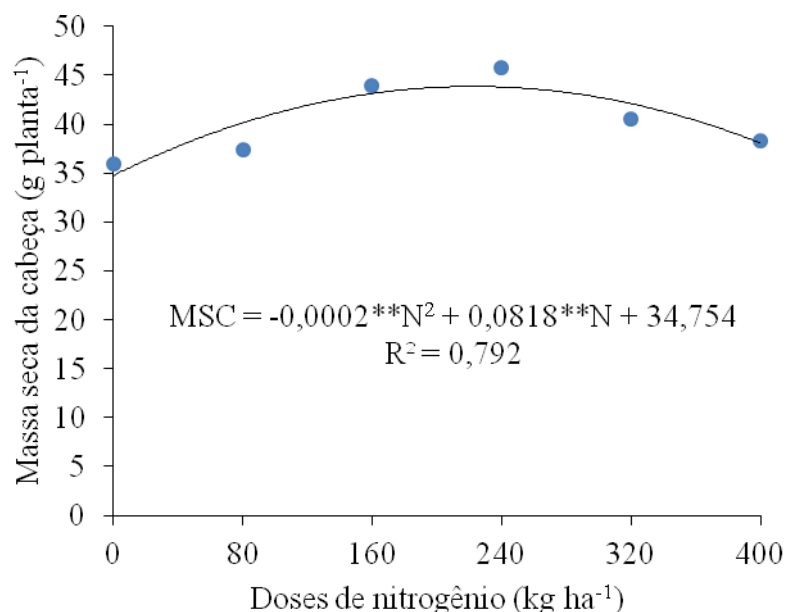
**FIGURA 2.** Diâmetro da cabeça do brócolis (cm) em função de nitrogênio aplicado via fertirrigação. Dourados, MS, 2013. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

A MFC relacionou-se de forma quadrática com os níveis de nitrogênio em fertirrigação, sendo que seus coeficientes obtiveram significância de 1% e 0,01% de probabilidade (Figura 3). Observou-se que com a ausência da aplicação de nitrogênio a MFC foi de 344,95 g planta<sup>-1</sup>, aumentando significativamente até a dose de nitrogênio de 240 kg ha<sup>-1</sup>, com média de 511,13 g, sendo que a dose estimada pelo modelo matemático que favoreceu o maior valor de MFC foi a 224,48 kg ha<sup>-1</sup>, com MFC de 485,04 g planta<sup>-1</sup>. Com a dose máxima estimada o valor de MFC foi 28,88% mais produtivo que a dose zero de nitrogênio.



**FIGURA 3.** Massa fresca da cabeça (g planta<sup>-1</sup>) em função de nitrogênio aplicado via fertirrigação. Dourados, MS, 2013. \*\*, \*\*\* significativo a 1% e 0,01% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

Os médios de MSC não ajustaram ao modelo de regressão linear em função das doses de nitrogênio estudada. A MSC foi considerada quadrática com as doses de nitrogênio em fertirrigação, sendo que seus coeficientes obtiveram significância de 1% de probabilidade pelo teste e modelo com precisão de 79,2% (Figura 4). Verificou-se que a dose de nitrogênio 80 kg ha<sup>-1</sup>, propiciou valor médio de MSC muito próximo da dose 80, 320 e 400 kg ha<sup>-1</sup>. As doses que contribuíram para os maiores valores de MSC foi entre 160 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Observou-se que com a ausência da aplicação de nitrogênio a MSC foi de 35,93 g planta<sup>-1</sup>, aumentando significativamente até a dose de nitrogênio próxima de 240 kg ha<sup>-1</sup>, que apresentou média de 511,13 g planta<sup>-1</sup>, no entanto a dose estimada pelo modelo matemático que favoreceu o maior valor de MFC foi a dose de nitrogênio de 204,5 kg ha<sup>-1</sup>, com MFC de 43,12 g planta<sup>-1</sup>. Com a dose máxima estimada o valor de MFC foi 16,69%; 13,15%; 5,90% e 11,24% mais produtivo, que a dose zero 80, 320 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

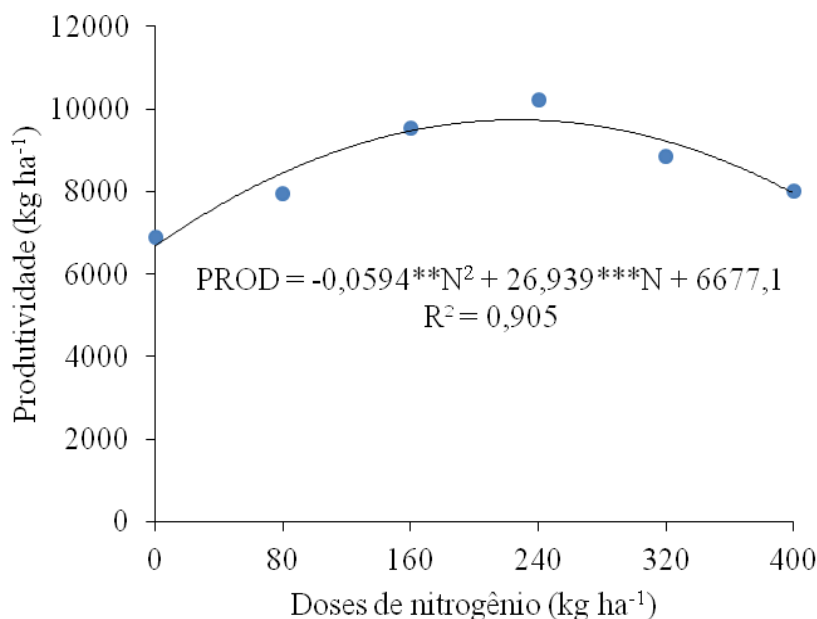


**FIGURA 4.** Massa seca da cabeça (g planta<sup>-1</sup>) em função de nitrogênio aplicado via fertirrigação. Dourados, MS, 2013. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

A produtividade relacionou-se de forma quadrática com os níveis de nitrogênio em fertirrigação, sendo que seus coeficientes obtiveram significância de 1% e 0,01% de probabilidade (Figura 5). Observou-se que sem a aplicação de nitrogênio em cobertura a MFC foi de 6899,00 kg ha<sup>-1</sup>, aumentando linearmente até a dose de nitrogênio próxima de 240 kg ha<sup>-1</sup>, no qual, a dose estimada pelo modelo matemático  $PROD = -0,0594N^2 + 26,939N + 6677,1$  que favoreceu o maior valor de MFC foi a 226,76 kg ha<sup>-1</sup>, com MFC de 9731,43 kg ha<sup>-1</sup>. Observou-se que com a aplicação das doses de nitrogênio de 160 e 240 kg ha<sup>-1</sup>, o brócolis apresentou as produtividades. A aplicação de nitrogênio acima de 240 kg ha<sup>-1</sup> em Latossolo Vermelho distroférico acarretou prejuízos a produtividade, talvez por acarretar deficiência no balanço nutricional de outros nutrientes na planta de brócolis.

Segundo Camargo et al. (2008) a dose de 270 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio proporcionou máxima massa por planta e produtividade total, com valores de, respectivamente, 0,850 kg e 12000 kg ha<sup>-1</sup>. Sturmer et al.(2002), por sua vez, estudando doses de nitrogênio de zero; 95; 190 e 380 kg ha<sup>-1</sup> em couve-flor Verona, em solo tipicamente arenoso, obtiveram 14000 kg ha<sup>-1</sup> de produtividade, com aplicação de 190 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Essas doses de N da literatura e do presente trabalho para máxima produtividade são condizentes com aquelas recomendadas por Trani et al.(1997), visto

que as doses da adubação de cobertura utilizadas não foram subestimadas para obtenção de alta produtividade no experimento realizado.



**FIGURA 5.** Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) em função de nitrogênio aplicado via fertirrigação. Dourados, MS, 2013. \*\*, \*\*\* significativo a 1% e 0,01% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

Mello et al. (2009) estudando a produtividade da couve-flor no verão e com um material mais precoce, não observaram diferença na massa média de “cabeça” com doses de nitrogênio em cobertura variando de 100 a 250 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo Raij et al. (1996) a dose recomendada é de 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, podendo neste trabalho ter seu potencial produtivo aumentado com a aplicação de doses de nitrogênio superiores ao recomendado para o Estado de São Paulo. Segundo Kano et al. (2010) enfatizaram que dose recomendada pode não ser a ideal para todas as condições de cultivo, devido a cultura originalmente adaptada ao cultivo de outono-inverno. Para estas condições ideais pode haver a necessidade de maiores quantidades de nutrientes para se obter o máximo desenvolvimento das “cabeças”.

## **5. CONCLUSÕES**

Para obter a máxima produtividade de brócolis no período da condução do experimento foi necessário a aplicação de 226,76 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio via fertirrigação.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOUKHALED, A., ALFARO, A., SMITH, M. **Lysimeters**. Rome. FAO. 1982. 68p. (Irrigation e Drainage, paper: 39).
- ALBUQUERQUE FILHO, J.A.C. **Eficiência do uso da água no cultivo do coentro e dasalsa na presença de um polímero hidroabsorvente**.2006. 107f. (Doutorado em Recursos Naturais). Campina Grande, PB, UFCG, 2006.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**.Roma: FAO, 1998. 301p.
- ALVAREZ V., V.H. & RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO,A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds.**Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5a aproximação. Viçosa, MG, CFSEMG, 1999. 359p.
- ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M. B. M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. Cap. 1. p. 1-18.
- BJÖRKMAN, T.; PEARSON, K.J. High temperature arrest of inflorescence development in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.49,n.318, p.101-106, 1998.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8º.ed. UFV, 2008. 625p.
- BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 251-255, 2002.
- CAMARGO, M.S.; MELLO, S.C.; FOLTRAN, D.E.; CARMELLO, Q.A.C. Produtividade e podridão parda em couve-flor de inverno influenciadas pelo nitrogênio e boro.**Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.371-375, 2008.
- CARRIJO, O.A.; SOUZA, R.B. de; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE. R. J. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA, 2004. (Circular técnica, 32).
- CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.A.R.F.; SÁ, M.F.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 445-450, 2003.
- COSTA, E.F.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.63- 69, 1986.
- DIXON, G.R.; DICKSON, M.H. **Vegetable brassicas and related Crucifers**. Crop Production Science in Horticulture Series 14. Wallingford: CABI, 2006.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FARIA, M. A. et al. Simpósio: Manejo de irrigação. In: SILVA, W. L. C. e MAROUELLI, W. A. **Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos**. Poços de Caldas, MG, 1998, cap. 5, p. 311-348.

FARIA, M. A. et al. Simpósio: Manejo de irrigação. In: FRIZZONE, J. A. **Função de produção**. Poços de Caldas, MG, 1998, cap. 1, p. 86-116.

FARIA, R. T. Irrigação. In: CARVALHO, S. M. **O feijão no Paraná**, IAPAR, Londrina, c. 10, 1989. p.146-165.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2003. 402p.

FRIZZONE, J. A.; ZANINI, J. R.; PAES, L. A. D.; NASCIMENTO, V. M. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira, Universidade Estadual de São Paulo, 1985. 31p.

GENUCHTEN, M. Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of insaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.41, p.892-8, 1980.

GIORDANO, L. de B. Melhoramento de brássicas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.98, p.16-20, 1983.

GOMES, E. P.; MARQUES, S. R.; CAMPOS M. A.; BERTOLUCI, A. C. F.; MATSURA, E. E. **Avaliação da uniformidade de irrigação por gotejamento na cultura de tomate de mesa**. Worksop tomate na Unicamp: perspequitivas e pesquisas. Campinas, 28 de maio de 2003.

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K. J.; BENNETT. J. M.; SINCLAIR, T. R. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. Chapt.11A. p. 285-302.

HONMA, S., HEECKT, O. Results of crossing *brassica pekinensis* (Lour.) Rupr. with *B. oleracea* L. var. *acephala* Dc.1) **Euphytica**, v.9, p.243-46, 1960.

KANO C.; SALATA A.C.; CARDOSO A.I.I.; EVANGELISTA R.M.; HIGUTI A.R.O.; GODOY A.R. Produção e qualidade de couve-flor cultivar Teresópolis Gigante em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 28: p. 453-457, 2010.

KIMOTO, T. Nutrição e Adubação de repolho, couve-flor e brócolis. In: Nutrição e adubação de hortaliças. Jaboticabal, 1993. **Anais...Jaboticabal**, UNESP. p.149-178, 1993.

LALLA J.G.; LAURA V.A.; RODRIGUES A.P.D.C.; SEABRA JÚNIOR S.; SILVEIRA D.S.; ZAGO V.H.; DORNAS M.F. Competição de cultivares de brócolos tipo cabeça única em Campo Grande. **Horticultura Brasileira**v. 28, p. 360-363, 2010.

LIMA, C.J.G.S. **Manejo da fertirrigação no cultivo de roseiras em ambiente protegido**. 2013. 168.f. (Doutorado em Irrigação e Drenagem). Piracicaba, SP. ESALq-USP. 2013.

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

MELGAR, R.; CAMOZZI, M. E.; FIQUEROA, M. M. **Guia de fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales**. Buenos Aires; Instituto nacional de Tecnología Agropecuária. Cap. 1, p. 13-25: Nitrogenados. 1999.

MELLO S.C.; CAMARGO M.S.; VIVIAN R.; NASCIMENTO T.S.; OLIVEIRA E.S.; BERTANHA R. Nitrogênio e boro na produção e incidência de haste oca em couve-flor ‘Sharon’. **Bragantia**, v. 68, p. 761-764, 2009.

MELO, P.E.; GIORDANO, L.B. Características agronômicas e para processamento de híbridos comerciais e experimentais de brócolos de inflorescência única. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p.95, Maio 1995. (Resumo)

MENEZES, M. J. T. **Eficiência agronômica de fontes nitrogenadas e de associação de fertilizantes no processo de deferimento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. 2004. 113f. (Dissertação Mestrado), Piracicaba: ESALq-USP.2004.

MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F.; SILVA, S.C.; SILVEIRA, P.M. **Irrigação do feijoeiro no sistema plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 31p (Circular Técnica, 33). Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/circ33ID-0FMDpAUfPP.pdf>>. Acessado em 15 de agosto de 2013.

NIEUWHOF, M. **Cole crops**. London: Leonard Hill, 1969. 353p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: Fealq, 1997, 183p.

RAIJ B.Van; CANTARELLA H.; QUAGGIO J.A.; FURLANI A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC. 1996. 285p.

RAVIV, M.; BLOM, T. J. The effect of water availability and quality on photosynthesis and productivity of soilless-grown cut roses. **Scientia Horticulture**. Amsterdam, n.88, n.4, p.257-276, 2001.

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.** Campina Grande, v. 7, n. 2. p. 263-268. 2003.

SEABRA JUNIOR, S. **Influência de doses de nitrogênio e potássio na severidade à podridão negra e na produtividade de brócolis tipo inflorescência única.** 2005. 80f. (Doutorado em Horticultura). Botucatu, SP, UNESP. 2004.

SILVA, G. Brócolis: o primo rico. **Globo Rural**, n.143, 1997.

SONNENBERG, P.E. **Olericultura especial.** 3 ed. Goiânia:Líder, 1985. 149p. 2a Parte. (Mimeografado).

STOPPANI, M.I., WOLF, R., FRANCESCANGELI, N., MART, H.R. A nondestructive and rapid method for estimating leaf area of broccoli. **Advances in Horticultural Science.** V.17, p. 173-175, 2003.

STURMER, S.L.K.; BARTZ, H.R.; TREVISAN, J. N.; MARTINS,G. A K.; HOLZSCHUH, M. J.; TREVISAN, B. G. Validação das recomendações de adubação nitrogenada para uma sucessão de brassicáceas em Planossolo Hidromórfico distrófico arênico da Região Central do Rio Grande do Sul . In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 25., 2002, Rio de Janeiro. **Anais....** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002.

TANGUNE, B.F. **Produção de brócolis irrigado por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo.** 2012. 73f. (Mestrado em Recursos Hídricos). Lavras, MG, UFLA, 2012.

TAVARES, C. A. M. Brócolis: o cultivo da saúde. **Revista Cultivar**, Pelotas, ano 1, n.2,p. 20-22, 2000.

VIDIGAL, S.M.; PEDROSA, M.W. Brócolos (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). In: Trazilbo José de Paula Júnior; Madelaine Venzon. (Org.). **101 Culturas - Manual de Tecnologias Agrícolas.** 1 ed. Belo Horizonte-MG: EPAMIG, 2007, v. 20, p. 175-178.

VILLAS BÔAS, R. L. **Doses de nitrogênio para pimentão aplicadas de forma convencional e através de fertirrigação.** 2001. 123p. Tese (livre docência) – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrônomicas. Botucatu – SP. 2001.