

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA
PRODUÇÃO DE MINIMILHO FERTIRRIGADO EM
DOURADOS-MS**

LEANDRO HENRIQUE JUNG

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL - BRASIL
2017

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MINIMILHO FERTIRRIGADO EM DOURADOS-MS

LEANDRO HENRIQUE JUNG
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
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

J95v	<p>Jung, Leandro Henrique. Viabilidade técnica e econômica da produção de minimilho fertirrigado em Dourados-MS. / Leandro Henrique Jung. – Dourados, MS : UFGD, 2017. 70f.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. <i>Zea mays</i> L.. 2. Ureia. 3. Cloreto de potássio. 4. , Eficiência agronômica de nutriente. 5. 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.

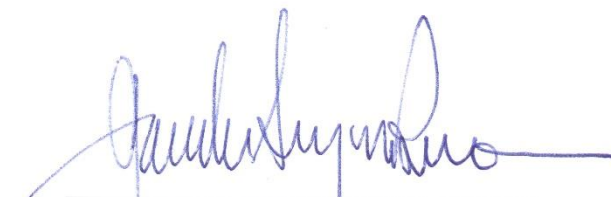
**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MINIMILHO
FERTIRRIGADO EM DOURADOS - MS**

por


Leandro Henrique Jung

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

Aprovado em: 22/02/2017




Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro
Orientador – UFGD/FCA




Profª. Dra. Alessandra Mayumi Tokura Alovise
UFGD/FCA



Prof. Dr. Luciano Oliveira Geisenhoff
UFGD/FCA



Profª. Dra. Anamari Viegas de Araujo Motomiya
UFGD/FCA



Prof. Dr. Gabriel Queiroz de Oliveira
FUNEC – Santa Fé do Sul

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, ao meu pai Claudio, minha mãe Maria Janina e ao meu irmão Rodrigo.

AGRADECIMENTOS

A meus pais, irmão, demais familiares e amigos que sempre me incentivaram e torceram pela minha vitória.

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

Aos Professores Dr. Fabrício Fagundes Pereira, Antonio Carlos Tadeu Vitorino e Luiz Carlos Ferreira de Souza e, às professoras Dr^a. Maria do Carmo Vieira, Alessandra Mayumi Tokura Alovisi e Yara Brito Chaim Jardim Rosa do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) e aos professores doutores Adriano da Silva Lopes e Marcos Antônio Camacho pelos ensinamentos.

Aos professores membro da banca.

Aos companheiros e amigos Gabriel Queiroz de Oliveira, Aline Baptista Borelli, Mirian Analy Alves Licorini, Grazielle Maria Giaccon e Ana Heláise Amadori na coleta de dados e na condução do experimento.

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

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 que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	PÁGINA
RESUMO	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Aspectos gerais da cultura do milho	3
2.2 Produção de minimilho	5
2.3 Irrigação na cultura do minimilho	7
2.4 Fertirrigação no minimilho	9
2.5 Eficiência da adubação nitrogenada e potássica no minimilho	12
2.6 Viabilidade econômica da adubação nitrogenada e potássica no minimilho.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Caracterização da área experimental	19
3.2 Implantação e condução do experimento.....	20
3.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	22
3.4 Sistema de irrigação e manejo	22
3.5 Fertirrigação	25
3.6 Colheita e variáveis avaliadas	26
3.6.1 Eficiência agrônômica de nitrogênio e potássio	28
3.7 Máxima eficiência econômica (MEE)	29
3.8 Análise estatística	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Manejo de irrigação	33
4.2 Teor foliar de nitrogênio e potássio	34
4.3 Altura e diâmetro do colmo	37
4.4 Número, diâmetro e comprimento de espiguetas	41
4.5 Variáveis de massa da espiguetas.....	44
4.6 Eficiência agrônômica de nitrogênio e potássio	48
4.7 Máxima eficiência econômica	50
5. CONCLUSÕES	57
6. REFERÊNCIAS.....	58

LISTA DE QUADROS

		PÁGINA
QUADRO 1	Caracterização química do solo na área experimental. Dourados, MS, 2014.-----	20
QUADRO 2	Análise física e granulométrica do solo da área experimental. Dourados, MS, 2014.-----	20
QUADRO 3	Valores de coeficiente da cultura (Kc) para o minimilho. Dourados, MS, 2014.-----	23
QUADRO 4	Custos fixo, variável e total da produção da cultura do minimilho, por hectare, fertirrigado com nitrogênio e potássio e, irrigado por gotejamento, em Dourados, MS, 2014.-----	31
QUADRO 5	Resumo da análise de variância referente ao teor de nitrogênio (TN) e teor de potássio nas folhas (TK) em relação as doses de nitrogênio e potássio em Dourados, MS, 2014.-----	34
QUADRO 6	Resumo da análise de variância referente à altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC) em relação as doses de nitrogênio e potássio em Dourados, MS, 2014.-----	38
QUADRO 7	Resumo da análise de variância referente ao número total de espiguetas (NE), número de espiguetas comercial (NEC), diâmetro de espiguetas (DE) e comprimento de espiguetas (CE) em relação às doses de nitrogênio e potássio em Dourados, MS, 2014.-----	41
QUADRO 8	Resumo da análise de variância referente à massa de espiguetas empalhadas (MEP), massa total de espiguetas (ME), massa de espiguetas comerciais (MEC) e porcentagem de espiguetas comerciais (PEC), em relação às doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.-----	44
QUADRO 9	Valores médios de custo de produção (R\$), receita total (R\$), produtividade de espiguetas comerciais (kg ha ⁻¹) e lucro (R\$) do minimilho fertirrigado com doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.-----	51

LISTA DE FIGURAS

		PÁGINA
FIGURA 1	Temperatura máxima (Tx), mínima (Tn), média (T), umidade relativa (UR) e precipitação pluviométrica observadas no período do experimento em Dourados, MS, 2014.-----	19
FIGURA 2	Detalhe da semeadura manual (A) e profundidade de semeadura do milho (B) durante a implantação do experimento em Dourados, MS, 2014.-----	21
FIGURA 3	Detalhe da instalação de uma linha de irrigação para cada linha de cultivo de minimilho em Dourados, MS, 2014.-----	25
FIGURA 4	Sistema de fertirrigação por diferencial de pressão. Dourados, MS, 2014.-----	26
FIGURA 5	Detalhe da espiguetta no ponto de colheita em Dourados, MS, 2014.-----	26
FIGURA 6	Detalhe da espiguetta de minimilho após separação da palhada em Dourados, MS, 2014.-----	28
FIGURA 7	Evapotranspiração de referência (ET _o), evapotranspiração da cultura (ET _c), irrigação e precipitação pluviométrica observadas no período do experimento em Dourados, MS, 2014.-----	33
FIGURA 8	Teor de nitrogênio nas folhas em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.-----	35
FIGURA 9	Teor de potássio nas folhas de minimilho em função da adubação potássica. Dourados, MS, 2014.-----	37
FIGURA 10	Altura de planta do minimilho em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.-----	39
FIGURA 11	Diâmetro de colmo do minimilho em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.-----	40
FIGURA 12	Número total de espiguetta de minimilho em função da adubação nitrogenada. Dourados, MS, 2014.-----	42
FIGURA 13	Número de espiguetta comercial de minimilho em função da adubação nitrogenada. Dourados, MS, 2014.-----	42
FIGURA 14	Comprimento de espiguetta de minimilho em função da adubação nitrogenada. Dourados, MS, 2014.-----	43

FIGURA 15	Comprimento de espiguetas de minimilho em função da adubação potássica. Dourados, MS, 2014.-----	44
FIGURA 16	Massa de espiguetas empalhadas de minimilho em função da adubação nitrogenada. Dourados, MS, 2014.-----	45
FIGURA 17	Massa total de espiguetas em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.-----	46
FIGURA 18	Massa de espiguetas comerciais em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.-----	47
FIGURA 19	Porcentagem de espiguetas comerciais em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.-----	48
FIGURA 20	Eficiência agrônômica da cultura do minimilho em função das doses de nitrogênio. Dourados, MS, 2014.-----	49
FIGURA 21	Eficiência agrônômica da cultura do minimilho em função das doses de potássio. Dourados, MS, 2014.-----	50
FIGURA 22	Equação de produtividade e representação da dose ótima de nitrogênio para encontrar a MEE. Dourados-MS, 2014.-----	54
FIGURA 23	Equação de produtividade e representação da dose ótima de potássio para estimar a MEE. Dourados-MS, 2014.-----	55

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MINIMILHO FERTIRRIGADO EM DOURADOS-MS

RESUMO: O minimilho vem ganhando espaço no mercado brasileiro incitado pela indústria de conserva e o País apresenta potencial produtivo e mercado consumidor. A versatilidade deste produto tem provocado a abertura de um novo nicho de mercado, principalmente, para a agricultura familiar pelo curto período necessário para cultivo. O objetivo desse trabalho foi avaliar aspectos técnicos e viabilidade econômica da cultura do minimilho, cultivado sob doses de nitrogênio e potássio via fertirrigação em Latossolo Vermelho distroférico. O experimento foi conduzido na área de irrigação e drenagem da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) em Dourados, MS, no período de abril a julho de 2014. O clima da região é do tipo Cwa mesotérmico úmido e a precipitação média anual é de 1500 mm e a temperatura média do ar é de 22°C. A cultivar de milho utilizada foi o AG 1051, um híbrido duplo com ciclo semiprecoce indicado para a produção de milho verde. O mesmo foi semeado, manualmente, no dia 4 de abril de 2014. Para isso foram confeccionadas linhas espaçadas entre 0,80 m entre si e a profundidade de semeadura de 0,05 m. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas com quatro blocos. As parcelas foram compostas de doses de nitrogênio (zero, 75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹) e as subparcelas de doses de potássio (K₂O) (zero, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹). A cultura do minimilho foi irrigada durante todo ciclo utilizando o manejo de irrigação baseado na estimativa diária da evapotranspiração de referência e os tratamentos com nitrogênio e potássio foram aplicados utilizando um sistema de injeção de fertilizantes, tipo diferencial de pressão adaptado a pequenas áreas ou parcelas. As variáveis avaliadas foram: teor foliar de nitrogênio e potássio, altura de plantas, diâmetro do colmo, comprimento da espiguetas, diâmetro da espiguetas, número total de espiguetas, massa de espiguetas empalhadas, massa total de espiguetas, número de espiguetas comerciais, massa de espiguetas comerciais, porcentagem de espiguetas comerciais, eficiência agrônômica de nitrogênio e potássio e máxima eficiência econômica. As variáveis foram submetidas à análise de variância e, quando significativos, foram interpretados através de estudos de regressão. Conclui-se que a massa comercial é influenciada por ambos os nutrientes, evidenciando que até o limite das doses críticas de nitrogênio e potássio cada quilograma por hectare de nitrogênio e potássio incrementa a massa de espiguetas comerciais em 34,28 kg ha⁻¹. A máxima porcentagem de espiguetas comerciais é alcançada quando aplicados com a dose combinada de 159,78 kg ha⁻¹ de N e 105,70 kg ha⁻¹ de K₂O aplicados via fertirrigação. A eficiência agrônômica de nitrogênio para a cultura do minimilho fertirrigado decresce com o aumento das doses de nitrogênio na ordem de 51 g para cada quilo de nitrogênio aplicado por hectare e, a eficiência de potássio diminui na ordem de 22 g para cada quilo de K₂O aplicado por hectare. O maior lucro do minimilho fertirrigado com nitrogênio e potássio é encontrado utilizando a doses associadas de 150 kg de N ha⁻¹ e 50 kg de K₂O ha⁻¹.

Palavras-chave: *Zea mays* L., ureia, cloreto de potássio, eficiência agrônômica de nutriente, máxima eficiência econômica.

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF PRODUCTION BABYCORN FERTIRRIGATED IN DOURADOS-MS

ABSTRACT: The bay corn has been gaining space in the Brazilian market stimulated by the canning industry and the country has productive potential and consumer market. The versatility of this product has provoked the opening of a new niche market, mainly for the family agriculture for the short period necessary for cultivation. The objective of this work was to evaluate technical aspects and economical viability of the baby corn culture, cultivated under nitrogen and potassium doses via fertirrigation in a dystroferric Red Latosol. The experiment was conducted in the irrigation and drainage area of the Faculty of Agrarian Sciences (FCA) of the Federal University of Grande Dourados (UFGD) in Dourados, MS, from April to July 2014. The climate of the region is of the mesothermic Cwa type and the average annual rainfall is 1500 mm and the mean air temperature is 22°C. The corn cultivar used was AG 1051, a double hybrid with semiprecoce cycle indicated for the production of green corn. The same was sown manually on April 4, 2014. For this, rows spaced between 0,80 m between each other and seeding depth of 0,05 m were made. The experimental design was in randomized blocks, in the subdivided plots scheme with four blocks. The plots were composed of nitrogen doses (zero, 75, 150, 225 and 300 kg ha⁻¹) and the sub-plots of potassium doses (K₂O) (zero, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹). The baby corn crop was irrigated during the whole cycle using irrigation management based on the daily estimate of the reference evapotranspiration and the nitrogen and potassium treatments were applied using a fertilizer injection system, differential pressure type adapted to small areas or plots. The evaluated variables were: nitrogen and potassium leaf content, plant height, stalk diameter, spikelet length, spikelet diameter, total spikelet number, spikelet mass, total spikelet mass, number of commercial spikelets, mass of Commercial spikelets, percentage of commercial spikelets, agronomic efficiency of nitrogen and potassium and maximum economic efficiency. The variables were submitted to analysis of variance and, when significant, were interpreted through regression studies. It is concluded that the commercial mass is influenced by both nutrients, evidencing that up to the limit of the critical doses of nitrogen and potassium each kilogram per hectare of nitrogen and potassium increases the commercial spikelet mass in 34,28 kg ha⁻¹. The maximum percentage of commercial spikelets is reached when applied with the combined dose of 159,78 kg ha⁻¹ of N and 105,70 kg ha⁻¹ of K₂O applied via fertigation. The agronomic efficiency of nitrogen for the fertigated miniature crop decreases with the increase of the nitrogen doses in the order of 51 g for each kilo of nitrogen applied per hectare and the potassium efficiency decreases in the order of 22 g for each kilo of applied K₂O per hectare. The higher profit fertirrigated babycorn with nitrogen and potassium is found using the associated doses of 150 kg N ha⁻¹ and 50 kg ha⁻¹ K₂O.

Key words: *Zea mays* L., urea, potassium chloride, nutrient agronomic efficiency, maximum economic efficiency.

1. INTRODUÇÃO

Por ocupar a maior extensão em área cultivada no Brasil, o milho (*Zea mays* L.) se destaca entre as outras culturas e, é cultivado em todo território brasileiro. É utilizado na alimentação humana nas mais variadas formas, como grãos secos, verdes, *in natura*, em preparados ou como minimilho. O minimilho, também conhecido como *baby corn*, é o nome dado à espiga de milho jovem, em desenvolvimento, não fertilizada, ou ao sabugo jovem da espiga de uma planta de milho (GALINAT; LIN, 1988). Pode ser produzido a partir do milho comum, doce ou pipoca (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2001).

Segundo Carvalho et al. (2002), com o advento da indústria de conservas, o minimilho passou a ser consumido também na forma de conserva. Assim, houve um crescimento na área cultivada com milho para consumo nessa forma, à semelhança do acontecido com o milho verde.

No Brasil, as pesquisas com o manejo de solo, aplicação de fertilizantes e irrigação ainda são escassos, no entanto, já existe um consenso entre os pesquisadores, que relatam que a obtenção de alta produtividade de minimilho está condicionada ao aumento na densidade de semeadura, que pode ser de três a quatro vezes maior que para o cultivo do milho convencional. Para a produção de minimilho os rendimentos superiores têm sido obtidos com densidade de 150.000 a 200.000 plantas ha⁻¹, pois proporcionam maior produtividade e redução no tamanho do produto final, ideal para a indústria de enlatados (MENEGHETTI et al., 2008).

O nutriente mais importante para a cultura do milho é o nitrogênio, e sua disponibilidade é fundamental no processo de crescimento e desenvolvimento das plantas (MALAVOLTA, 2006), desempenhando papel importante no acúmulo de proteínas e produtividade dos grãos (PAVINATO et al., 2008). Após o nitrogênio, o potássio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas sendo, em média, 20% exportado nos grãos. Este nutriente tem grande impacto na qualidade da cultura do milho, exercendo influência positiva sobre o peso individual dos grãos e no número de grãos por espiga. Apesar de não fazer parte de nenhum composto dentro da planta, é muito importante em inúmeros processos bioquímicos (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Os fertilizantes nitrogenados mais utilizados são: uréia e sulfato de potássio e para o potássio, o cloreto de potássio. Quando esses fertilizantes são aplicados com a técnica de fertirrigação, há otimização do uso em diferentes culturas irrigadas, tanto em

aspectos relacionados à produtividade quanto à qualidade dos produtos obtidos, sendo mais notável sua adoção em culturas irrigadas por sistemas de irrigação localizada (OLIVEIRA; VILLAS BÔAS, 2008). A fertirrigação é o mais econômico e eficiente método de aplicação de fertilizantes, especialmente quando utilizado por meio de sistemas de irrigação localizada (COELHO et al., 2000).

Devido ao sistema de produção da cultura do minimilho ser diferenciado desde a semeadura à colheita é importante que pesquisas abordem estratégias de manejo de adubação que possibilitem maior rentabilidade.

Em uma empresa agropecuária, pode-se considerar fatores variáveis como sendo aqueles possíveis de serem modificados dentro de um ciclo produtivo, tais como: sementes, adubos, combustíveis, etc., sendo a função de produção representada matematicamente pelas relações físicas entre os fatores de produção usados e a quantidade de bens ou serviços produzidos por ela, por unidade de tempo, sem considerar os preços.

O emprego de equações polinomiais representa possibilidade de definir a partir dos parâmetros de equações a máxima econômica de produção, vislumbrando conhecer a interface: aproveitamento de absorção de nutrientes pelo genótipo com o custo de produção, a partir da dose de fertilizantes (MAZURKIEVICZ et al., 2013). Portanto representa valiosa informação aos agricultores como critério do manejo de adubação para indicação das doses mais ajustadas (MATTIONI, 2011).

O experimento foi realizado objetivando avaliar: i) avaliar caracteres morfoagronômicos da cultura de minimilho submetidos às diferentes doses de nitrogênio e potássio via fertirrigação; ii) avaliar a eficiência do uso de nitrogênio e potássio do minimilho cultivado sob Latossolo Vermelho Distroférrico; iii) avaliar a viabilidade econômica do minimilho fertirrigado, por meio de parâmetros comerciais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do milho

O milho pertence à família Poaceae, da tribo Maydeae, do gênero *Zea* e da espécie *Zea mays* L. É uma planta herbácea, monoica, alógama, protândrica, anual, robusta e ereta. Pesquisas apontam o México como seu centro de origem e diversidade, no entanto, há controvérsias quanto à sua origem. A primeira hipótese sugere à origem comum. Weatherwax (1954) afirmou que o milho, o teosinte e o *Tripsacum* seriam oriundos de um ancestral comum, hoje extinto. A segunda hipótese, defendida por Mangesldorf (1974), é a descendência do teosinte, ele seria descendente do cruzamento entre o milho e o gênero *Tripsacum*. Já a terceira, defendida por Galinat (1977), sugere que o milho seria oriundo diretamente do teosinte, esta última é mais aceita entre os pesquisadores.

O milho é uma das principais *commodities* agrícolas produzidas no mundo, apresentando desempenhos classificados como cíclicos ou sazonais, alternando períodos de crescimento e redução dos preços. Apresenta grande importância socioeconômica, pois é produzido em quase todo os continentes, sendo uma das mais importantes fontes de alimento da atualidade. Isso em virtude de ser utilizado de diversas formas, tais como: ração ou silagem para a alimentação de animais, alimentação humana *in natura* ou na forma de subprodutos como pães, farinha e massas, além de ser utilizado na indústria, na qual é empregado como matéria-prima de diversos produtos (BULL, 1993). Vale ressaltar que o milho, além do uso alimentar, possui aplicação na indústria química, farmacêutica, de papéis e têxtil.

A produção mundial da safra de 2015/2016 foi de 960,40 milhões de toneladas, essa produção concentra-se basicamente em três grandes produtores: Estados Unidos, China e Brasil (USDA, 2016). O Brasil ocupa a terceira posição no *ranking* de maiores produtores, com estimativa de produção equivalente a 83,8 milhões de toneladas em uma área de 16 milhões de hectares para a safra de 2016/2017 (CONAB, 2016). O Estado do Mato Grosso é o maior produtor de milho do Brasil, produzindo um total de 21,6 milhões de toneladas. Uma das particularidades mais interessantes do milho produzido nesse Estado é que grande parte dele é caracterizada como milho de segunda safra, também conhecido como milho “safrinha”, o qual corresponde a 99,05% do total produzido nesse mesmo Estado.

A constituição morfológica das plantas e dos seus frutos quantifica o potencial de produção da espécie. No milho, o interesse reside, principalmente na produção de grãos, para alimentação humana e animal e também para forragem. Desta forma, é fundamental conhecer a constituição do grão de milho, bem como sua composição química, que pode variar em função do tipo de sementes, do solo, da quantidade de fertilizante usado, das condições climáticas e do estágio de maturação da planta (TOSELLO, 1978; POMERANZ, 1981). Trata-se de uma cariopse constituída por pericarpo o qual se caracteriza por um elevado conteúdo de fibra bruta (87%), é composto fundamentalmente por hemicelulose (67%), celulose (23%) e lignina (0,1%) (BURGE; DUENSING, 1989); endosperma o qual representa mais de 80% do grão, é composto por amido, proteína e baixo conteúdo de óleo; e gérmen que possui elevado conteúdo de óleo (33%) e também um nível elevado de proteína (20%).

Apesar desse cereal constituir o segundo grão mais produzido no país, grande parte desta produção (80 a 85%) é destinada à alimentação animal (SILVA et al., 2012; MOREIRA et al., 2014), principalmente na cadeia produtiva de suínos e aves, sendo o ingrediente energético mais importante nas rações, e sua proteína é importante fonte de aminoácido, na sua fração glutelina, encontrada no endosperma (BUTOLO, 2002). Quanto à alimentação humana, as formas de aquisição são: milho em grão, em espiga ou enlatado. Já os produtos obtidos a partir da moagem seca do milho são os mais apreciados e corresponde ao alimento básico na dieta alimentar da população mais pobre.

De acordo com as características do grão, existem cinco classes de milho: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce. A maioria do milho comercial é do tipo duro, ao passo que, nos países de clima temperado predomina do tipo dentado. A principal diferença entre eles consiste na forma e tamanho do grão, definido pela estrutura do endosperma e do tamanho do gérmen. Milhos duros diferem dos milhos farináceos e dentado em relação ao endosperma vítreo/endosperma farináceo. Os grãos de milho pipoca possuem pericarpo mais espesso, com endosperma completamente farináceo, endosperma vítreo, grãos pequenos e formato arredondado. Enquanto que os grãos de milho doce, quando seco, possuem aparência enrugada, devido o gene condicionador deste caráter evitar a conversão de açúcar em amido e o grão acumula fitoglicogênio (PAES, 2006).

2.2 Produção de minimilho

A produção de milhos do tipo "especiais" envolve o cultivo de milho verde comum, milho verde doce, milho pipoca, minimilho, milho para alto teor de óleo, milho de alta qualidade protéica, milho para canjica, dentre outros, que possuem nicho de mercados próprio e com grande valor agregado. A demanda do consumidor, cada vez maior por esses tipos de milhos, impulsionou as empresas de sementes a investir no desenvolvimento de híbridos e variedades de milho especiais que agregam maior valor ao produto (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2009).

O minimilho ou *baby corn* (*Zea Mays* L.) é o nome dado às espigas jovens, contendo os estigmas de até três centímetros, não fertilizadas, ou seja, antes da formação dos grãos (RAUPP et al., 2008). As plantas são semelhantes àquelas de milho comum, no entanto é classificado como uma espécie olerícola, pelo fato do período da sementeira até a colheita ser curto; pelos cuidados que exige, principalmente, na pós-colheita, em que devem ser acondicionadas em temperaturas entre 5 e 10°C; possui alto valor agregado e é destinado basicamente ao consumo humano devido ao sabor. Esse alimento é rico em potássio, vitaminas B e C, fibras e carotenóides. O teor de proteína no minimilho é 1,90 g e possui 89,1% de umidade, 0,02% de gordura, 8,20% de carboidratos e 0,06% de cinzas (VON PINHO et al., 2003).

Segundo Sousa et al. (2012), o consumo de minimilho é muito comum nos Estados Unidos, mas vem ganhando espaço no mercado brasileiro incitado pela indústria de conserva, embora a produção ainda é inexpressiva no país, uma vez que a maioria do produto industrializado é importado da Tailândia. No entanto, vale mencionar que o Brasil apresenta potencial de mercado consumidor, pois têm aumentado o aparecimento do produto industrializado nos supermercados.

Embora o minimilho seja importado, exclusivamente, na forma de conserva, há relatos da preferência pelo produto *in natura*, principalmente por não conter conservantes ou outros produtos químicos. A versatilidade que o minimilho oferece, seja no seu uso em saladas, em sopas, misturado no arroz ou em massas, em cozidos de legumes ou de carnes e grelhados em azeite como guarnição, têm provocado a abertura de um novo nicho de mercado e, principalmente, para a agricultura familiar pelo curto período necessário para cultivo. Assim, com o advento da indústria de conservas de minimilho, essa matéria-prima alimentícia tornou-se gradualmente importante, apresentando crescimento na sua área de cultivo (AEKATASANAWAN, 2001).

Por se tratar de uma atividade relativamente recente, no Brasil, existem alguns gargalos inerentes ao cultivo do minimilho que necessitam ser superados a fim de tornar esse nicho mais eficiente. Dentre os fatores que carecem de maior investigação, cita-se escolha de variedades adequadas, nutrição mineral e manejo em geral. Como não há variedades comerciais recomendadas especificamente para o cultivo de minimilho, esta é uma das etapas críticas. De acordo com Rodrigues et al. (2004), a utilização de híbridos prolíficos é uma alternativa para obter espiguetas de maior qualidade e reduzir o custo de produção, já que outras variedades necessitam de maior densidade populacional, motivado pelo fato de uma maior densidade populacional proporciona maior número de espiguetas.

Castro et al. (2013) avaliaram produtividade de minimilho das cultivares AG 1051, AG 2060 e BRS 2020 após a colheita da primeira espiga como minimilho. Os rendimentos de MM (minimilho), MV (milho verde) e MS (milho seco) foram maiores, quando estes produtos foram colhidos individualmente do que quando eles foram colhidos em combinação com minimilho (MM + MV e MM + MS). A cultivar BRS 2020 se destacou para produzir apenas minimilho, quando foram considerados número e massa de espigas empalhadas comercializáveis e número de espigas despalhadas comercializáveis. Quanto à massa de espigas despalhadas comercializáveis de MM, a cultivar AG 1051 foi superior. As cultivares não diferiram quanto aos números total e de espigas verdes empalhadas comercializáveis. As cultivares AG 1051 e AG 2060 foram superiores quanto à massa de espigas verdes empalhadas comercializáveis e número e massa de espigas verdes despalhadas comercializáveis. A cultivar AG 1051 apresentou maior produtividade de grãos.

Wangen e Faria (2013) estudaram variedades de milho para produção de minimilho e verificaram que as A1, Piratininga, BRS Ângela, Al Bandeirantes e Cati verde 2 apresentam o mesmo potencial para produção de minimilho, igual ao híbrido de milho doce Tropical, que geralmente é mais recomendado, contemplando as características exigidas pelo mercado consumidor desse produto, constituindo-se, portanto, numa opção viável para os produtores de minimilho. No entanto, Pereira Filho e Cruz (2009) relataram que a relação ao rendimento comercial, expresso em percentagem, as duas cultivares indicadas para consumo de milho verde mostraram rendimentos percentuais semelhantes na primeira e na segunda época, respectivamente, enquanto as demais tiveram índices menores. No geral, o rendimento comercial foi mais alto na primeira época de semeadura para todas as cultivares. Logo pode se afirmar que

qualquer cultivar de milho produz minimilho, só é preciso seguir as recomendações de manejo.

A produtividade de uma cultura está diretamente relacionada ao manejo que é empregado. Assim, o uso da irrigação é um dos fatores essenciais no desenvolvimento vegetal, já que esta busca suprir a necessidade hídrica da cultura de forma planejada. Considerando que o minimilho é mais utilizado no período de safrinha, época em que ocorre oscilações das condições climáticas, principalmente os índices pluviométricos, por isso é essencial o uso da técnica de irrigação para evitar possíveis perdas ocasionadas por estresse hídrico.

2.3 Irrigação na cultura do minimilho

A utilização da técnica de irrigação na agricultura, sempre que utilizada de forma racional, tanto nos aspectos técnicos quanto econômicos, pode contribuir para a melhoria do desempenho do agronegócio de uma região, a qual pode ser considerada como um elemento importante na diversificação agrícola, além de possibilitar colheitas fora de época e melhoria na qualidade do produto. Esta técnica possibilita a incorporação de áreas previamente consideradas impróprias para o cultivo, pela ocorrência de déficits hídricos. Além de proporcionar o aumento da produtividade, pode contribuir para melhoria da qualidade e se constituir também em fator estabilizador da produção (SANTORO, 2011).

O milho pode ser cultivado em diversos solos, porém necessita de condições climáticas específicas para seu desenvolvimento, e dentre os fatores climáticos que influenciam sua produção cita-se: temperatura do ar, a precipitação, os ventos, a umidade relativa do ar e a insolação. Como já foi mencionado, não há recomendações específicas para o cultivo de minimilho, desta forma segue àquelas recomendadas para a cultura do milho comum. Porém, as exigências requeridas para alguns fatores são diferentes, por exemplo, a água deve ser em menor quantidade, visto que, o ciclo da cultura para produção de minimilho é curta, assim requer menor disponibilidade de água e nutrientes. Isso evidencia a necessidade de mais estudos para investigar a lâmina ideal que deve ser adotada para produção de minimilho.

O milho é uma planta que requer grande quantidade de água, porém, é muito eficiente na sua utilização. A necessidade total de água nesta cultura depende de diversos fatores, tais como da capacidade de retenção de água no solo, da duração do ciclo do

genótipo e da utilização dada à cultura, que no caso, para a produção de minimilho há uma menor exigência em virtude de não haver necessidade completa do ciclo, uma vez que as espigas são colhidas jovens. Nas nossas condições climáticas, a necessidade de água de irrigação por unidade de área pode variar aproximadamente de 250 a 350 mm em milho forrageiro e cerca de 500 a 600 mm em milho destinado à produção de grão (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2008).

Sob essa perspectiva, Meneghetti et al. (2008) avaliaram o crescimento de minimilho submetido a lâminas de irrigação, determinadas pela evapotranspiração da cultura, baseadas na evaporação da água do tanque Classe “A” e aplicadas quando a evapotranspiração atingia os valores acumulados: 15 mm, 30 mm, 45 mm e 60 mm. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que o manejo de irrigação influenciou significativamente apenas nos valores de área foliar e índice de área foliar; a área foliar aumentou com o acréscimo da lâmina de irrigação; o manejo da irrigação do minimilho deve ser realizado com aplicação quando a evapotranspiração da cultura indicar o valor acumulado de 15 a 30 mm; a utilização de valores de evapotranspiração acumulados maiores ocasiona redução nos valores para a análise de crescimento.

De acordo com Matiello et al. (2009), a ampliação de áreas cultivadas para regiões mais secas e o aumento do déficit hídrico, mesmo em regiões tradicionalmente consideradas aptas, intensificou o uso da irrigação, cuja implantação traduz-se em retornos produtivos vantajosos com ótima relação custo/benefício, como também, por eliminar riscos sobre os investimentos realizados no processo produtivo, especialmente nos sistemas de produção mais tecnificados. Entretanto, a irrigação apresenta como principal desafio a quantificação adequada do volume de água a ser aplicado por um determinado sistema. Este fato ressalta a importância de um manejo correto de irrigação a fim de proporcionar o uso adequado da água.

Existem vários sistemas que podem ser empregados para aplicação de água na cultura, esta grande variação ocorre devido a variações de solo, clima, disponibilidade de água, energia e condições socioeconômicas para as quais o sistema de irrigação deve ser implantado. Assim, é de suma importância que esta escolha seja feita de forma criteriosa, analisando as condições presentes, em função das exigências de cada sistema de irrigação, visando atender à necessidade específica, considerando os interesses envolvidos.

Dentre os vários métodos de irrigação, por superfície, por aspersão e localizada, este último é o que tem maior potencial para economia de água e de energia

elétrica, e, dentro dessa categoria, o gotejamento vem se destacando como um dos principais métodos de irrigação por aplicar a água em apenas parte da área, reduzindo a superfície do solo que fica molhada, exposta às perdas por evaporação. Assim, a eficiência de aplicação é maior e a evapotranspiração é menor. Além disso, apresenta a possibilidade de se efetuar fertirrigações, ou seja, aplicação de fertilizantes via irrigação. (COELHO et al., 2009).

A irrigação por gotejamento ocupa significativa porção das áreas irrigadas no mundo, pois é utilizada em áreas específicas e para culturas economicamente rentáveis, haja vista este método possuir alto custo de equipamentos, instalação e manutenção (SOUZA; MATSURDA, 2004). Porém quando bem manejada, a irrigação por gotejamento permite maior controle da lâmina aplicada sem perdas por percolação ou escoamento superficial (GOMES; SOUZA, 2002). Apesar da alta eficiência reportada quanto à utilização da irrigação por gotejamento, seu uso ainda é restrito visando a produção de minimilho (MENEGUETTI et al., 2008; SANTOS et al., 2014). Desta forma, reforça a importância de estudos desta natureza.

2.4 Fertirrigação no minimilho

A fertirrigação consiste na combinação de fertilização e irrigação, ou seja, os adubos minerais são aplicados diretamente na água através de um sistema de irrigação. É uma das maneiras mais eficiente e econômica para aplicar fertilizante às plantas, pois, aplicando-os em menor quantidade por vez, mas com maior frequência, é possível manter um teor uniforme de nutrientes no solo durante o ciclo da cultura, o que aumentará a eficiência do seu uso pelas plantas e, conseqüentemente, a produtividade. Contudo, os benefícios da técnica são limitados em razão da escassez de informações científicas específicas para minimilho, sobretudo quanto a doses e número de parcelamentos necessários no ciclo da cultura.

Todos os métodos de irrigação podem ser utilizados para este processo, no entanto, sistemas pressurizados são mais indicados, uma vez que a água é distribuída por condutos fechados e sob pressão, o que possibilita melhor controle das aplicações. De acordo com Mendonça e Marques (2014), existem vários sistemas de irrigação, porém o que mais se destaca para a aplicação de nutrientes na água é o método de irrigação localizada, com destaque ao sistema de gotejamento (OLIVEIRA, 2016).

A fertirrigação, quando adequadamente manejada, pode contribuir para a melhoria da eficiência do uso de água e fertilizantes, possibilitando aumento da produtividade das culturas com mínimas perdas por lixiviação, a partir de um maior controle da variação da concentração de nutrientes no solo (CAMEIRA et al., 2014). 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).

Para Barros et al. (2010), quando se utiliza a fertirrigação, é importante acompanhar a dinâmica e a distribuição dos nutrientes no perfil do solo, pois isso permite estabelecer ou ajustar a aplicação dos nutrientes na solução do solo. No sistema de gotejamento, a água aplicada percola pelo solo, e dependendo do seu potencial, se move para baixo e para os lados formando um bulbo. O tamanho e a forma do bulbo são afetados, principalmente, pela vazão do gotejador, tipo de solo e tempo de aplicação (BERNARDO et al., 2008). O correto manejo de fertilizantes via água de irrigação é fundamental para o equilíbrio dos nutrientes no solo, principalmente nos sistemas de irrigação localizada, onde a movimentação e a distribuição das diferentes formas químicas são de extrema importância (OLIVEIRA et al., 2008).

A entrada de água no solo também é um fator de distribuição, sendo que, se esse é insuficiente, os nutrientes podem se concentrar próximos à superfície do solo e, conseqüentemente, as raízes crescem menos e exploram menor volume de solo. Nestas condições pode ocorrer o acúmulo de sais com conseqüente elevação da pressão osmótica da solução do solo acima de valores tolerados pelas plantas, diminuindo a produtividade, sobretudo em regiões semiáridas e em cultivos em ambiente protegido. Por sua vez, a aplicação de uma lâmina de irrigação excessiva pode carrear os nutrientes para uma profundidade fora do alcance das raízes, diminuindo a eficiência da adubação. Além disso, pode ocorrer a lixiviação desses nutrientes para o lençol freático, pode haver contaminação ambiental ou perdas econômicas (DONAGEMMA et al., 2008).

Os nutrientes se movem dentro do volume de água aplicado e são regidos pelo fluxo da mesma, sabe-se que as características químicas dos fertilizantes são diferentes, bem como a sua distribuição no solo quando aplicados via irrigação por gotejamento (PAPADOPOULOS, 1985). Segundo Zhang et al. (2013), para realizar uma fertirrigação eficiente, é necessário um equilíbrio entre o volume de água e a quantidade de nutrientes em cada fase do ciclo da cultura, concentração esta que deve ser suficiente para

proporcionar a absorção de nutrientes pelas plantas sem causar acúmulo de fertilizantes no solo.

Reichardt e Timm (2012) salientam que a redistribuição de água no perfil do solo após a irrigação ocorre de maneira tridimensional e é de grande importância nas relações água-solo-planta, porém muitos pesquisadores têm avaliado somente a distribuição na superfície do solo. Por sua vez, Villas Bôas et al. (1999) salientaram que a irrigação localizada é a mais apropriada para a fertirrigação, pois permite manter na zona limitada do solo disponível às raízes, umidade satisfatória e concentração ótima de nutrientes para o desenvolvimento da cultura satisfazendo pontualmente suas necessidades, conforme seu estágio de desenvolvimento (LI et al., 2003).

O nutriente de maior mobilidade no solo é o nitrogênio (N) na forma de nitrato (NO_3). Segundo Villas Bôas et al. (2002) diante de uma irrigação por gotejamento o nitrato move-se para a periferia da frente de molhamento e a concentração desse íon logo abaixo do emissor é pequena. Embora as plantas absorvam prontamente nitrato, amônio e ureia, respostas para NO_3 são normalmente mais rápidas, porque o nitrato é carregado pela água até a superfície da raiz via fluxo de massa. Portanto, se o manejo da irrigação for inadequado, por exemplo, excesso de água, o nitrato será lixiviado abaixo da zona radicular.

O potássio (K) junto com o nitrogênio, são os nutrientes aplicados com maior frequência via água de irrigação, enquadram-se perfeitamente a esta técnica devido à elevada mobilidade no solo, principalmente no caso do nitrogênio, e a alta solubilidade em água. As dosagens crescentes de fertilizantes potássicos aumentam a concentração deste nutriente na solução do solo, não sendo observadas perdas por lixiviação através da fertirrigação. As dosagens utilizadas não apresentam efeito sobre o pH da solução do solo, nem aumento significativo da condutividade elétrica na solução do solo (GUERRA et al., 2004).

A distribuição do potássio está correlacionada com a distribuição de água no solo e assim, pode-se ter um controle da movimentação do íon K em função da irrigação. O movimento de potássio depende do tipo de solo e na maioria dos casos se move com limitação (ZANINI, 1991). Em solos arenosos e com baixa capacidade de troca catiônica, o potássio pode ser lixiviado, porém, quando se aplicam doses recomendadas de fertilizantes, às perdas por lixiviação são extremamente baixas para a maioria das condições (VILLAS BÔAS et al., 1999). Este elemento se movimenta por meio de difusão, onde experimentos mostraram que este processo é a maneira mais eficiente de

absorção de K pelas plantas, até quatro vezes maior que o fluxo de massa (REICHARDT; TIMM, 2012).

A lixiviação dos íons através do perfil do solo é uma das principais causas de perdas de nutrientes, contribuindo sensivelmente para a acidificação do solo (REICHARDT; TIMM, 2012). Isto indica a necessidade de adotar manejo de água e nutrientes com critério. Solos arenosos são comuns na maioria das áreas cultivadas do Brasil e o manejo da fertirrigação nestes solos é complexo, pois normalmente apresentam baixa capacidade de retenção de água e nutrientes (SALOMÃO et al., 2012).

Outra característica importante da fertirrigação é a necessidade do uso de fertilizantes de alta solubilidade. Assim, a dinâmica de nutrientes móveis ou pouco retidos pela matriz do solo como o nitrogênio, o cloro, o boro e, com menor intensidade, o enxofre se movimentam no solo por fluxo de massa com água de irrigação podendo ser rapidamente perdidos se o manejo da irrigação não for correto (BERNARDO et al., 2008). Diante do exposto, percebe-se quando se utiliza da fertirrigação é essencial acompanhar a dinâmica e a distribuição dos nutrientes no perfil do solo, visando melhor ajuste e aplicação dos fertilizantes, além de prevenir danos ambientais como salinização e contaminação das águas (BARROS et al., 2010).

2.5 Eficiência da adubação nitrogenada e potássica no minimilho

A nutrição mineral é de suma importância para obtenção de alta produtividade do minimilho. Dentre os fatores que devem ser levados em consideração no estudo nutricional e na adubação, destacam-se aqueles relativos à cultura, remoção de nutrientes em função do tempo e do desenvolvimento, quantidade e forma de absorção desses nutrientes e produtividade; ao solo, elementos disponíveis e suas interações com características químicas, físicas e biológicas, interações com as exigências nutricionais da cultura e aos fertilizantes, viabilidade econômica, características químicas e físicas, época e forma de aplicação, mobilidade no solo (VASCONCELOS et al., 2001).

O nitrogênio é fundamental para desenvolvimento das plantas, e sua disponibilidade é o principal fator limitante para a produtividade na maioria dos ecossistemas terrestres (COLE et al., 2008). Desta forma, a adubação nitrogenada é uma das práticas mais difundida sobre a produtividade agrícola. De acordo com os dados mais recentes da FAO, o consumo de fertilizantes nitrogenados no Brasil aumentou em aproximadamente 78% nos últimos 20 anos. O excesso de aplicação de adubos

nitrogenados pode resultar em uso ineficiente e elevadas perdas do N ao meio ambiente, o que pode impactar o ar e a qualidade da água, a biodiversidade e a saúde humana (GOULDING et al., 2008).

Na planta de milho, o nitrogênio assume grande importância devido a atuação no metabolismo, por ser constituinte da clorofila, aminoácidos, ácidos nucleicos e das proteínas. O N é o elemento que causa maiores efeitos no aumento da produtividade na cultura do milho (CIVARDI et al., 2011). Além disso, ele interfere em diversas outras características da planta relacionadas ao crescimento e desenvolvimento, as quais, direta ou indiretamente, afetam a produtividade da cultura. Alguns trabalhos reportam a influência do N no aumento da massa de mil grãos (MOTA et al., 2015), do número e comprimento de espigas por planta, diâmetro do colmo (SORATTO et al., 2010), da altura de plantas, do peso de espigas (SCHIAVINATTI et al., 2011), da produção de matéria seca (DUETE et al., 2008).

As exigências de N, pelo milho, variam consideravelmente com os diferentes estádios de desenvolvimento da planta, sendo mínimas nos estádios iniciais, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e alcançando um pico durante o florescimento até o início de formação dos grãos (OKUMURA et al., 2011). A avaliação do desempenho de cultivares de milho para a produção de minimilho em diferentes estratégias de adubação é fundamental na definição de propostas de manejo da cultura (CASTRO et al., 2013). Toda a adubação utilizada no cultivo do minimilho, no Brasil, baseia-se na análise do solo, e com indicações disponíveis para produção de milho grão. Como o minimilho é colhido num estágio muito jovem, pressupõe-se não haver necessidades de altas doses de nitrogênio, importante no processo de crescimento da espiga, enchimento e maturação de grãos.

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pela cultura do milho, assim sendo, é o que mais onera a produção agrícola, pois em grande parte dos solos agricultáveis este elemento não está disponível em quantidades necessárias para altas produtividades exigindo aplicações suplementares. Coelho e França (1995), realizando estudos em Sete Lagoas e Janaúba, mostraram como funciona a extração de nutrientes feitos pelo milho, observou-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumentam linearmente com o aumento na produtividade, tendo como principal exigência N e K, seguido de Ca, Mg e P.

Silva et al. (2013) compararam, em doses de nitrogênio (0, 80 e 160 kg ha⁻¹), os seguintes sistemas de produção, aplicados ao híbrido AG 1051: colheita de minimilho

(CMM); colheita de espigas verdes (CEV); colheita de espigas maduras (CEM); e colheita da primeira inflorescência feminina como minimilho e colheita das outras espigas como milho verde (CMM + CEV) ou como milho seco (CMM + CEM). Esses autores verificaram que a aplicação de nitrogênio propiciou aumentos em todas as características avaliadas, exceto no número de grãos espiga⁻¹ e massa de 100 grãos. Os valores das receitas (total e total adicional) e do lucro adicional, em ordem decrescente, foram obtidos com os sistemas CMM, CMM + CEV, CMM + CEM, CEV e CEM, em todas as doses de nitrogênio.

Aratani et al. (2006) analisaram a adubação nitrogenada de cobertura na cultura no milho doce irrigado utilizando-se sete doses de N (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 kg ha⁻¹). O aumento das doses proporcionou aumento linear para o teor de N foliar e rendimento dos grãos de milho, a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura foi o mais economicamente indicado, pois proporcionou maior taxa de retorno e maior índice de lucratividade. Ainda no milho doce, Maggio (2006) avaliou o acúmulo de massa seca, macro e micronutrientes nos órgãos vegetativos e reprodutivos em diferentes estádios fenológicos para fornecer subsídios para o manejo nutricional do milho doce. Aos 59 dias da semeadura, encontrou para N e K 19,05 e 24,65 g kg⁻¹, respectivamente.

Em virtude da sua importância e a alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado, no sentido de maximizar a eficiência do seu uso, assim, tem se procurado diminuir as perdas do nitrogênio no solo, bem como melhorar a absorção e a metabolização do N no interior da planta (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). A eficiência no uso de nitrogênio foi definida por Moll et al. (1982), como a massa do produto de interesse econômico dividida pela massa de nitrogênio aplicada. A eficiência de absorção de nitrogênio é obtida pela quantidade de nitrogênio aplicado e a eficiência de utilização de nitrogênio é dada pela razão entre a massa do produto e a quantidade de nitrogênio total na planta na maturidade. Diante disso, a eficiência no uso de nitrogênio é obtida pelo produto entre a eficiência na absorção e a eficiência de utilização de nitrogênio.

As pesquisas com o minimilho, no Brasil, são poucas e recentes, necessitando, ainda, muitos estudos que visem aumentar o rendimento comercial do produto, sobretudo no que diz respeito à adubação nitrogenada em cobertura e a outras práticas que podem contribuir para o aumento do rendimento das culturas.

Pereira Filho et al. (2005) verificaram o efeito de níveis de nitrogênio em cobertura na produção de minimilho. Utilizou-se a cultivar de milho DKB 929, foram

avaliados dois níveis de nitrogênio em cobertura (80 e 160 kg ha⁻¹), utilizando como fonte a uréia, e os tratamentos com e sem pendão, sendo que, neste último tratamento, os pendões foram retirados no início de sua emissão. Os resultados obtidos em dois anos de trabalho mostraram que o peso de minimilho (espigueta), com e sem palha, foi igual nos diferentes níveis de nitrogênio e com ou sem pendão. O nitrogênio em cobertura, para o cultivo do minimilho, deve ficar entre 60 e 95 kg ha⁻¹, sendo a metade no plantio e o restante, entre 25 e 30 dias após a emergência das plantas.

Vários trabalhos, conduzidos fora do Brasil, tem demonstrado grande preocupação somente com o nitrogênio, devido o estágio em que é colhido o minimilho, e talvez não dando muita importância para o potássio por ser um elemento abundante nos solos. Em relação ao potássio, a importância está no suprimento da planta em si, bem como na manutenção de equilíbrio do elemento no solo para culturas subsequentes, pois a exploração de minimilho causa exaustão do potássio no solo, uma vez que há a retirada total da planta, sendo o minimilho para o consumo *in natura* para indústria e a palhada remanescente para alimentação animal.

O potássio é um nutriente importante para o crescimento da planta, a translocação do açúcar, síntese do amido e a promoção de um melhor rendimento, resultando assim em um produto de boa qualidade (REIS JÚNIOR; MONNERAT, 2001). É um dos principais nutrientes das culturas, pois tem um papel importante na fisiologia das plantas (TAIZ; ZIEGER, 2008). Esse nutriente funciona como um ativador de várias enzimas e é altamente móvel na planta, sendo prontamente distribuído no interior das plantas, saindo de um órgão mais velho para um órgão mais novo, em crescimento.

A absorção do potássio assemelha-se à do nitrogênio. A exigência total de K pelas plantas de milho, até a colheita das espiguetas é de 190 kg ha⁻¹ de K, sendo exportados através das espiguetas aproximadamente 20 kg ha⁻¹ de K. A nutrição adequada de K regula o potencial osmótico das células, a expansão celular e a abertura e fechamento dos estômatos que dependem de um ótimo turgor celular, no qual esse nutriente é indispensável (MARSCHNER, 2011). A deficiência de K acarreta algumas mudanças químicas, como a acumulação de carboidratos solúveis, decréscimo no nível de amido e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis. Em diagnose visual, essa deficiência caracteriza-se pela formação de uma necrose nas margens das folhas, que aumenta em direção à nervura central.

O potássio é o mineral mais abundante no tecido vegetal em todas as espécies e, por apresentar na forma iônica K⁺ no tecido, seu retorno ao solo é rápido, em solos

arenosos podem ocorrer perdas por lixiviação (PAVINATO et al., 2008). Não há dúvidas da importância do potássio na produção de minimilho, uma vez que ele participa da síntese de açúcares e proteínas. O cloreto de potássio (KCl) é o fertilizante potássico mais utilizado, aproximadamente 95% de todo potássio usado na agricultura (GRANJEIRO; CECILIO FILHO, 2006). Apresenta um elevado índice salino, que varia conforme a textura do solo, teor de matéria orgânica, umidade, distância de aplicação do fertilizante em relação a semente ou planta e da sensibilidade da espécie vegetal.

Na literatura, há escassez de trabalhos que estudam a resposta do milho à adubação nitrogenada e potássica, quando colhido antes do início da formação de grãos, as quantidades de nutrientes exigidas podem ser diferenciadas. Sob esta perspectiva, Santos et al. (2014a) avaliando a produtividade do minimilho em função da adubação nitrogenada e potássica em duas safras, observaram que o potássio e a interação NK não influenciaram a altura de plantas e o comprimento das espiguetas comerciais na safra verão. Nesta safra, a máxima produtividade de minimilho, foi obtida com a aplicação de 64,35 kg ha⁻¹ de N, não havendo incremento na produtividade com a aplicação de K. Na safrinha, a maior produtividade foi alcançada com a combinação das doses 60,9 e 51,23 kg ha⁻¹ de N e K, respectivamente.

Além de estudos inerentes à quantidade de fertilizantes à ser aplicado, é essencial que seja analisada a sua eficiência para evitar desperdícios e contaminação ambiental. Desta forma, Jocić e Sarić (1983) realizaram estudos em diferentes espécies (milho, girassol e beterraba) para verificar a eficiência do uso de nitrogênio, potássio e fósforo para síntese de matéria orgânica. Os resultados evidenciaram que o milho apresentou menor concentração dos nutrientes estudados, mas a massa de matéria seca mais alta, ou seja, o milho foi mais eficiente.

Além dos efeitos benéficos da adubação nitrogenada e potássica na produtividade, estudos reportam que o equilíbrio nutricional pode contribuir para a resistência das plantas às doenças, principalmente por virose. Corroborando esta afirmativa, Carvalho et al. (2013) avaliaram o efeito da interação entre as adubações nitrogenada e potássica na severidade das lesões da antracnose foliar e na nutrição mineral da cultura do milho. Conforme os resultados obtidos, a quantidade de área foliar lesionada dependeu da interação entre os nutrientes. Os menores valores de severidade foram observados na menor dose de N, combinada com a maior dose de K. A severidade das lesões observada na cultivar moderadamente resistente foi 41% menor que a observada no cultivar susceptível.

Há um consenso entre os autores quanto às influências positivas da adubação nitrogenada e potássica na cultura do minimilho. No entanto, outro aspecto importante que deve ser levado em consideração é a viabilidade econômica desta prática, uma vez que importante delimitar o ponto de máxima eficiência. Assim, pode-se evitar desperdícios e economias no uso do produto. Visto que, o uso demasiado de fertilizantes pode trazer respostas negativas de produtividade, bem como promover contaminação ambiental e desequilíbrio de cadeias produtivas.

2.6 Viabilidade econômica da adubação nitrogenada e potássica no minimilho

A irrigação das culturas aumenta a possibilidade de obtenção de altas produtividades, mas exige racionalidade técnica e econômica no uso de insumos, especialmente fertilizantes. Muitos trabalhos reportam o incremento de produtividade com o uso de fertilizantes na cultura do milho, especialmente os nitrogenados. Porém pouco se sabe a respeito da rentabilidade das diferentes fontes de N comumente usadas na cultura no milho. A adoção de um determinado sistema de produção deve contemplar aspectos técnicos e econômicos. Desta forma, é importante avaliar a viabilidade econômica de todo e qualquer prática agrícola implantada.

O cenário do agronegócio atual demanda maior otimização e alocação de recursos e a redução de custos. Portanto, o desafio central reside no custo de produção. Para determinar a viabilidade econômica de sistemas de produção agrícola, antes, deve-se saber como a produção é tecnicamente organizada e qual é o comportamento dos custos no processo produtivo, uma vez que à medida que ocorrem alterações nos níveis de produção, tais custos são afetados.

Na avaliação econômica, o custo total de produção (CT) é composto por custo fixo (CF), que independe da quantidade produzida e custo variável (CV), que sofre variações de acordo com o incremento da produção. 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, estes incluem gastos com depreciação, impostos, despesas financeiras. Os fatores de produção variáveis são aqueles que podem variar suas quantidades utilizadas quase instantaneamente em resposta às variações desejadas na quantidade produzida, estes incluem os gastos com mão-de-obra, insumos, despesas operacionais, entre outros (VARIAN, 2006).

A dose mais econômica define a quantidade de fertilizante a aplicar para a obtenção do máximo lucro por área. É uma informação útil, mas não suficiente (RAIJ, 1996). É importante saber qual o lucro que a adubação pode proporcionar. Os aumentos de produção diminuem com o aumento das doses, o mesmo acontecendo com a eficiência do fertilizante. A economia do empreendimento depende da natureza dessas variações, associadas aos preços dos insumos e do produto. O volume colhido de uma cultura que proporciona a máxima eficiência econômica situa-se abaixo da colheita de máxima produção.

Segundo Tisdale et al. (1984) 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.

Tendo em vista que a viabilidade econômica é de grande importância na implementação de práticas agrícolas, alguns trabalhos têm reportado sobre esta temática na cultura do milho. Pavinato et al. (2008) conduziram um estudo para determinar a dose mais adequada de nitrogênio e potássio para produtividade de grãos e o melhor retorno econômico da adubação com o cultivo de milho sob irrigação por aspersão. A máxima produtividade de grãos de milho foi obtida com a aplicação de 283 a 289 kg ha⁻¹ de nitrogênio, mas a máxima eficiência econômica ocorreu com 156 a 158 kg ha⁻¹ de nitrogênio, não havendo incremento na produtividade com a aplicação de potássio. Isso evidencia que, em muitas situações, os produtores estão utilizando fertilizantes nitrogenados e potássicos acima do necessário.

Em minimilho, os trabalhos quanto à análise econômica são escassos na literatura. Wang et al. (2011) compararam o efeito de diferentes esquemas de colheita de milho (1 - sem colheita de minimilho, apenas colheita milho grão; 2 - primeira colheita como minimilho, colheita final como milho grão; 3 - segunda colheita como minimilho, colheita final milho grão; 4 - primeira, segunda e terceira como minimilho e quarta como milho grão) para rendimento de minimilho e o retorno econômico. Os resultados indicaram que a sequência descendente de tratamentos para retornos econômicos foram os tratamentos 4, 3, 2 e 1.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área de irrigação e drenagem da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) em Dourados, MS, situada nas coordenadas de 22° 11' 45" S e 54° 55' 18" O, com altitude média de 446 m, no período de abril a julho de 2014. O clima da região é do tipo Cwa mesotérmico úmido e a precipitação média anual é de 1500 mm e a temperatura média do ar de 22°C.

Na Figura 1, estão apresentados os valores relativos à temperatura máxima, média e mínima do ar observada durante o período de condução do experimento. A temperatura máxima, média e mínima durante a condução do experimento foram de 33,2, 24,6 e 16°C, respectivamente. A umidade relativa média do ar (UR) durante o experimento ficou em torno de 74,7%. A maior precipitação pluviométrica foi observada aos 14 dias após a emergência com 88,4 mm.

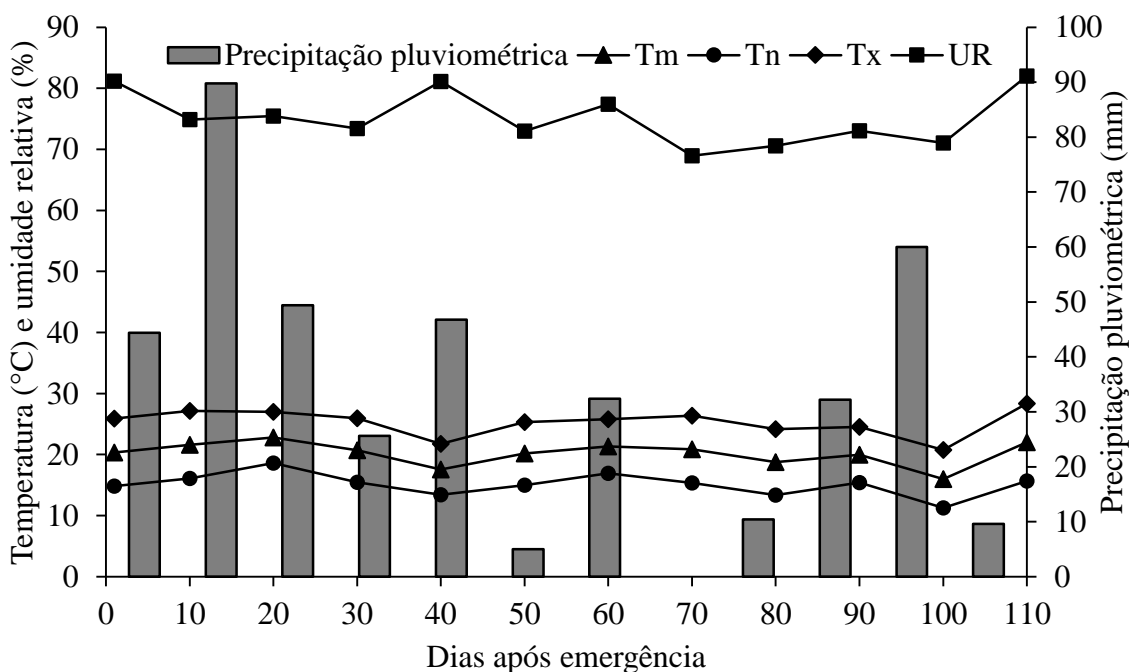


FIGURA 1. Temperatura máxima (Tx), mínima (Tn), média (T), umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica observadas no período do experimento em Dourados, MS, 2014.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2009), de textura muito argilosa.

Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm para determinação dos valores fertiquímicos (Quadro 1). Para determinação dos teores de P e K utilizou-se a solução extratora Melich 1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$); Ca; Mg e Al foram extraídos em solução extratora de KCl de 1 mol L^{-1} . O pH foi medido em CaCl_2 ; a Matéria Orgânica (M.O) pelo método colorimétrico; conforme a metodologia descrita por Claessen, (1997).

QUADRO 1. Caracterização química da amostra do solo na área experimental. Dourados, MS, 2014.

Profundidade (m)	pH*	P	M.O.	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T	V
		----mg dm ⁻³ ----		-----cmol _c dm ⁻³ -----							%
0,0 – 0,2	5,2	12,46	32,68	0,32	8,55	3,05	0,00	5,76	12,01	17,77	67,59

*pH em CaCl_2 .

Para a análise física do solo foram coletadas amostras nas profundidades entre 0 a 0,4 m, determinando os valores da densidade do solo, porosidade e a textura do solo (Quadro 2).

QUADRO 2. Análise física e granulométrica do solo da área experimental. Dourados, MS, 2014.

Profundidade (m)	Densidade* do solo g cm ⁻³	Porosidade			Textura		
		Micro	Macro	Total	Areia	Silte	Argila
		-----cm ³ cm ⁻³ -----			----- g kg ⁻¹ -----		
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

* Embrapa (1997)

3.2 Implantação e condução do experimento

Aos 30 dias antes da semeadura realizou-se o preparo do solo, que consistiu de uma aração e uma gradagem. A eliminação de plantas daninhas como 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.) foi realizada manualmente e com

aplicação de Glyphosate com dose de $4,5 \text{ L ha}^{-1}$ do produto comercial ($360 \text{ g i.a. L}^{-1}$). Ao longo do experimento foram realizadas capinas manuais.

De acordo com os resultados da análise de solo (Quadro 1) e mediante as recomendações de Souza e Lobato (2004), foi efetuada a calagem aos 30 dias antes da semeadura, utilizando-se calcário dolomítico, aplicando-se 530 kg ha^{-1} , para elevar a saturação por bases a 70%. Foram aplicados 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato simples (18% P_2O_5) no ato da semeadura.

Utilizou-se cultivar de milho AG 1051, um híbrido duplo com ciclo semiprecoce, recomendado para a produção de milho verde. O mesmo foi semeado, manualmente, no dia 4 de abril de 2014. Para isso, foram confeccionadas linhas espaçadas 0,80 m entre si, espaçamento entre plantas de 0,06 m e a profundidade de semeadura de aproximadamente 0,05 m (Figura 2). Foram semeadas 30 sementes por metro linear e 20 dias após a emergência foi feito o desbaste para atingir 15 plantas por metro linear, totalizando $187.500 \text{ plantas ha}^{-1}$. Após a semeadura, foi realizada uma irrigação inicial de 15 mm para levar o solo a capacidade de campo.



FIGURA 2. Detalhe da semeadura manual (A) e profundidade de semeadura do milho (B) durante a implantação do experimento em Dourados, MS, 2014.

O controle de pragas iniciais aéreas e do solo foi realizado através da aplicação de inseticidas Metomil (600 mL ha^{-1}) + Tiametoxam + Lambda-Cialotrina na dose de 100 mL ha^{-1} do produto comercial contendo $216 + 141 + 106 \text{ g i.a. L}^{-1}$, no controle da lagartas, cigarrinhas e mosca branca, respectivamente e Piraclostrobina + Tiofanato metílico + Fipronil na dose de 200 mL ha^{-1} do produto comercial contendo $25 + 225 + 250 \text{ g i.a. L}^{-1}$, para o controle de cupim e coró. Devido ao aparecimento de Mancha-de-Phaeosphaeria foi realizada uma aplicação de Piraclostrobina na concentração de $250 \text{ g i.a. L}^{-1}$.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas de doses de nitrogênio (0, 75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹) e as subparcelas de doses de potássio (K₂O) (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), parceladas em quatro aplicações, sendo no ato da semeadura, no estágio V2, V4 e V6. A fonte de nitrogênio e potássio foram uréia (45% de N) e cloreto de potássio (60% de K₂O), respectivamente.

Cada parcela consistiu de quatro linhas com 4 m de comprimento. Como área útil da parcela, foram consideradas as duas linhas e 2 metros centrais permanecendo as extremidades como bordaduras.

3.4 Sistema de irrigação e Manejo

A cultura do minimilho foi irrigado durante todo ciclo utilizando o manejo de irrigação baseado na estimativa diária da evapotranspiração de referência (ET_o), de acordo com o 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_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); R_n = radiação líquida (MJ m⁻² dia⁻¹); G = fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); Δ = declinação da curva de saturação do vapor da água (kPa °C⁻¹); U₂ = velocidade média do vento a 2 m acima da superfície do solo (m s⁻¹); T = temperatura média do ar (°C); e_s - e_a = déficit de pressão de vapor (kPa); γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹). O fluxo de calor no solo foi considerado desprezável. O fluxo de calor no solo foi considerado desprezável.

Os dados foram obtidos na Estação Meteorológica Automatizada Dourados-A721(INMET), latitude 22° 11' 38" S, longitude 54° 54' 41" O, altitude de 496 metros.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estimada de acordo com a Equação 2, seguida de adaptações para irrigação localizada calculada de acordo com Equação 3 (BERNARDO et al., 2008):

$$ET_c = ETo k_c \quad (02)$$

Em que: k_c é o coeficiente de cultura do minimilho, apresentado no Quadro 3.

QUADRO 3. Valores de coeficiente da cultura (K_c) para o minimilho. Fonte: Allen et al., 1998, adaptada por Albuquerque e Andrade, 2001. Dourados, MS, 2014.

Fase de desenvolvimento	K_c
I (fase vegetativa)	0,75
II (floração)	0,75-1,23
III (frutificação)	1,23
IV (senescência)	1,23-0,35

$$ET_{c_{Loc}} = ET_c k_L \quad (03)$$

Em que: $ET_{c_{Loc}}$ é a evapotranspiração da cultura conforme o método de irrigação localizada (mm dia^{-1}); k_L o fator de correção conforme o método de irrigação localizada, estimado de acordo com a Equação 4 de Keller e Bliesner, descrito em Bernardo et al. (2008).

$$k_L = 0,1 \sqrt{PAM} \quad (04)$$

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 50%.

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 5, 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 6.

$$CAD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) 1000Z \quad (05)$$

$$AFD_{Loc} = CAD \cdot p \cdot \frac{PAM}{100} \quad (06)$$

Em que, θ_{cc} é a umidade do solo na capacidade de campo (tensão a 10 kPa, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); θ_{pmp} é a umidade do solo no ponto de murcha permanente (tensão a 1.500 kPa, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); 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 7:

$$LL = (\sum ET_{c_{Loc}} - P) \quad (07)$$

Em que: P é chuva acumulada nos dias observados até o momento da irrigação (mm).

A lâmina bruta foi calculada de acordo com a Equação 8, considerando a LL máxima como a somatória da $ET_{c_{Loc}}$, até atingir no máximo a $AFD_{Loc} = 9,5$ mm, assim, o cálculo da lâmina líquida máxima no momento da irrigação, foi tomada como referência para ser aplicada com o gotejamento. Quando o somatório da $ET_{c_{Loc}}$, apresenta-se valor menor ou igual a AFD_{Loc} , a irrigação era realizada, mantendo sempre com valores abaixo da lâmina líquida máxima.

$$LB = \frac{LL}{Ef} \quad (08)$$

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 9.

$$T_i = 0,001 \frac{LL (E_{LL} \times E_A)}{0,95 Q n} \quad (09)$$

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 é 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, 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 (Figura 3). 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 monitorada por meio de manômetros.



FIGURA 3. Detalhe da instalação de uma linha de irrigação para cada linha de cultivo de minimilho em Dourados, MS, 2014.

3.5 Fertirrigação

Os tratamentos com nitrogênio e potássio foram aplicados utilizando um sistema de injeção de fertilizantes, tipo diferencial de pressão (Figura 4) adaptado a pequenas áreas ou parcelas.

O fluxo normal da água através das mangueiras era interrompido conforme o fechamento de um registro acoplado à mangueira, assim forçando a água da irrigação a atravessar em direção a um reservatório (garrafa pet) que continha os fertilizantes com suas respectivas doses. Após 30 minutos abria-se novamente os registros para a passagem da água em direção ao seu fluxo normal, realizando o tempo total da irrigação estabelecido e assim limpando as mangueiras gotejadoras para minimizar o efeito dos entupimentos dos emissores por excesso de sais.

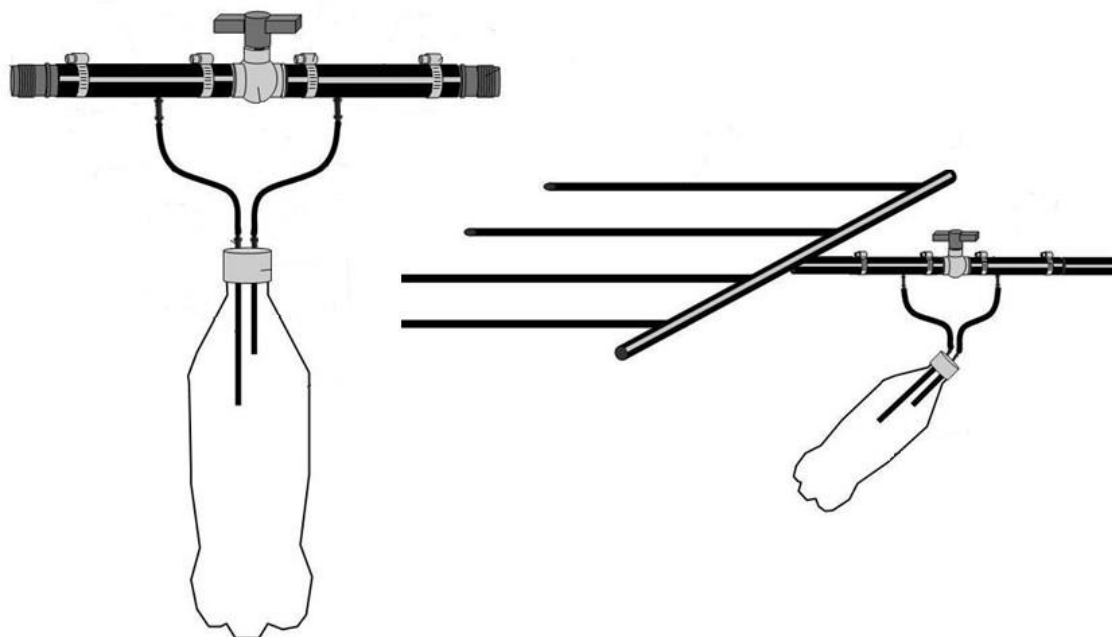


FIGURA 4. Sistema de fertirrigação por diferencial de pressão. Dourados, MS, 2014.

3.6 Colheita e variáveis avaliadas

A colheita foi iniciada aos 74 dias após a emergência e estendeu-se até os 104 dias após a emergência. As espiguetas foram colhidas quando os estilos-estigmas estavam com cerca de 2 a 3 cm de comprimento (SANTOS et al., 2008), sendo realizadas com o intervalo de dois a três dias (Figura 5). As colheitas foram realizadas nas primeiras horas do dia, para evitar possível perda de umidade das espiguetas, sendo colhidas todas as espiguetas da área útil.



FIGURA 5. Detalhe da espiguetas no ponto de colheita em Dourados, MS, 2014.

Após colhidas, as espiguetas foram colocadas em sacos plásticos, acondicionadas em caixas de isopor e, posteriormente, levadas para o Laboratório de irrigação e drenagem, onde foram avaliadas.

As variáveis agronômicas e comerciais avaliadas foram:

Teor de nitrogênio e potássio: Por ocasião do florescimento feminino, foram coletadas em seis plantas por subparcela o terço central de seis folhas abaixo e oposta à primeira espiga, segundo Coelho et al. (2002). Após a secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 60-70°C, as folhas foram moídas em moinho tipo Willey e determinado o teor de N total e potássio, segundo os métodos descritos em EMBRAPA (2009a).

Altura de plantas: mensurada a partir da superfície do solo até a base da inflorescência masculina – “pendão”, com o auxílio de régua topográfica, considerando seis plantas por parcela, na ocasião do pleno florescimento.

Diâmetro do colmo: mensurada na parte mediana do segundo internódio, a partir da base de seis plantas, por meio do uso de um paquímetro. A mensuração foi efetuada por ocasião do pleno florescimento.

Comprimento da espiguetas: comprimento médio de 10 espiguetas por parcela, medido em milímetros, com o auxílio de um paquímetro digital.

Diâmetro da espiguetas: diâmetro média de 10 espiguetas por parcela, medido em milímetros 1 cm a partir da base da espiguetas, com o auxílio de um paquímetro digital.

Número total de espiguetas: obtido pela contagem de todas as espiguetas desempalhadas colhidas na área útil da parcela.

Massa de espiguetas empalhadas: obtida pela pesagem em balança digital semianalítica de todas as espiguetas empalhadas na área útil da parcela e os dados transformados para kg ha^{-1} .

Massa total de espiguetas: obtida pela pesagem em balança digital semianalítica de todas as espiguetas desempalhadas (Figura 6) na área útil da parcela e os dados transformados para kg ha^{-1} .

Foram consideradas como espiguetas comerciais, espiguetas que apresentaram diâmetro variando entre 0,8 e 1,8 cm, comprimento variando entre 4 a 12 cm, cor variando de branco-pérola a creme-claro, formato cilíndrico e não fertilizadas (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2001), assim, foram avaliadas as seguintes variáveis:

Número de espiguetas comerciais: obtido pela contagem de todas as espiguetas comerciais desempalhadas na área útil da parcela.

Massa de espiguetas comerciais: obtida pela pesagem em balança digital semianalítica de todas as espiguetas comerciais desempalhadas na área útil da parcela. Os dados de peso de espiguetas comerciais foram transformados para kg ha^{-1} .



FIGURA 6. Detalhe da espiguetas de minimilho após separação da palhada em Dourados, MS, 2014.

Porcentagem de espiguetas comerciais: porcentagem entre o número total de espiguetas e o número de espiguetas comerciais na área útil da parcela.

3.6.1 Eficiência agrônômica de nitrogênio e potássio

É a produção econômica (massa de espiguetas comerciais) obtida por unidade de nutriente aplicado e expressa em kg kg^{-1} . A EA foi calculada através da equação 10 (FAGERIA et al., 2003):

$$EA = \frac{(Y_{cf} - Y_{sf})}{Q_f} \quad (10)$$

Em que: Y_{cf} é a produção de espiguetas comerciais com adubação (kg); Y_{sf} é a produção de espiguetas comerciais sem adubação (kg); Q_f é a quantidade de nutriente aplicado em Kg.

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. Isto 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 e potássio a ser utilizada que maximiza o lucro (MEE), consideraram-se as seguintes equações.

$$L = R - CT \quad (11)$$

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

O custo total é descrito na equação 12.

$$CT = CV + CF \quad (12)$$

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

Assim tem-se que:

$$CV = P_{x_1} x_1 \quad (13)$$

$$CF = P_{x_2} x_2 \quad (14)$$

$$R = P_y Y \quad (15)$$

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:

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

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

Obtém-se:

$$Y = a + b x_1 \tag{16}$$

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

Derivando a Equação (16) tem-se a Equação 17:

$$Y' = b \tag{17}$$

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 do minimilho (Quadro 4). O custo médio do quilograma de nitrogênio (N) e do potássio (K_2O) no ano de 2014 foi de R\$ 4,33 e 4,00, respectivamente. A partir dos dados gerados por cada tratamento (nitrogênio e potássio), foi correlacionada a quantidade dos nutrientes em cobertura e a produtividade das espiguetas comerciais, obtendo um gráfico e um modelo matemático. Posteriormente foi determinada a relação entre o preço dos nutrientes e o preço do quilo das espiguetas de minimilho (P_{x_1}/P_y).

QUADRO 4. Custos fixo, variável e total da produção da cultura do minimilho, por hectare, fertirrigado com nitrogênio e potássio e, irrigado por gotejamento, em Dourados, MS, 2014.

Componentes do custo	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Valor total (R\$)
A - Custo fixo				276,50
Depreciação e juros	R\$	-	-	20,06
Remuneração da terra	R\$	-	-	256,44
B - Custo variável				6.516,96
Insumos				
Super fosfato simples	kg	333,33	1,30	433,33
Micronutrientes	kg	2,00	25,00	50,00
Calcário	Mg	0,53	120,00	63,60
Semente de milho AG 1051	saco	2,58	284,00	732,72
Defensivos Agrícolas				
Glyphosate	L	4,00	19,70	78,80
Comet	kg	0,21	39,50	8,30
Lannate	L	0,10	31,00	3,10
Standak	L	0,20	250,00	50,00
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	1.218,10	1.218,10
Atividades agrícolas				
Distribuição de calcário	hm	0,15	60,00	9,00
Gradagens	hm	0,80	100,00	80,00
Pró-labore	-	-	-	3.600,00
Custo total (A+B)				6.793,46

O preço médio do quilograma das espiguetas *in natura* no período de produção em Dourados/MS foi de R\$ 6,00. Igualando-se a primeira derivada destas equações entre as respectivas relações de preços dos nutrientes e das espiguetas comerciais, obteve-se o ponto de MEE.

No Quadro 4, estão apresentados os produtos e serviços utilizados para o cultivo de minimilho, com seus respectivos valores, gerando os custos de produção. O custo de energia elétrica para a irrigação foi gerado em função do tempo total de irrigação. O projeto de irrigação foi amortizado para o período de cinco anos, calculado conforme a metodologia descrita por CONAB (2010).

3.8 Análise estatística

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância, quando significativos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, foram interpretadas através de estudos de regressão, (linear, quadrático e superfície de respostas) utilizando o programa SAS (SAS, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Manejo de irrigação

A evapotranspiração de referência (ET_o) média ao longo do experimento foi de 2,86 mm dia⁻¹ e a evapotranspiração da cultura (ET_{cLoc}), obteve média diária de 2,14 mm, sendo que a ET_{cLoc} acumulada ao 112 dias da cultura no campo foi de 240,73 mm. Verificou-se aos 19 DAE a máxima ET_o, (5,13 mm dia⁻¹), assim como a máxima ET_c, que foi cerca de 2,67 mm dia⁻¹ (Figura 7). Esse período apresentou maior evapotranspiração devido ao fato de que nesse dia, foi observada a maior temperatura média (21,9°C) e a menor umidade relativa (65%) e radiação líquida (21,97 MJ m⁻²) (Figura 1). Esses fatores climáticos são os maiores responsáveis pela evapotranspiração das plantas (ALLEN et al., 1998). A lâmina total de água (precipitação pluviométrica + irrigação) aplicado durante o experimento foi de 548,12 mm, com precipitação pluviométrica equivalente a 391,4 mm (Figura 7). Foram realizadas 19 irrigações durante a condução do experimento com uma lâmina média de 8,25 mm.

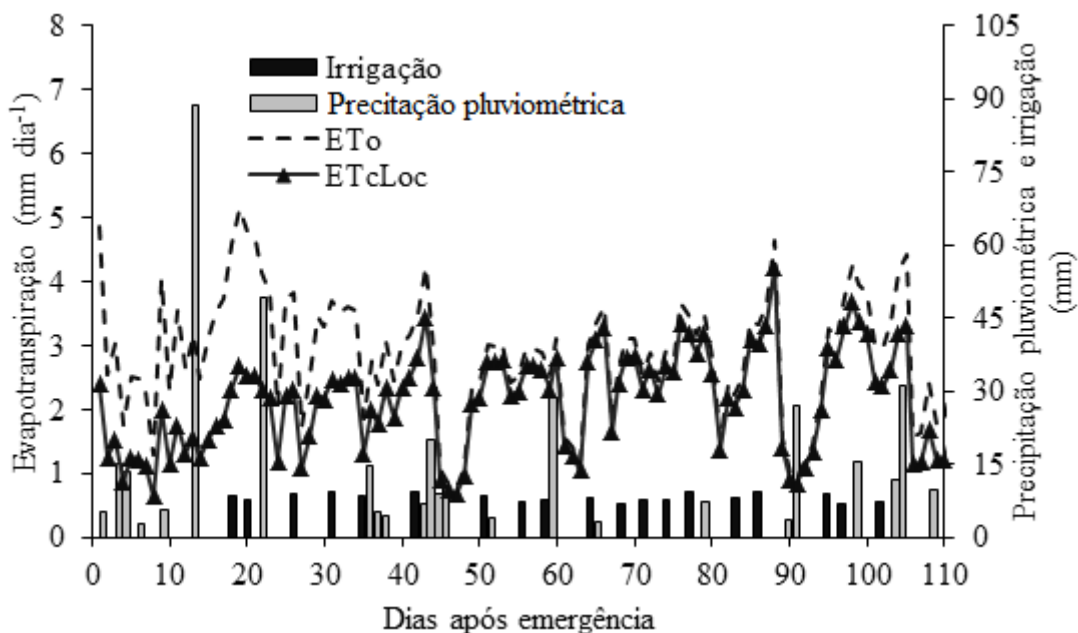


FIGURA 7. Evapotranspiração de referência (ET_o), evapotranspiração da cultura (ET_c), irrigação e precipitação pluviométrica observadas no período do experimento em Dourados, MS, 2014.

4.2 Teor foliar de nitrogênio e potássio

O teor foliar de nitrogênio foi influenciado significativamente pelas doses de nitrogênio e não houve efeito isolado das doses de potássio. Foi verificada diferença significativa para a interação entre a fertirrigação nitrogenada e potássica sobre o teor de nitrogênio na parte aérea (folhas). Já o teor foliar de potássio foi influenciado apenas pelas doses de potássio aplicadas via sistema de fertirrigação (Quadro 5).

QUADRO 5. Resumo da análise de variância referente ao teor de nitrogênio (TN) e teor de potássio nas folhas (TK) em relação as doses de nitrogênio e potássio em Dourados, MS, 2014.

FV	GL	Quadrado Médio	
		TN	TK
Nitrogênio (N)	4	86,7496**	4,673 ^{ns}
Bloco	3	18,6331	0,7859 ^{ns}
Erro (a)	12	5,7624	2,3446
C.V. (%)	-	8,90	6,02
Potássio (K)	4	3,0086 ^{ns}	62,8603**
N x K	16	6,3161**	3,3828 ^{ns}
Erro (b)	60	2,1789	2,8006
C.V. (%)	-	5,47	6,57

^{ns} não significativo; *, ** significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste F.

A interação entre as doses de nitrogênio e potássio foi significativa para o teor de nitrogênio foliar, com ajustes dos resultados ao modelo polinomial (Figura 8). De acordo com a equação, verificou-se que a dose de 249 kg ha⁻¹ de N foi responsável pelo máximo teor de nitrogênio, independentemente da dose de potássio.

No trabalho de Frazão et al. (2014) com a cultura do milho, foi verificado que independente da fonte de nitrogênio (N), o aumento das doses de N favoreceu a produção de massa seca de parte aérea de plantas, a massa de cem grãos, o teor de N na folha e a produtividade de grãos.

Observou-se que a concentração média do nitrogênio nas folhas não varia em função das doses de potássio e este manteve-se próximo de 24 g kg⁻¹. Verificou-se que os teores foliares estimados de N em função das doses de nitrogênio variaram de 23,84 g kg⁻¹ (zero kg ha⁻¹ de N) a 28,28 g kg⁻¹ (249 kg ha⁻¹ de N). Essa diferença pode ser de fundamental importância para a produtividade do minimilho.

Resultados de pesquisa demonstraram que plantas bem nutridas com nitrogênio são mais eficientes em absorver determinados elementos, entre eles, fósforo e potássio, devido ao maior crescimento do sistema radicular (MONTEZANO et al., 2008).

De acordo com Cantarella et al. (1997), o teor adequado de N, nas folhas de milho, para um bom desenvolvimento e produção, está situado na faixa de 27,5 – 32,5 g kg⁻¹ de nitrogênio na matéria seca. Constata-se que no tratamento testemunha os teores foliares de nitrogênio (TN) não foram considerados adequados o que pode justificar o aumento na massa da espiguetas em função da aplicação de doses crescentes desses nutrientes. Trani et al. (1983) destacaram que o teor total de nitrogênio na folha do milho, por ocasião da diagnose foliar, considerado crítico, situa-se próximo de 30,0 g kg⁻¹.

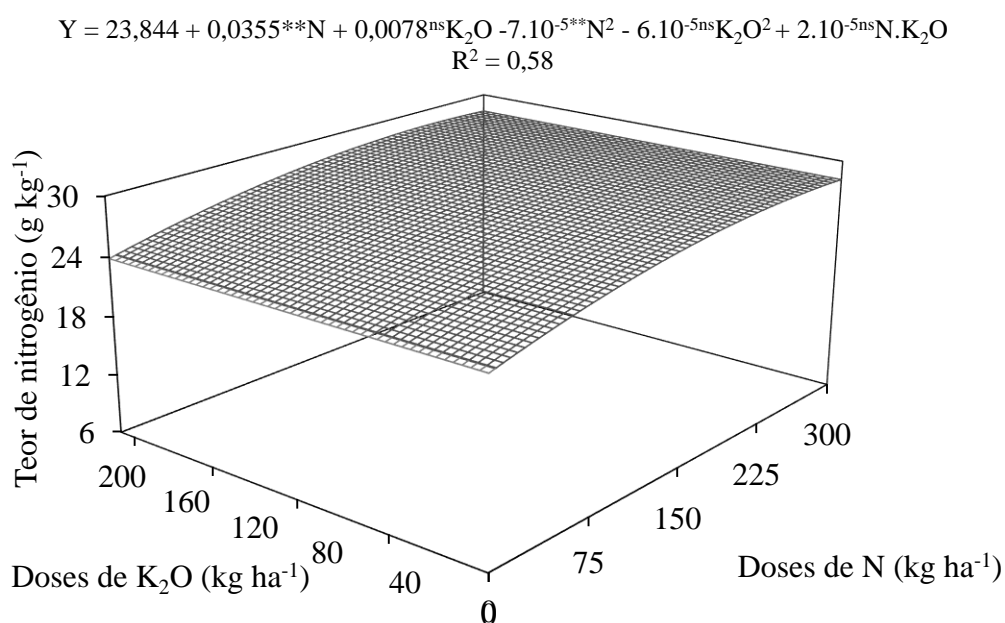


FIGURA 8. Teor de nitrogênio nas folhas de minimilho em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.

Segundo Vasconcellos et al. (1998), próximo à fase de coleta das espiguetas o total de nitrogênio acumulado pelas plantas de milho pode alcançar 180 kg ha⁻¹, e desses, apenas 22 kg ha⁻¹ serão exportados para as espiguetas. Para esses autores, apesar da grande retirada de nitrogênio, a exploração do minimilho, em razão do estágio da colheita (antes da formação dos grãos), não responde a altas doses de nitrogênio.

Duarte Jr. (2006), avaliando o desempenho do milho UENF 506-8, cultivado em sistema de semeadura direta sobre a palhada do feijão-de-porco, palhada de milho e com vegetação espontânea incorporada ao solo, observou teores foliares de N, P e K de

22,4; 5,9 e 21,8 g kg⁻¹, respectivamente, nas plantas de milho cultivadas sobre a palhada do feijão-de-porco. O mesmo autor observou que o TN foi inferior quando cultivado sobre a palhada do milho, equivalente a 14,8 g kg⁻¹.

No estudo de Eklund (2010), onde foi avaliada a produção de fitomassa para cultivo de minimilho sob sistema de plantio direto, foi observado baixo teor foliar de nitrogênio, a autora relata que o minimilho foi semeado, aproximadamente, 50 dias após o manejo das plantas de cobertura e com isso, possivelmente, ocorreu um menor aproveitamento do nitrogênio. Um outro fator que pode ter colaborado para este baixo TN é quanto à época do manejo, que foi feito quando todas as plantas de cobertura se apresentavam em fase final de formação de grãos e conforme relatos na literatura, isto influencia na relação C/N das plantas.

Avaliando o efeito de doses de nitrogênio em cobertura (0, 25, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹), na cultura do milho sob sistema plantio direto, Gomes et al. (2007) também verificaram incremento linear no teor de nitrogênio foliar no florescimento da cultura com o aumento na dose do nutriente. Semelhante aos teores obtidos por Lourente et al. (2007), o nitrogênio foliar variou de 15,92 a 27,71 g kg⁻¹ em razão dos fatores considerados.

Os teores foliares de potássio variaram significativamente ($P < 0,05$) com as doses de K₂O aplicadas via fertirrigação. Esse efeito pode ser observado por um modelo de regressão quadrática. O maior valor de potássio foliar foi observado na dose de 107,50 kg de K₂O ha⁻¹ alcançando o valor de 26,5 g kg⁻¹, e partir deste ponto, conforme aumentou-se as doses, o teor de potássio regrediu a uma margem de 0,02 g para cada quilograma de potássio aplicado na água de irrigação (Figura 9).

O teor de potássio nas folhas apresentou pouca variação diante das doses de potássio testadas, isso ocorreu provavelmente devido aos altos teores de potássio no solo (Quadro 1), todos os teores de potássio nas folhas, inclusive o da testemunha, sem aplicação deste nutriente, ficaram dentro da faixa de 17-35 g kg⁻¹ de K na matéria seca, considerada adequada para a cultura do milho por Cantarella et al. (1997). Neste caso, independentemente da dose de K testada, o teor do nutriente nas folhas foi adequado, não comprometendo, assim, o desenvolvimento da cultura.

Os teores foliar de potássio em todas as doses aplicadas, inclusive o da testemunha sem aplicação deste nutriente, ficaram dentro da faixa de 17-35 g kg⁻¹ de K na matéria seca, para a cultura do milho, considerada adequada por Cantarella et al. (1997).

Segundo Marschner (2011) a planta de milho possui uma exigência total de 190 kg ha⁻¹ de K, sendo exportados através das espiguetas aproximadamente 20 kg ha⁻¹ de K. Desta forma, o valor observado no presente trabalho, está de acordo com aquele mencionado por Cantarella et al. (1997).

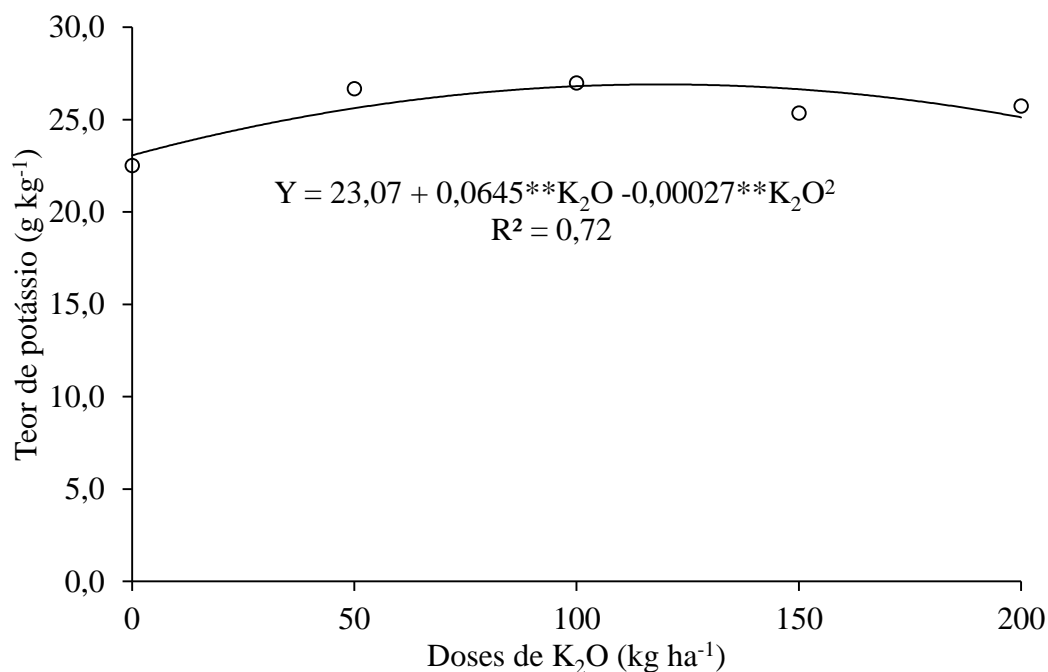


FIGURA 9. Teor de potássio nas folhas de minimilho em função da adubação potássica. Dourados, MS, 2014.

Como o aumento da produção de grânulos (grãos) está diretamente relacionado com o maior transporte e armazenamento de fotoassimilados nos grãos, o teor de potássio tende também a aumentar, pois ele participa do transporte de sacarose e fotoassimilados no sentido da fonte para o dreno (MARSCHNER, 2011).

4.3 Altura e diâmetro do colmo

Observou-se efeito da interação entre doses de nitrogênio e potássio sobre a altura de plantas ($P < 0,01$) e o diâmetro de colmo ($P < 0,05$). O coeficiente de variação foi de 3,50% e 6,56% para a altura de planta e diâmetro do caule respectivamente (Quadro 6).

QUADRO 6. Resumo da análise de variância referente à altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC) em relação às doses de nitrogênio e potássio em Dourados, MS, 2014.

FV	GL	Quadrado Médio	
		AP	DC
Nitrogênio (N)	4	0,2044**	0,3735**
Bloco	3	0,1012**	0,0235 ^{ns}
Erro (a)	12	0,0226	0,0149
C.V. (%)	-	7,20	7,73
Potássio (K)	4	0,0532**	0,0213 ^{ns}
N x K	16	0,0343**	0,0233*
Erro (b)	60	0,0053	0,0107
C.V. (%)	-	3,50	6,56

^{ns} não significativo; *, ** significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste F.

Pelo modelo de superfície de resposta, verifica-se que a altura de planta foi influenciada positivamente em função das doses de nitrogênio, no entanto, o aumento das doses de potássio causou redução da altura de planta em associação com todas as doses de nitrogênio (Figura 10). A maior quantidade de nitrogênio (300 kg ha⁻¹) via fertirrigação, elevou a altura de planta a 2,42 m em associação com a dose zero de potássio. Nesse trabalho ficou evidente que a aplicação de potássio em fertirrigação diminuiu o valor da altura de planta do minimilho. Essa situação pode ser resultado de interação antagônica entre nitrogênio e potássio em que doses elevadas de nitrogênio promovendo diminuição de disponibilidade de potássio às plantas (MALAVOLTA, 2006).

Mas diante da aplicação de nitrogênio Silva et al. (2005), destacaram que sua ação no crescimento vegetativo influencia diretamente a divisão e a expansão celular e o processo fotossintético, promovendo acréscimo em altura de planta devido ao alongamento dos entrenós. Com o maior crescimento vegetativo e aumento do comprimento dos entrenós e conseqüentemente maior o sombreamento mútuo entre as plantas, as mesmas acabam recebendo menor radiação solar, apresentando alterações nas propriedades biofísicas do colmo, com isso, sua morfologia e a anatomia também são alteradas por este nutriente, estando assim relacionadas ao acamamento das plantas (BERRY et al., 2003).

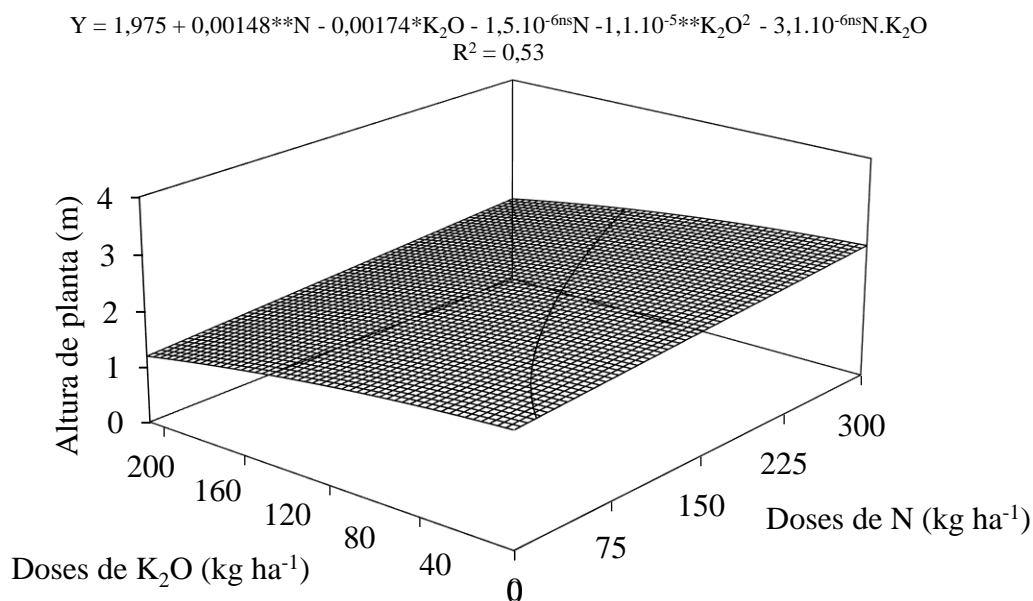


FIGURA 10. Altura de planta do minimilho em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.

O nitrogênio além de promover o crescimento vegetativo das plantas, ainda atua nas taxas de iniciação e expansão foliar, no tamanho final das folhas e no alongamento do caule (SCHRÖDER et al., 2000). Nesse contexto, Santos et al. (2014a), relatam que apesar da grande importância do nitrogênio na cultura do minimilho, sua utilização na adubação deve ser racional, pois além de aumentar o risco de acamamento devido à expansão dos entrenós pode causar prejuízos econômicos e poluição ambiental. A altura de plantas do minimilho, mesmo na dose mais elevada (300 kg ha⁻¹) manteve-se dentro do padrão considerado ótimo para o processo de colheita do minimilho, entre 2 e 2,5 m (KUMAR e SINGH, 1999).

Altas densidades de plantas como observado na cultura do minimilho que podem chegar a 200.000 plantas ha⁻¹ e elevadas doses de nitrogênio são fatores positivos para o aumento da produtividade, pois o nitrogênio tem o papel de disponibilizar fotoassimilados para a formação e enchimento de grãos, porém, podem resultar no acamamento da cultura, o que interfere negativamente na produção (ZAGONEL et al., 2002; MAGALHÃES et al., 2001).

Apesar da interação do nitrogênio e potássio, para o diâmetro do caule foi observado que a superfície de resposta representada pela equação da Figura 11, é exclusivamente dependente das doses de nitrogênio, dessa maneira fica explícito que o

maior diâmetro do caule foi encontrado com a aplicação da dose de nitrogênio de 300 kg ha⁻¹, independente da dose de potássio, com diâmetro de caule com valor de 1,82 cm.

Do Carmo et al. (2012) ao avaliarem doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade do milho verde, observaram em seu estudo resultados semelhantes ao encontrado nesse trabalho, onde o diâmetro do colmo do milho foi incrementado pela elevação das doses de nitrogênio em cobertura.

Os resultados encontrados nesse trabalho discordam dos encontrados por Farinelli e Lemos (2010), que a avaliar a produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos de solo, não observaram diferenças significativas no diâmetro do colmo com o aumento de doses de nitrogênio e estão de acordo com trabalho de Santos et al. (2014a), no qual verificaram que o incremento do diâmetro do colmo foi satisfatório com o incremento das doses de nitrogênio, salientando que maiores diâmetros permitem plantas mais resistentes ao acamamento e à ocorrência de doenças, especialmente as podridões de colmo, que podem ocorrer na cultura do minimilho, devido à alta densidade de plantas observada na sua produção (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2000; PEREIRA FILHO; CRUZ, 2001).

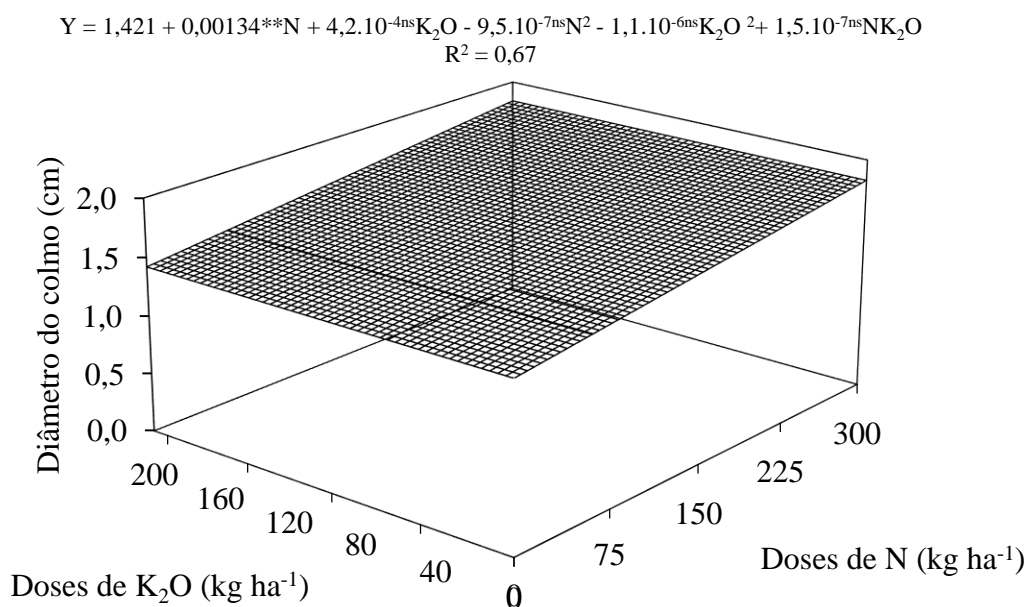


FIGURA 11. Diâmetro de colmo do minimilho em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.

Segundo Repke (2013), plantas bem nutridas com nitrogênio apresentam melhor desenvolvimento da área foliar e do sistema radicular, sendo que esse nutriente

participa diretamente da divisão e expansão celular e do processo fotossintético. Fancelli e Dourado Neto (2004), citam que o colmo não serve apenas para o suporte de folhas e inflorescências, também é utilizado principalmente, como estrutura de armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados posteriormente para a formação dos grãos. Nesse sentido, maiores diâmetros de colmos, normalmente, se correlacionam positivamente com maiores produtividades, por se tratar de um órgão de reserva para a planta (SORATTO et al., 2010; CRUZ et al., 2008).

4.4 Número, diâmetro e comprimento de espiguetas

O número total e comercial de espiguetas foi influenciado pelas doses de nitrogênio ($P < 0,01$). Para o diâmetro de espiguetas não houve efeito significativo, contudo foi observado para o comprimento de espiguetas diferença entre os tratamentos de nitrogênio ($P < 0,05$) e os tratamentos de potássio ($P < 0,01$) e não houve interação entre os tratamentos (Quadro 7).

QUADRO 7. Resumo da análise de variância referente ao número total de espiguetas (NE), número de espiguetas comerciais (NEC), diâmetro de espiguetas (DE) e comprimento de espiguetas (CE) em relação às doses de nitrogênio e potássio em Dourados, MS, 2014.

FV	GL	Quadrado Médio			
		NE	NEC	DE	CE
Nitrogênio (N)	4	32015737402**	10894166936**	0,3948 ^{ns}	60,4309*
Bloco	3	3097226613 ^{ns}	804971166 ^{ns}	0,5365 ^{ns}	4,2782 ^{ns}
Erro (a)	12	3408361642	5197258292	1,0106	18,0929
C.V. (%)	-	13,39	19,36	8,50	5,64
Potássio (K)	4	3377638355 ^{ns}	453940177 ^{ns}	0,2060 ^{ns}	39,2839**
N x K	16	2765580433 ^{ns}	2086531183 ^{ns}	0,3185 ^{ns}	18,1069 ^{ns}
Erro (b)	60	1587458155	2989585044	0,5793	11,5551
C.V. (%)	-	9,14	14,68	6,44	4,51

^{ns} não significativo; *, ** significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste F.

O número total de espiguetas ajustou-se ao modelo de regressão quadrática em função das doses crescentes de nitrogênio, com ponto de máxima estimada na dose de 153,90 kg de N ha⁻¹, obtendo o número total de espiguetas por hectares de 474.129 (Figura 12).

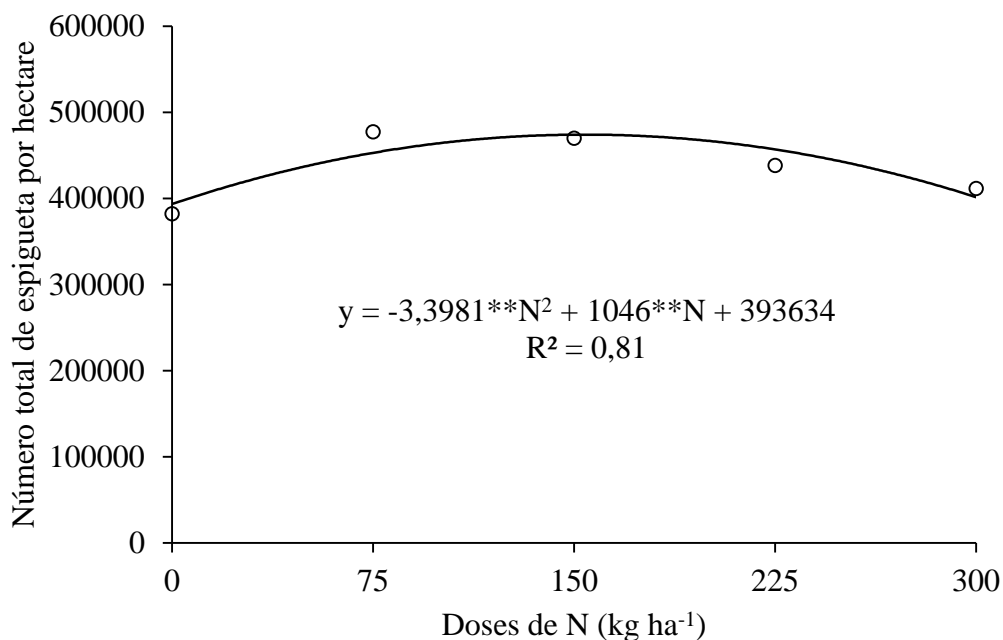


FIGURA 12. Número total de espiguetas de minimilho em função da adubação nitrogenada. Dourados, MS, 2014.

O número de espiguetas comerciais respondeu de forma crescente e linear em função das doses de nitrogênio (Figura 13). O número total médio de espiguetas foi de 435.853 unidades por hectare contra 372.944 de espiguetas comerciais, ou seja, da produção total, 85% das espiguetas encontram-se na condição de preferência por consumidores.

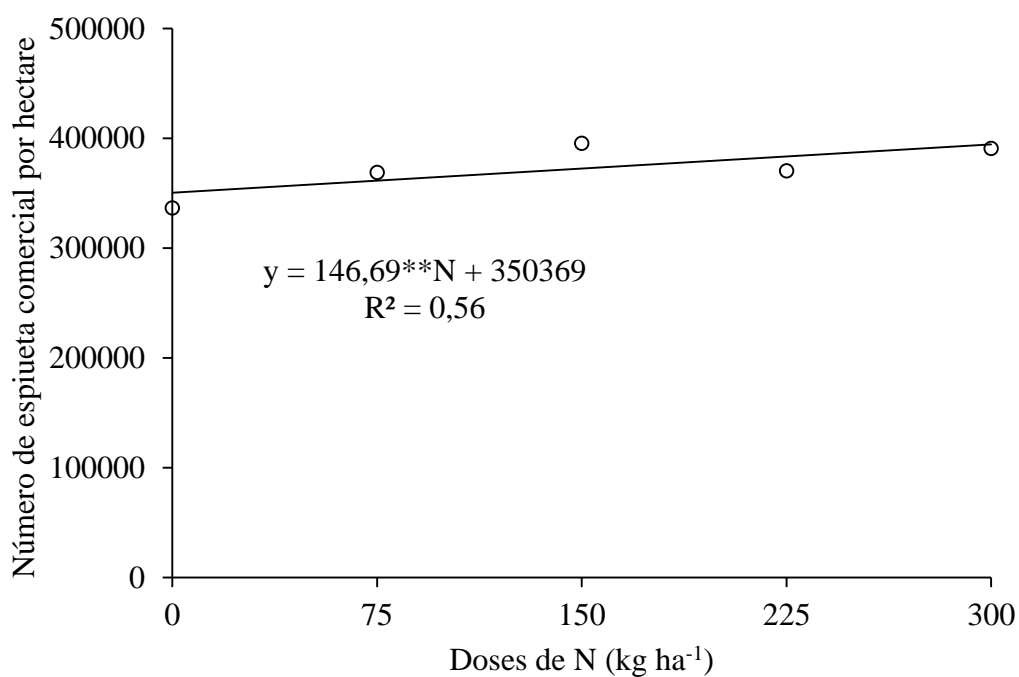


FIGURA 13. Número de espiguetas comerciais de minimilho em função da adubação nitrogenada. Dourados, MS, 2014.

Observa-se na Figura 14, que o comprimento da espiguetas em função da aplicação de nitrogênio ajustou-se a um modelo quadrático, alcançando o maior comprimento estimado pelo modelo, com valor de 76,23 mm quando aplicados 128 kg ha de N. Isso demonstra que o comprimento de espiguetas aumenta 0,025mm a cada kg de N aplicado, via fertirrigação, até a dose de 128 kg de N ha⁻¹.

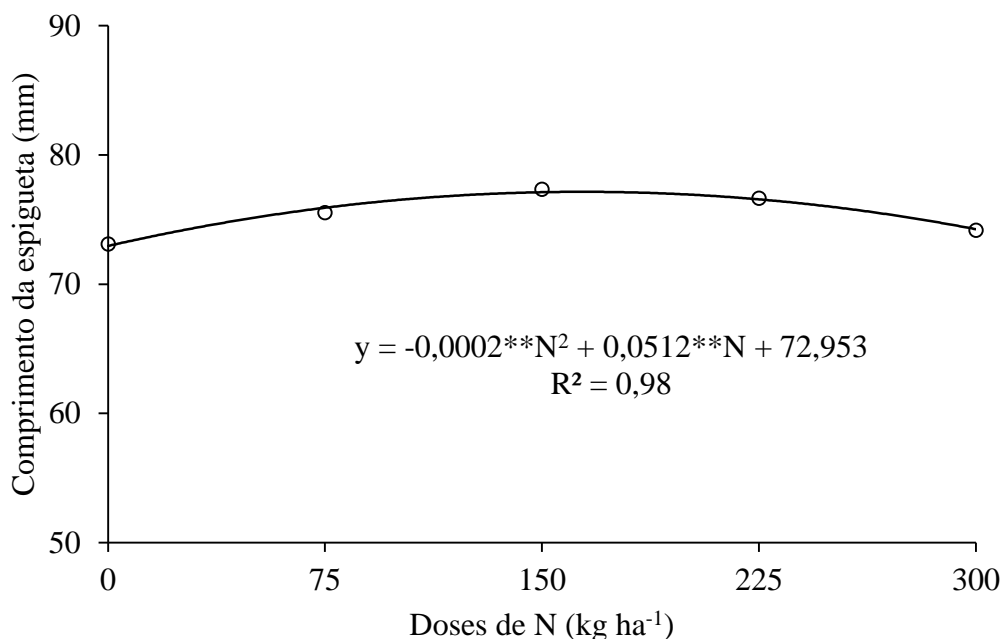


FIGURA 14. Comprimento de espiguetas de minimilho em função da adubação nitrogenada. Dourados, MS, 2014.

Já para o comprimento da espiguetas em função da aplicação de K₂O, a dispersão dos valores ajustou-se a um modelo linear crescente com comprimento variando de 74 mm quando não foi aplicado potássio a 77 mm quando aplicados 200 kg ha⁻¹ de potássio. Apesar do modelo ser significativo, o acréscimo no tamanho da espiguetas foi na ordem de 4%, evidenciando que cada kg de K₂O aumenta em apenas 0,0152 mm a espiguetas (Figura 15), fato ocorrido, provavelmente, pelo alto teor de potássio no solo antes da implantação do experimento (Quadro 1).

Mesmo nas maiores doses de nitrogênio (Figuras 14) e potássio (Figura 15) aplicadas via fertirrigação, o comprimento de espiguetas ficou de acordo com os padrões comerciais; 40 a 120 mm de comprimento (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2001). Para a variável comprimento de espiguetas, considerando os padrões comerciais e os resultados obtidos não há necessidade de aplicação de nitrogênio e potássio.

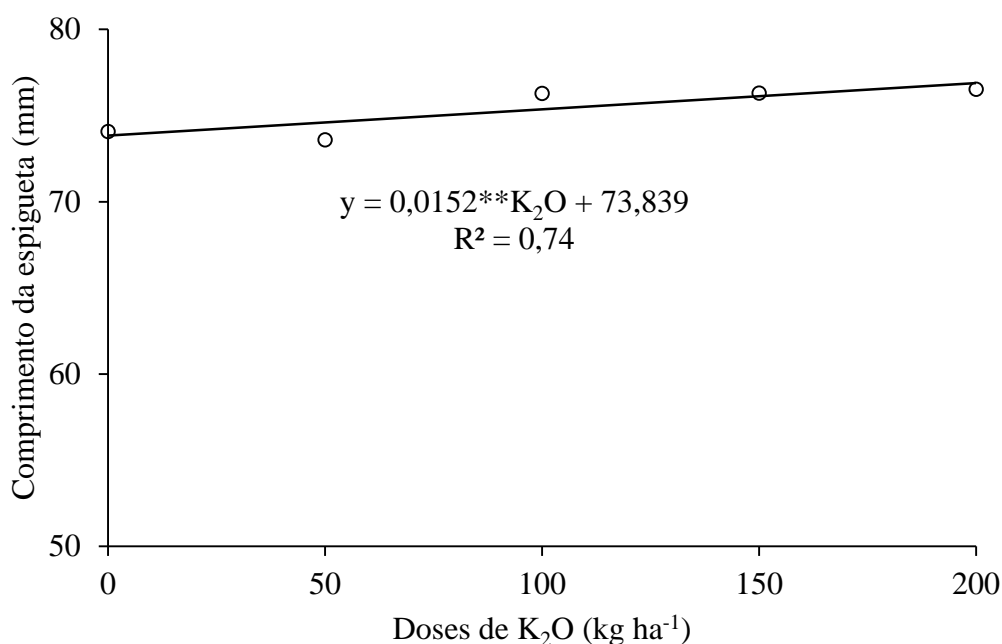


FIGURA 15. Comprimento de espiguetta de minimilho em função da adubação potássica. Dourados, MS, 2014.

4.5 Variáveis de massa da espiguetta

Houve interação dos fatores nitrogênio e potássio para as variáveis massa total de espiguetta, massa de espiguetas comerciais e porcentagem de espiguetas comerciais e efeito isolado do fator nitrogênio para a variável massa de espiguetas empalhadas (Quadro 8).

QUADRO 8. Resumo da análise de variância referente à massa de espiguetas empalhadas (MEP), massa total de espiguetta (ME), massa de espiguetas comerciais (MEC) e porcentagem de espiguetas comerciais (PEC), em relação às doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.

FV	GL	Quadrado Médio			
		MEP	ME	MEC	PEC
Nitrogênio (N)	4	25103628,4*	4180309**	4675121,57**	753,3937**
Bloco	3	886611,9 ^{ns}	506189*	259606,73 ^{ns}	44,1262 ^{ns}
Erro (a)	12	6595777,2	364412	342352,46	52,6401
C.V. (%)	-	20,72	21,97	26,05	8,95
Potássio (K)	4	7575222,1 ^{ns}	737490**	853307,35**	112,4105*
N x K	16	2665405,3 ^{ns}	304307**	263,133,42*	103,3363**
Erro (b)	60	3574118,4	158318	141844,25	36,2306
C.V. (%)	-	14,62	14,48	16,77	7,42

^{ns} não significativo; *, ** significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente pelo teste F.

Na Figura 16, observa-se que a massa de espiguetas empalhada ajustou-se ao modelo quadrático, alcançando o máximo estimado de 13.834 kg ha⁻¹ quando aplicados 246,43 kg ha⁻¹ de nitrogênio. O valor médio do peso de espiguetas empalhadas encontrado nesta pesquisa foi de 11.333,06 kg ha⁻¹, este valor foi superior aos encontrados por Moreira (2007), Rodrigues et al. (2004), Carvalho et al. (2003), que obtiveram valor médio de 10.825 kg ha⁻¹, 8.270 kg ha⁻¹ e 5.080 kg ha⁻¹ respectivamente.

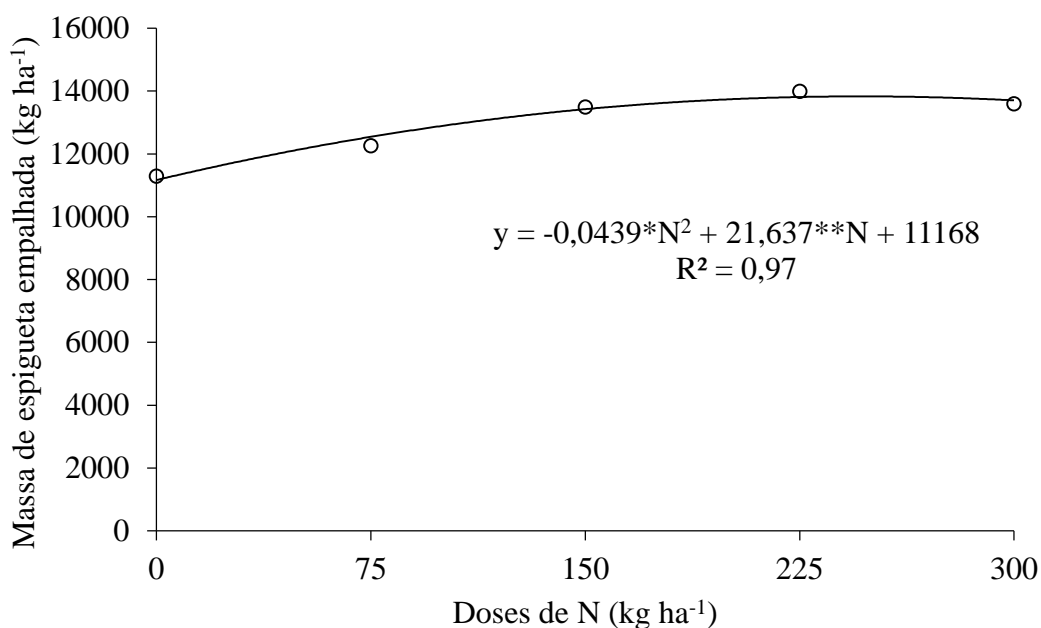


FIGURA 16. Massa de espiguetas empalhadas de minimilho em função da adubação nitrogenada. Dourados, MS, 2014.

Na figura 17 observa-se que à medida que aumentam as doses de nitrogênio associadas às doses de potássio a massa total de espiguetas foi incrementada. A regressão polinomial indica que as doses necessárias de nitrogênio e potássio para a obtenção da máxima massa de espiguetas, 3.371,11 kg ha⁻¹, foram encontradas com a aplicação de 195,81 e 149,03 kg ha⁻¹, respectivamente de N e K₂O. Conforme o modelo de superfície de resposta da Figura 17, a aplicação dessa combinação de doses de nitrogênio e potássio pode elevar a produtividade em 93%.

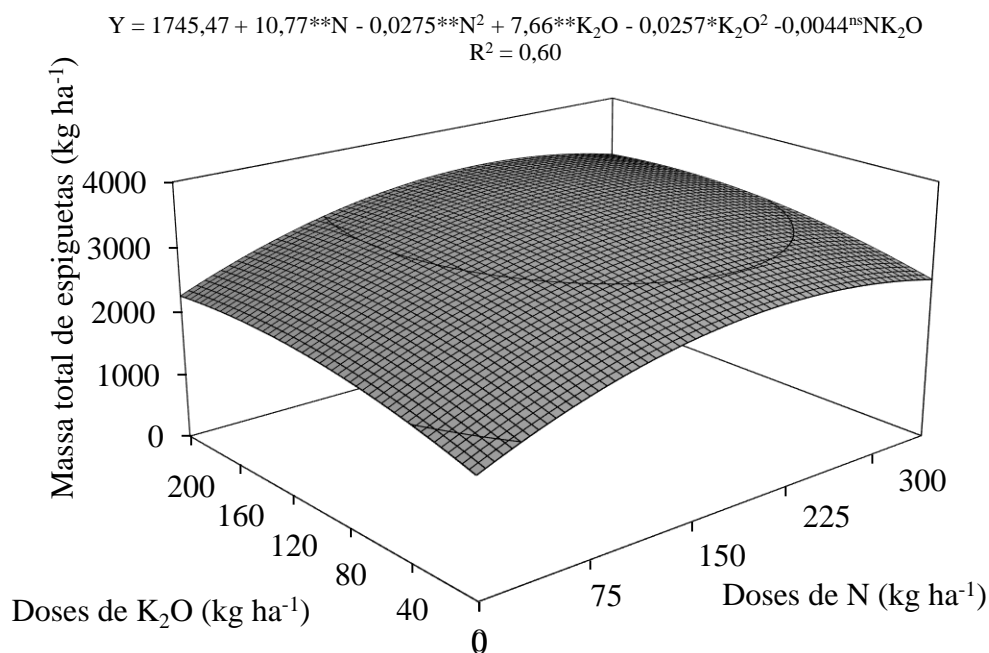


FIGURA 17. Massa total de espiguetas em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.

O valor ótimo da massa de espiguetas comercial (2.886 kg ha^{-1}) foi encontrado com a associação da aplicação da dose de nitrogênio de $171,63 \text{ kg ha}^{-1}$ e da dose de potássio de $121,57 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 18). A equação da Figura 18 evidenciou que até o limite das doses críticas de nitrogênio e potássio cada quilograma por hectare de nitrogênio e potássio incrementa a massa de espiguetas comercial em $34,28 \text{ kg ha}^{-1}$. Para Vasconcellos et al. (2001) a massa de espigas comerciais é considerada a principal característica observada para a produção de minimilho, principalmente para o setor de indústria de conserva (PEREIRA FILHO; FURTADO, 2004).

Discordando do observado neste trabalho, Pereira Filho et al. (2002), relatam que devido que como o minimilho é colhido num estágio muito jovem, pressupõe-se não haver necessidades de altas doses de nitrogênio, e os mesmos autores observaram em seu trabalho que a produção total e comercial de minimilho, com diferentes cultivares de milho, não foram influenciadas por doses de nitrogênio de 60 e 120 kg ha^{-1} aplicadas em cobertura e diferença de rendimento médio entre as doses inferior a 100 kg ha^{-1} de espiguetas comerciais.

Contudo alguns pesquisadores demonstram que o aumento da produtividade da cultura do minimilho só é possível com a aplicação de altos níveis de adubação nitrogenada, como no caso de Thakur e Sharma (1999), avaliando o efeito de doses (100 , 150 e 200 kg ha^{-1}) e parcelamento da adubação sobre a produção de minimilho na Índia,

observaram que dosagens na ordem de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicada em relação a 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, parcelada em três aplicações, promoveu acréscimo na produtividade na ordem de 10,26%, e entre 100 e 150 kg ha⁻¹ não houve diferença significativa. No estudo de Lone et al. (2013), a combinação de 6 Mg ha⁻¹ em com 150% de dose recomendada de fertilizante (225 N: 90 P₂O₅: 60 K₂O kg ha⁻¹) proporcionou o rendimento máximo de massa de no valor de 2060 kg ha⁻¹.

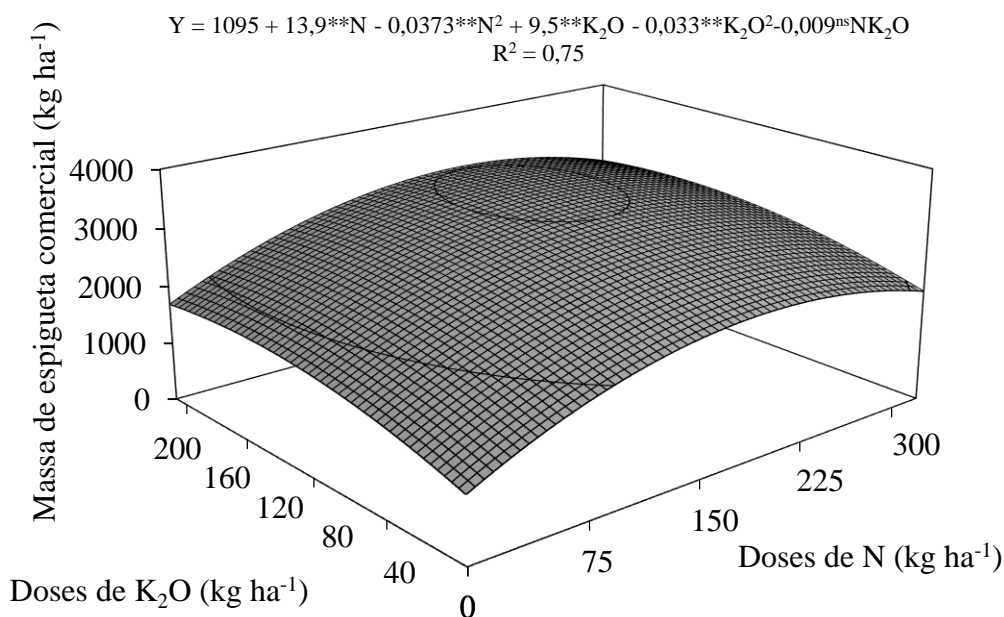


FIGURA 18. Massa de espiguetas comerciais em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.

A aplicação combinada das doses de nitrogênio e potássio, via fertirrigação incrementaram a porcentagem de espiguetas comerciais do minimilho com ajuste das doses ao modelo de regressão polinomial (Figura 19). Derivando a equação observa-se que as doses necessárias de nitrogênio e potássio para a obtenção do ponto máximo de espiguetas comerciais (89,23%), foi encontrada com a dose de 159,78 e 105,70 kg ha⁻¹, respectivamente de N e K₂O.

Conforme descrito por Pereira Filho e Furtado (2004) a porcentagem de espiguetas comerciais é um parâmetro muito importante para a indústria de processamento de minimilho. No entanto, do ponto de vista do conjunto total, com a produção de espigas, o número de espigas comerciais pode-se distinguir cultivares ou variedade mais recomendadas para a produção de minimilho e, assim, esse é o fator crucial em avaliações de rendimento (RODRIGUES et al., 2004).

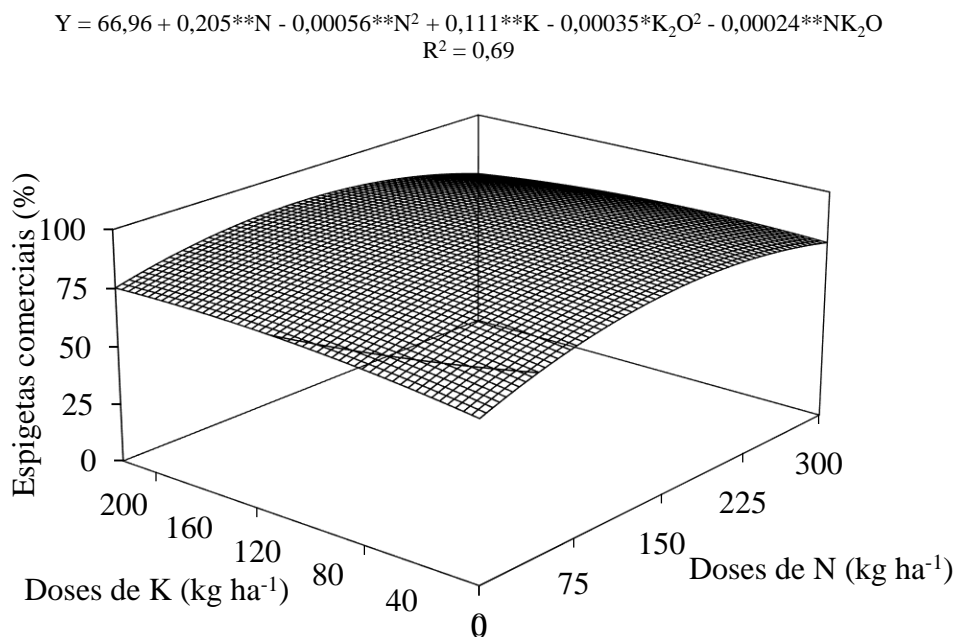


FIGURA 19. Porcentagem de espiguetas comerciais em função das combinações de doses de nitrogênio e potássio. Dourados, MS, 2014.

4.6 Eficiência agrônômica de nitrogênio e potássio

A eficiência agrônômica do nutriente nitrogênio e potássio foi estudada verificando sua causa/efeito através de regressão linear conforme a Figura 20 e 21. Observa-se que conforme aumentaram-se as doses de nitrogênio, a eficiência agrônômica do nitrogênio diminuiu a uma taxa de 51,2 g a cada quilograma de nitrogênio aplicado via fertirrigação, sendo que a variação dessa eficiência entre a dose de nitrogênio de 75 kg ha⁻¹ e 300 kg ha⁻¹ foi equivalente a 11,52 kg de espiguetas por quilograma de fertilizante nitrogenado (Figura 20).

No estudo realizado por Farinelli e Lemos (2012) com plantio direto na cultura do milho, a eficiência do uso de nitrogênio diferiu para todas as avaliações em que, para o plantio direto, os valores decresceram em relação às doses, confirmando os resultados reportados por Fernandes et al. (2005), onde há diminuição dos valores de acordo com o aumento de doses de nitrogênio aplicadas, em vista do suprimento de nitrogênio exceder as exigências da cultura.

Doses altas de nitrogênio para o cultivo de minimilho, segundo Miles e Zens, 1997), não são necessárias, uma vez que se colhe o minimilho antes dos processos de crescimento e enchimento de grãos. Tais autores salientam que para o minimilho de 30 a

50 kg ha⁻¹ de nitrogênio mais o fósforo e potássio são suficientes para uma boa produção e que o nitrogênio mais o potássio não devem exceder 90 kg ha⁻¹ no sulco de semeadura.

Rambo et al. (2007) em um Argissolo cultivado com milho, utilizando doses de nitrogênio variando entre 100 a 130 kg ha⁻¹, verificaram valores de eficiência agrônômica de uso do nitrogênio que variaram de 39,2 a 50,8 kg de grão por kg de nitrogênio.

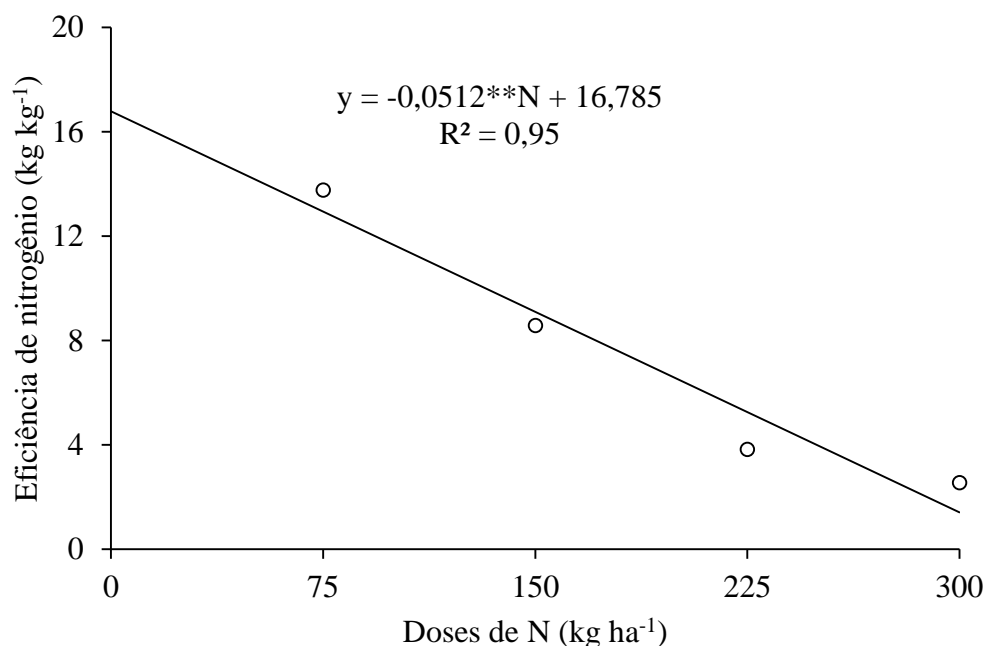


FIGURA 20. Eficiência agrônômica da cultura do minimilho em função das doses de nitrogênio. Dourados, MS, 2014.

A eficiência agrônômica de potássio obteve o mesmo comportamento da eficiência do nitrogênio, conforme aumentaram-se as doses de potássio aplicados via fertirrigação, houve redução da eficiência de potássio em função da massa de espiguetas comercial de minimilho. Partindo de um valor máximo (6,18 kg kg⁻¹) a taxa de redução foi de 21,8 g de espiguetas para cada quilograma de potássio aplicado (Figura 21). Depois do nitrogênio, o potássio é o elemento absorvido em maior quantidade pelo milho, sendo que 20% são exportados nos grãos. No entanto, até pouco tempo, as respostas ao potássio obtidas em ensaios de campo com o milho eram, em geral, menos frequentes e mais modestas que aquelas observadas para fósforo e nitrogênio, devido, principalmente, aos baixos níveis de produtividades obtidas (COELHO; FRANÇA, 1995)

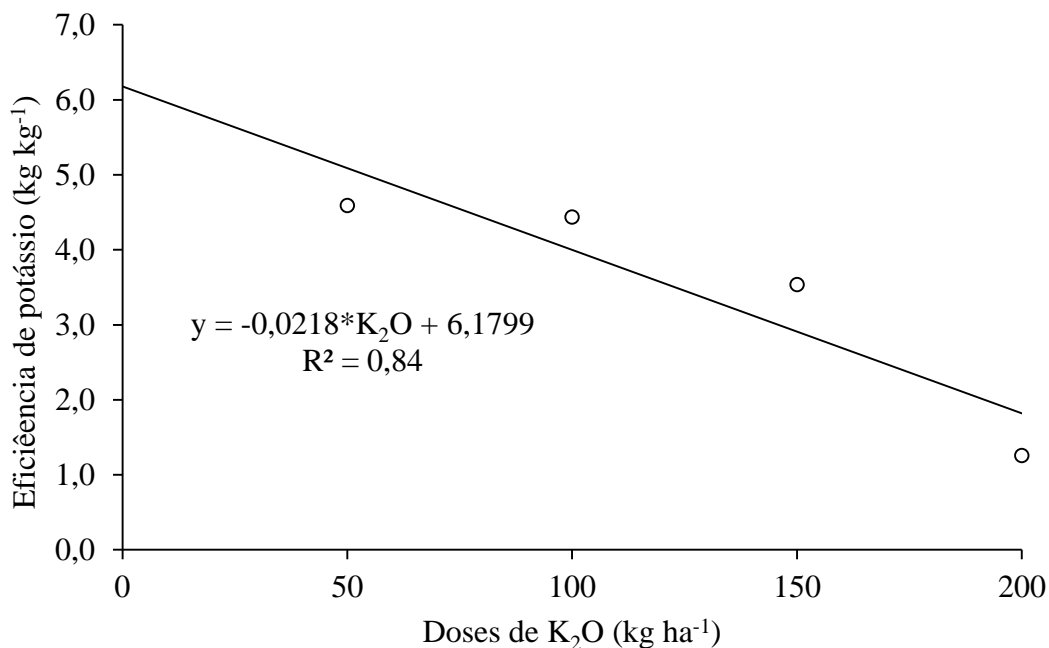


FIGURA 21. Eficiência agrônômica da cultura do minimilho em função das doses de potássio. Dourados, MS, 2014.

Petter et al. (2016) observaram que a eficiência agrônômica no uso do potássio apresentou decréscimo exponencial com o acréscimo nas doses de K₂O aplicadas, ou seja, conforme aumentam as doses, as respostas em produtividade de grãos não seguem a mesma tendência em proporção. Deparis et al. (2007), também verificaram redução da eficiência no uso do potássio com aplicações acima de 30 kg de K₂O ha⁻¹. Esses resultados reforçam a lei dos rendimentos decrescentes de Mitscherlich, a qual afirma que à medida que se aumenta a dose de um determinado fertilizante, a resposta em produtividade é reduzida de forma exponencial.

4.7 Máxima eficiência econômica

Encontra-se no Quadro 4, todos os fatores de produção (fixos e variáveis) utilizados, nos diferentes tratamentos de adubação nitrogenada e potássica para o minimilho. Através desses dados do produto gerado, pôde-se calcular o custo total, a receita total e lucro de cada tratamento de fertirrigações seja em função da adubação nitrogenada assim como para adubação potássica. Estes resultados estão apresentados no Quadro 9.

QUADRO 9. Valores médios de custo de produção (R\$), receita total (R\$), produtividade de espiguetas comerciais (kg ha⁻¹) e lucro (R\$) do minimilho fertirrigado com doses de nitrogênio e potássio (kg ha⁻¹). Dourados, MS, 2014.

Parâmetros econômicos	Doses de potássio				
	0	50	100	150	200
Custo Fixo	276,50	276,50	276,50	276,50	276,50
Custo Variável	6.516,96	6.516,96	6.516,96	6.516,96	6.516,96
Custo do potássio	0,00	200,00	400,00	600,00	800,00
Custo do Nitrogênio dose zero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo Total	6.793,46	6.993,46	7.193,46	7.393,46	7.593,46
Produtividade	1.141,73	1.122,68	1.333,30	1.914,53	1.771,74
Receita	6.850,37	6.736,05	7.999,81	11.487,21	10.630,44
Lucro	56,91	-257,41	806,35	4.093,75	3.036,98
Custo nitrogênio dose 75	325,00	325,00	325,00	325,00	325,00
Custo total	7.118,46	7.318,46	7.518,46	7.718,46	7.918,46
Produtividade	2.171,48	2.328,82	2.978,25	2.649,19	2.320,44
Receita	13.028,86	13.972,90	17.869,50	15.895,13	13.922,63
Lucro	5.910,40	6.654,45	10.351,04	8.176,68	6.004,17
Custo nitrogênio dose 150	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00
Custo total	7.443,46	7.643,46	7.843,46	8.043,46	8.243,46
Produtividade	2.363,00	3.018,80	2.520,90	2.987,77	2.825,57
Receita	14.178,00	18.112,81	15.125,40	17.926,62	16.953,45
Lucro	6.734,54	10.469,35	7.281,94	9.883,16	8.709,99
Custo de nitrogênio dose 225	975,00	975,00	975,00	975,00	975,00
Custo Total	7.768,46	7.968,46	8.168,46	8.368,46	8.568,46
Produtividade	2.126,48	2.467,73	2.593,21	2.507,58	1.888,43
Receita	12.758,87	14.806,38	15.559,27	15.045,47	11.330,60
Lucro	4.990,41	6.837,92	7.390,81	6.677,01	2.762,14
Custo de nitrogênio dose 300	1.300,00	1.300,00	1.300,00	1.300,00	1.300,00
Custo Total	8.093,46	8.293,46	8.493,46	8.693,46	8.893,46
Produtividade	1.970,31	1.982,46	2.565,11	2.366,15	2.222,44
Receita	8.537,99	8.590,65	11.115,47	10.253,32	9.630,55
Lucro	444,53	297,19	2.622,01	1.559,86	737,09

Diante do custo do quilograma do potássio (R\$ 4,00), os tratamentos de potássio zero, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹, tiveram custo de zero, 200, 400, 600 e 800 R\$ ha⁻¹. A maior produtividade do minimilho (1.914,53 kg ha⁻¹) quando se aplicou 150 kg ha⁻¹ de potássio sem aplicação de nitrogênio. Quando se aplicou zero de nitrogênio a receita foi de R\$ 11.487,21 devido a maior produtividade obtida com o tratamento 150 kg ha⁻¹ de potássio, sendo assim o maior lucro com mesmo tratamento de potássio (R\$ 4.093,75). Entre todas as estimativas, a única situação onde observou-se prejuízo (R\$ -

257,41) foi para a dose zero de nitrogênio conjuntamente com a dose de 50 kg ha⁻¹, pois foi o tratamento que apresentou a menor produtividade (Quadro 9).

Para a dose 75 kg ha⁻¹ de nitrogênio o custo do adubo foi de R\$ 325,00 por hectare, porém as produtividades saltaram para valores superiores 2.000 kg ha⁻¹ e diante do valor do quilograma do minimilho (R\$ 6,00) *in natura*, as receitas foram R\$ 13.028,86; R\$ 13.972,90; R\$ 17.869,50; R\$ 15.895,13 e R\$ 13.922,63 para os tratamentos zero, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de potássio, respectivamente. Como os custos totais foram R\$ 7.118,46; R\$ 7.318,46; R\$ 7.518,46; R\$ 7.718,46 e R\$ 7.918,46 para os mesmos tratamentos de potássio em ordem crescente, isso demonstra que a simulação dos lucros para qualquer tratamento do potássio foram superiores a R\$ 5.000,00 com destaque para 100 kg ha⁻¹ de potássio que alcançou o lucro de R\$ 10.351,04 (Quadro 9).

Pode-se observar, através do Quadro 9, que a dose de nitrogênio de 150 kg ha⁻¹ tem o custo de R\$ 650,00 por hectare, contudo quando associado as doses de potássio como descrito anteriormente em ordem crescente, possibilitou atingir altas produtividades, assim sendo, 2.363,0; 3.018,8; 2.520,9; 2.987,8 e 2.825,6 kg ha⁻¹ de espiguetas comerciais *in natura* respectivamente. Diante das produtividades e do preço do quilograma do produto, as receitas foram bastante superiores as despesas e, nesse cenário os lucros foram de R\$ 6.734,54; R\$ 10.469,35; R\$ 7.281,94; R\$ 9.883,16 e R\$ 8.709,99 para as doses de potássio de zero, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹, respectivamente.

Na dose de nitrogênio de 225 kg ha⁻¹ a maior produtividade consequentemente a maior receita e lucratividade foi encontrada com a dose de potássio de 100 kg ha⁻¹. A dose de nitrogênio de 300 kg ha⁻¹ apresenta uma despesa de R\$ 1.300,00 por hectare, o que elevou o custo total a valores que variaram de R\$ 8.093,46 a R\$ 8.893,46. Com as doses de 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio houve uma redução média na produtividade quando comparada com as doses de 150 e 225 kg ha⁻¹, que em função dessas condições e devido ao maior custo total o lucro foi reduzido, sendo que o maior lucro foi encontrado com a associação da dose de 100 kg ha⁻¹ de potássio (Quadro 9).

Geisenhoff et al. (2010) relataram que o ponto de equilíbrio da atividade para que não ocorra perda econômica é obtido quando se tem a igualdade entre Receita Total e Custo Total, sendo que para o estudo em questão, com exceção das doses combinadas de nitrogênio, zero Kg ha⁻¹ e de potássio, 50 kg ha⁻¹ em que a Receita foi R\$ 257,41 inferior ao Custo Total, as demais combinações de doses de nitrogênio e potássio apresentaram Receita superior ao Custo Total, evidenciando a atratividade da cultura ao produtor.

Bilibio et al. (2010), verificaram que a variação na relação de preços (P_{x1}/P_y), considerando o índice sazonal de preços e a elevação da tarifa de energia não influenciou proporcionalmente a lâmina recomendada para a obtenção da MEE.

Conforme a relação entre o preço do fertilizante e o preço do produto foi possível verificar isoladamente a viabilidade econômica do minimilho frente as doses de nitrogênio e do potássio, no qual construiu-se gráficos de regressão polinomial que evidenciam a dose responsável pela máxima eficiência econômica (Figura 22 e 23).

De acordo com a equação de produção de minimilho com fertirrigação do nitrogênio, a dose de 164,51 kg ha⁻¹ de nitrogênio é a quantidade que maximiza o lucro e gera uma produtividade de 2.683,14 kg de espiguetas in natura por hectare. Foi verificado que a MEE de nitrogênio equivale a 94,4% da máxima eficiência técnica (MET – dose de fertilizante que representa a máxima produtividade) (Figura 22). Esta dose representa em termos estimativos em relação à curva de produtividade, pouca diferença expressiva com a MET, pois a fração do custo com nitrogênio é bastante pequeno, quando comparado com o custo total (Quadro 9). Com a dose de MEE pode-se chegar ao lucro de R\$ 8.593,05 por hectare.

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 bastante 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 planejamento adequado com atenção maior ao preço recebido e ao custo com a mão de obra.

Nesse trabalho o custo com mão de obra foi substituído pelo pró-labore, devido a produção de minimilho ser normalmente realizada por pequenos agricultores que não utilizam mão-de-obra contratada, apenas a força de trabalho da família, estando o mesmo na ordem de 53% em relação ao custo total. Devido a característica de vários cultivos ao longo do ano de diversas culturas na mesma área, ocorre a possibilidade de não ser feita a adubação para produção de minimilho, sendo utilizada a adubação residual de culturas anteriores, o que reduz os custos de produção da cultura.

Pavinato et al. (2008), em trabalho semelhante, porém avaliando a produtividade de grãos de milho sob irrigação por aspersão, observaram que a máxima eficiência econômica ocorre com a redução de 45% na dose de nitrogênio (kg ha⁻¹) quando comparada à máxima eficiência agrônômica. Nesse mesmo trabalho, observou-

se que a aplicação de potássio não teve efeito sobre a produtividade, visto que, os teores desse elemento no solo estavam em nível alto. Isso evidencia que, em muitas situações, os produtores utilizam fertilizantes nitrogenados e potássicos acima do recomendado.

Segundo Duete et al. (2008), para a cultura do milho, a aplicação de 135 kg ha⁻¹ de nitrogênio parcelada em três vezes proporcionou maior relação custo/benefício e receita bruta. O aumento no número de parcelamentos onerou o custo de produção, ou seja, a não aplicação de nitrogênio proporcionou menor retorno econômico, demonstrando ser inviável, sendo que os preços pagos na entressafra proporcionaram maior relação custo/benefício em relação às demais épocas, que resultaram em prejuízo.

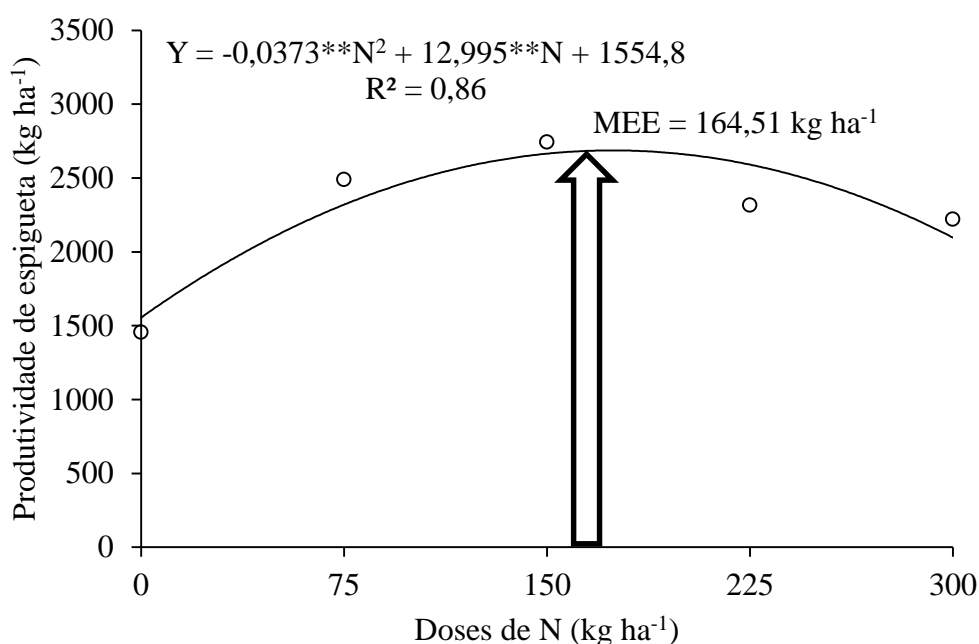


FIGURA 22. Equação de produtividade e representação da dose ótima de nitrogênio para encontrar a MEE. Dourados-MS, 2014.

Oliveira (2016) em Dourados, estudando a cultura da berinjela sob Latossolo Vermelho distroférrico, observou a maior MET em função da adubação nitrogenada aplicada, via irrigação, com o gotejamento foi obtida com 134,36 kg ha⁻¹ de nitrogênio. No entanto, foi verificado que a dose que proporcionou o maior lucro foi novamente a de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Vasconcellos et al. (1998), na cultura do minimilho, observaram que o ganho obtido com a elevação da dose de 60 kg ha⁻¹ para 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio não compensou economicamente. Essas observações são antagônicas aos resultados obtidos no presente estudo, em que doses não tão elevadas permitiram o máximo retorno econômico.

Na Figura 23, está apresentado o comportamento da produtividade de espiguetas comerciais *in natura* do minimilho aplicando a doses de potássio. Observa-se que a dose de 114,39 kg ha⁻¹ de potássio é a quantidade que maximiza o lucro e gera uma produtividade de 2.425,48 kg de espiguetas comerciais por hectare. Novamente a MEE e a MET, estão muito próximas, praticamente coincidem em termos relativos, no entanto, observou-se que a MEE de potássio equivale a 91,8% da máxima MET. Com a dose da MEE pode-se chegar à lucratividade de R\$ 7.301,86 por hectare. Pela relação entre a produtividade e lucratividade pode se chegar a resposta de R\$ 3,00 por quilo produzido e, pela estimativa da equação os ganhos em relação ao tratamento zero de potássio, são de 54,09% de lucratividade, com apenas 6,32% do custo total.

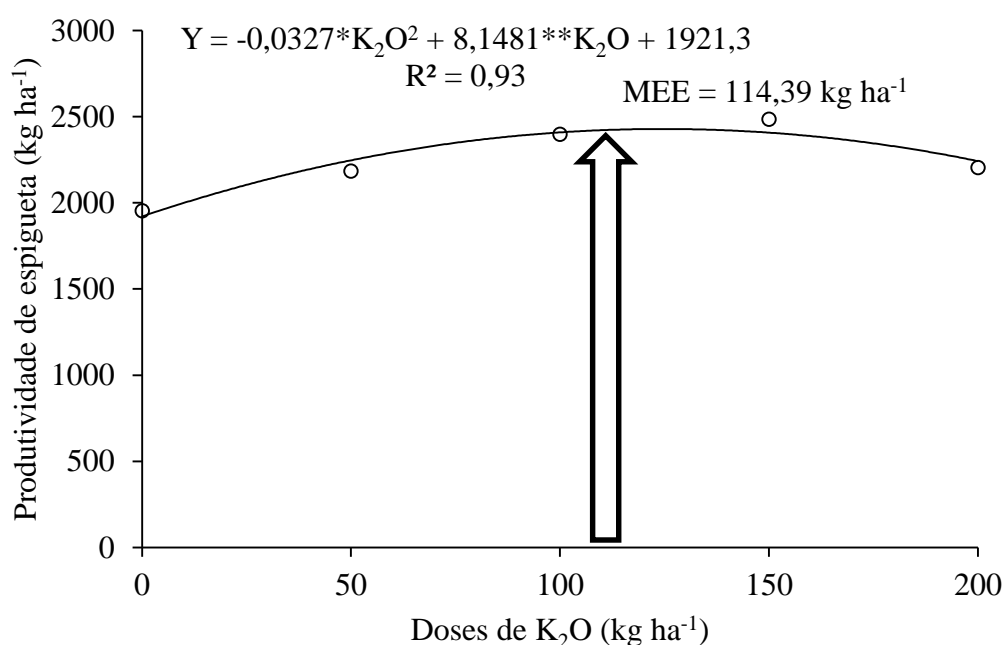


FIGURA 23. Equação de produtividade e representação da dose ótima de potássio para estimar a MEE. Dourados-MS, 2014.

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

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 m² e R\$ 295,06/614,4 m², 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 nos custos operacionais totais de alface crespa em consórcio com tomate, respectivamente de 39,5% e 70% em relação à monocultura.

Em trabalho desenvolvido por Hurtado et al. (2009), na cultura do milho, também foram obtidas respostas distintas, quanto à adubação nitrogenada, onde a estimativa de produtividade máxima correspondeu à aplicação de 242 kg ha⁻¹ de N, enquanto, para a dose econômica, de acordo com a relação de preços do fertilizante e do produto colhido, a dose foi de 143 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Do ponto de vista econômico e ambiental, as doses de N e K₂O a serem aplicadas são importantes na decisão do manejo dos fertilizantes.

Desta forma, a utilização das doses ajustadas de acordo com o sistema de cultivo pode tornar a cultura do minimilho mais sustentável para o produtor, sem ocasionar perdas de qualidade do produto final e causando menores impactos sobre o meio ambiente.

5. CONCLUSÕES

A altura de planta é influenciada em função das doses de nitrogênio, no entanto, o aumento das doses de potássio causa redução da altura de planta em associação com todas as doses de nitrogênio. Já o diâmetro do caule é exclusivamente dependente das doses de nitrogênio e, o maior diâmetro do caule é encontrado com a aplicação da dose de nitrogênio de 300 kg ha^{-1} .

O comprimento da espiguetas é influenciado pelas doses de fertilizantes ajustando-se ao modelo quadrático para nitrogênio e linear para potássio.

A massa de espiguetas comercial é influenciada por ambos os nutrientes e, cada quilograma por hectare de nitrogênio e potássio incrementa a massa de espiguetas comercial em $34,28 \text{ kg ha}^{-1}$.

A máxima porcentagem de espiguetas comerciais é alcançada quando aplicados com a dose combinada de $159,78 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $105,70 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O aplicados via fertirrigação.

A eficiência agrônômica de nitrogênio para a cultura do minimilho fertirrigado decresce com o aumento das doses de nitrogênio na ordem de 51 g para cada quilo de nitrogênio aplicado por hectare e, a eficiência de potássio diminui na ordem de 22 g para cada quilo de K_2O aplicado por hectare.

A máxima eficiência econômica de nitrogênio e potássio é representada por 94,4% e 91,8% da máxima eficiência técnica respectivamente. O maior lucro do minimilho fertirrigado com nitrogênio e potássio é encontrado utilizando a doses associadas de $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$ e $50 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$.

6. REFERÊNCIAS

AEKATASANAWAN, C. Baby corn. In: **Hallauer**, A.R. (ed.). Specialty corns. vol. 2, 2ed. Iowa: CRC press. Cap. 9, 2001, p. 275-292.

ALBUQUERQUE, P.E.P. de; ANDRADE, C. de L.T. de. **Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 14p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 10).

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Pan evaporation method. In: **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Roma: FAO, p.78-85, 1998. (Irrigation and Drainage, 56).

ARATANI, R.G.; FERNANDES, F.M.; MELLO, L.M.M. Adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho irrigado, em sistema plantio direto. **Revista científica eletrônica de agronomia**, v. 5, p. 1-10, 2006.

BARROS, A.C.; FOLEGATTI, M.V.; SOUZA, C.F.; SANTORO, B.L. Distribuição da solução no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. **Irriga**, v.15, p.361-372, 2010.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

BERRY, P.M.; SPINK J.H.; GAY, AP.; CRAIGON J.A. Comparison of root and stem lodging risks among winter wheat cultivars. **Journal of Agricultural Science**, v. 141, p.191-202, 2003.

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, 2010.

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.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 02, p. 365-372, 2000.

BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (Eds.) **Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, Potafós. 1993. p.63-145.

BURGE, R.M.; DUENSING, W.J. Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 34, n. 7, p. 535-538, July 1989.

BUTOLO, J.E. **Qualidade de Ingredientes na Alimentação Animal**. Ed. Agros Comunicação, Campinas, SP. 430 p. 2002.

CAMEIRA, M.R.; PEREIRA, A.; AHUJA, L., MA, L. Sustainability and environmental assessment of fertigation in an intensive olive grove under Mediterranean conditions. **Agricultural Water Management**, p. 346-360, 2014.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van et al. Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. Campinas: **IAC**, 1997. p. 45-71. (Boletim técnico, 100).

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, D.D.O.; POZZA, E.A.; CASELA, C.R.; COSTA, R.V.D.; POZZA, A. A.A.; CARVALHO, C.O. Nitrogen and potassium fertilization influence on anthracnose severity in two corn cultivars. **Revista Ceres**, v.60, n. 3 p. 380-387, 2013.

CARVALHO, G.S., PINHO, R.G.V., PEREIRA FILHO, I.A. Efeito do tipo de cultivar, despendoamento das plantas e da época de semeadura na produção de minimilho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.3, p.47-58, 2002.

CARVALHO, G.S.; VON PINHO, R.G.; RODRIGUES, V.N. Produção de minimilho em diferentes ambientes de Cultivo. **Revista Ceres**, v. 50, p. 155-169, 2003.

CASTRO, R. S.; SILVA, P.S.L.; CARDOSO, M.J. Baby corn, green corn, and dry corn yield of corn cultivars. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 100-105, 2013.

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.

CIVARDI, E.A.; SILVEIRA NETO, A.N.D.; RAGAGNIN, V.A.; GODOY, E.R.; BROD, E. Uréia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 52-59, 2011.

CLAESSEN, M.E.C. **Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. – 2 ed. rev. Atual. – Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS. Documentos 1, 212 p., 1997.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Seja o Doutor do seu Milho**. Potafós, 1995.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C. **Cultivo do milho: diagnose foliar do estado nutricional da planta**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 5 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 45).

COELHO, E.F., SILVA, J.D., SOUZA, L.D., SANCHES, N.F., DANTAS, J.L.L. **Irrigação e fertirrigação. Mamão produção aspectos técnicos.** Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p.37-42, 2000.

COELHO, G.S.; SILVA, A.M.; REZENDE, F.C.; SILVA, R.D.; CUSTÓDIO, A.P. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuaí'. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 67-73, 2009.

COLE, L.; BUCKLAND, S.M.; BARDGETT, R.D. Influence of disturbance and nitrogen addition on plant and soil animal diversity in grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, n. 2, p. 505 - 514, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Central de informações agropecuárias: safra/grãos.** Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_22_12_08_27_boletim_graos_dezembro_2016.pdf>. Acesso em: 26 de dez. 2016.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Custo de produção agrícola: a metodologia da conab.** 2010. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/0086a569bafb14cebf87bd111936e115.pdf>>. Acesso em: 05 de dez. 2016.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.P. **A cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 517p. 2008.

CRUZ, S.C.S., PEREIRA, F.R.S., SANTOS, J.R., ALBUQUERQUE, A.W., PEREIRA, R.G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p.62-68, 2008.

DEPARIS, G.A., LANA, M. DO C., FRANDOLOSO, J.F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, p.517-525, 2007.

DO CARMO, M.S.; CRUZ, S.C.S., DE SOUZA, E.J., CAMPOS, L.F.C.; Machado, C.G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, 2012.

DONAGEMMA, G.K.; RUIZ, H.A.; ALVAREZ, V.H.; KER, J.C.; FONTES, M.P.F. Fósforo remanescente em argila e silte retirados de Latossolos após pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1785-1791, 2008.

DUARTE Jr., J.B. **Avaliação agrônômica da cana-de-açúcar, milho e feijão em sistema de plantio direto em comparação ao convencional em Campos dos Goytacazes - RJ.** Tese (Doutor em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 283 p. 2006.

DUETE, R.R.C.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C.D.; TRIVELIN, P.C.O.; AMBROSANO, E.J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em

Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 161-171, 2008.

EKLUND, C.R.B. **Produção de fitomassa para cultivo de minimilho sob sistema de plantio direto**. Tese (Doutor em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 283 p. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009a. 628p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos/Embrapa Solos, 2009. 412p.

FAGERIA, N.K.; SLATON, N.A.; BALIGAR, V.C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, v.80, p.63-152, 2003.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2 ed. Guaíba: Editora Livrocere, 2004, 360p.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 63-70, 2012.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos de solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 32, p. 135-146, 2010.

FERNANDES, F.C.S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J.A.C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.

FRAZAO, J.J.; SILVA, A.R.; SILVA, V.L.; OLIVEIRA, V.A.; CORRÊA, R.S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1262-1267, 2014.

GALINAT, W.C. The origin of corn. In: Sprague, G.F. (ed.) **Corn and corimprovement**. Madison: American Society of American of Agronomy, 1977.

GALINAT, W.C.; LIN, B.Y. Baby Corn – Production in Taiwan and future outlook for production in the United- states. **Economic Botany**, v. 42 iss1, p 132-134, 1988.

GEISENHOFF, L.O.; PEREIRA, G.M.; FARIA, L.C.; LIMA JUNIOR, J.A.; COSTA, G.G.; GATTO, R.F. Viabilidade econômica da produção de alface hidropônica em Lavras - MG. **Agrarian** (Dourados. Impresso), v. 2, p. 61-69, 2010.

GOMES, E.P.; SOUSA, A.P. Produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) em função dos valores de lâminas de água aplicados por gotejamento superficial e subsuperficial. **Irriga**, Botucatu, v.7, n.1, p. 35-41, 2002.

GOMES, R.F.; SILVA, A.G.; ASSIS, R.L.; PIRES, F.R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 931-938, 2007.

GOULDING, K.; JARVIS, S.; WHITMORE, A. Optimizing nutrient management for farm systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1491, p. 667-680, 2008.

GRANJEIRO, L.C.; CECILIO FILHO, A.B. Características de produção de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 450 - 454, 2006.

GUERRA, A.G.; ZANINI, J.R.; NATALE, W.; PAVANI, L.C. Frequência da fertirrigação da bananeira Prata-anã com nitrogênio e potássio aplicados por microaspersão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 80-88, 2004.

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

HURTADO, S.M.C.; RESENDE, A.V. DE; SILVA, C.A.; CORAZZA, E.J., SHIRATSUCHI, L.S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 3, p. 300-309, 2009.

JOCIĆ, B.; SARIĆ, M.R. Efficiency of nitrogen, phosphorus, and potassium use by corn, sunflower, and sugarbeet for the synthesis of organic matter. **Plant and Soil**, v. 72, n. 2-3, p. 219-223, 1983.

KUMAR, T. V.; SINGH, V. S. Genetic variability studies for baby corn in maize (*Zea mays* L.). **Agricultural Science Digest**, Karnal, v.19, n.1, p.67-71, 1999.

LI, J.; ZHANK, J.; REN, L. Water and nitrogen distribution as affected by fertigation of ammonium nitrate from a point source. **Irrigation Science**, Heidelberg, v.22, n.1, p.19-30, 2003.

LONE, A.A.; ALLAI, B.A.; NEHVI, F.A. Growth, yield and economics of baby corn (*Zea mays* L.) as influenced by Integrated Nutrient Management (INM) practices. **African Journal of Agricultural**. v. 8, n. 37, p. 4537-4540, 2013.

LOURENTE, E.R.P.; ONTOCELLI, R.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.E.; RODRIGUES, E.T. Culturas antecessoras, doses e fontes de

nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 29:55-61, 2007.

MAGALHÃES, P.C.; OLIVEIRA, E.; GOMIDE, R.L.; VASCONCELLOS, C.A.; SOUZA, I.R.P. Aspectos fisiológicos de plantas de milho infectadas por mollicutes sob diferentes níveis de água no solo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13 p. 293-301, 2001.

MAGGIO, M.A. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido tropical**. Campinas. 2006, 55p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical), Instituto Agronômico –IAC.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MANGESLDORF, P.C. **Corn its origin, evolution and improvment**. Cambridge, Mass, USA, 1974.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Academic Press, 3 edition, New York, p. 672. 2011.

MATIELLO, J.B.; FERNANDES, A.L.; SANTINATO, R. Facilitando a Irrigação em Cafezais. PROCAFÉ. 82p. 2009.

MATTIONI, T.C. **Sistemas de sucessão e doses de nitrogênio na expressão de caracteres ligados a produção e qualidade de grãos em aveia**. Trabalho de conclusão de curso. Deag – Departamento de Estudos Agrários, Unijuí - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2011.

MAZURKIEVICZ, G.; MANTAI, R.D.; COSTA, J.S.P.; ARENHARDT, E.G.; SBERSE, V.L.; GEWEHR, E.; GAVIRAGHI, J.; WOHLLENBERG, M.D.; MULLER, M.; OLEGARIO, M.B.; SILVA, J.A.G. Buscando a eficiência econômica pelo aproveitamento do nitrogênio em aveia nos sistemas milho/aveia. In: XXXIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, 2013, Pelotas. **Anais... XXXIII RBCPA**, 2013.

MENDONÇA, F.C.; MARQUES, P.A.A. Manejo hídrico na agricultura. In: PALHARES, J. C. P.; GEBLER, L. (Ed.). **Gestão Ambiental na Agropecuária**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 2p. 490.

MENEGHETTI, A.M.; SANTOS, R.F.; NÓBREGA, L.H.P.; MARTINS, G.I. Análise de crescimento de minimilho submetido a lâminas de irrigação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 211-216, 2008.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. London: Kluwer Academic, 2001. 849p.

MILES, C.A.; ZENZ, L. **Baby corn production Chehalis**: Washington State University. 1997.

MOLL, R.H.; KAMPRATH, E.L.; JACKSON, A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74. p. 562- 564, 1982.

MONTEZANO, Z.F.; CORAZZA, E.J.; MURAOKA, T.I. Variabilidade de nutrientes em plantas de milho cultivado em talhão manejado homogeneamente. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 969-976, 2008.

MOREIRA J.N. **Produtividades de minimilho, espigas verdes e grãos de cultivares de milho em resposta**. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrônômica) – Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, 54 p. 2007.

MOREIRA, F.R.D.C.; COSTA, A.N.; MARTINS, T.D.D.; SILVA, J.H.V.D.; MEDEIROS, H.R.D.; CRUZ, G.R.B.D. Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de suínos nas fases de creche, crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 1, 2014.

MOTA M.R., SANGOI L., SCHENATTO, D.E., GIORDANI, W., BONIATTI, C.M., DALL'IGNA, L. Stabilized nitrogen sources as an alternative for increasing grain yield and nitrogen use efficiency by maize. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 39, p. 512-522, 2015.

OKUMURA, R.S.; MARIANO, D.C.; ZACCHEO, P.V.C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 226 – 244, 2011.

OLIVEIRA, G.Q. **Fertirrigação nitrogenada com gotejamento na cultura da berinjela**. 68f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2016.

OLIVEIRA, M.V.A.M.; VILLAS-BÔAS, R.L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.95-103, 2008.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 6p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 75).

PAPADOPOULOS, I. Constant feeding of field-grown tomatoes irrigated with sulfate water. **Plant and Soil**, v.88, p.231-236, 1985.

PAVINATO, P.S.; CERETTA, C.A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I.C.L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008.

PEREIRA FILHO I.A.; CRUZ J.C. Plantio, espaçamento, densidade, quantidade de sementes. In: Cruz JC, Versiani RP & Ferreira MTR (Eds.) **Cultivo do milho**. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2000.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. **Manejo Cultural do Minimilho**. Sete Lagoas, Embrapa. 2001. 4p. (Circular Técnica, 07).

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. Milho especiais: alternativas para agregar valor. **DBO Agronegócios**, 2009. 3p.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C.; ALVARENGA, R.C. **Efeito de densidade de semeadura, níveis de nitrogênio e despendoamento sobre a produção de minimilho**. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo. 2005. 4p. (Comunicado técnico, 119).

PEREIRA FILHO, I.A.; FURTADO, A.A.L. Produção e Processamento de Minimilho (técnicas de cultivo). In: XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Cuiabá. **Anais...**, ABMS/ Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, 2004.

PEREIRA FILHO, IA.; VASCONCELLOS, C.A.; CRUZ, J.C.; GAMA, E.E.G.; COELHO, A.M. Manejo da Adubação em Diferentes Cultivares de Milho para produção comercial de minimilho. In: XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo: Meio Ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo, Sete Lagoas. **Anais...**, ABMS/ Embrapa Milho e Sorgo. p. 13-17.2002.

PETTER, F.A.; ANDRADE, F.R.; ZUFFO, A.M.; MONTEIRO, M.M.S.; PACHECO, L.P.; ALMEIDA, F.A. Doses e épocas de aplicação de potássio no desempenho agrônômico do milho no cerrado piauiense. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.7, n.3, p.372-382, 2016.

POMERANZ, Y. **Genetic factors affecting protein content and composition of cereal grains**. World Review of Nutrition Dietetics, Basel, v. 36, p. 174, 1981.

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 Agrônômico/ Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAMBO, L; SILVA, P.R.F.; STRIEDER, M.L.; SANGOI, L.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Monitoramento do nitrogênio na planta e no solo para predição da adubação nitrogenada em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.407-417, 2007.

RAUPP, S.D.; GARDINGO, J.R.; MORENO, L.R. Minimilho em conserva: avaliação de híbridos. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 3, 2008.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole, 2012. 497p

REIS JÚNIOR, R.A.; MONNERAT, P.H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira. Brasília**. v.19, n.9, p.227-231, 2001.

REPKE, R.A. **Eficiência da *Azospirillum brasilense* na fixação de nitrogênio em milho**. 2013, 57f. Dissertação (Mestrado em Agricultura). Universidade Estadual Paulista, "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Botucatu, SP. 2013.

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.

RODRIGUES, L.R.F.; SILVA, N.; MORI, E. S. Evaluation of seven prolific baby corn S2 families for hybrids production. **Bragantia**, v. 63, n. 1, p. 31-38, 2004.

SALOMÃO, L.C.; SOUZA, T.R.; VILLAS BOAS, R.L.; ANDRADE, T.F.; FORATTO, L.C.; SANTOS, A.J.M. Posicionamento de extratores de cápsula porosa em solo arenoso na citricultura fertirrigada por gotejamento. **Irriga**, v. 17, n. 4, p. 469 - 480, 2012.

SANTORO, B.L. **Estudo da dinâmica da solução do solo para o manejo da fertirrigação por gotejamento na cultura do pimentão**. São Carlos, 2011, 46f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente), Universidade Federal de São Carlos.

SANTOS, R.F.; INOUE, T.T.; SCAPIM, C.A.; CLOVIS, L.R.; MOTERLE, L.M.; SARAIVA, F.C.S Produtividade do minimilho em função das adubações nitrogenada e potássica. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 121, 2014a.

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.

SANTOS, J.P.; PEREIRA FILHO, I.A.; TOMÉ, P.H.F. Colheita, transporte e armazenamento do minimilho. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **Minimilho: cultivo e processamento**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 211-221.

SANTOS, W.O.; SOBRINHO, J.E.; DE MEDEIROS, J.F.; DE MOURA, M.S.B.; DA COSTA NUNES, R.L. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, v. 19, n. 4, p. 559, 2014.

SAS Institute Inc. **Statistical Analysis System user's guide**. Version 8.0. Cary, Statistical Analysis System Institute. 2000. 513p.

SCHIAVINATTI, A.F., ANDREOTTI, M., BENETT, C.G.S., PARIZ, C.M., LODO, B. N.; BUZETTI, S. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no cerrado. **Bragantia**, p. 925-930, 2011.

SCHRÖDER, J.J.; NEETESON, J.J.; OENEMA, O.; STRUIK, P.C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production?: Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, v.66, p.151-164, 2000.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.353-362, 2005.

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, J.H.V.; JORDÃO FILHO, J.; PERAZZO COSTA, F.G.; LACERDA, P.B.D.; VIEIRA VARGAS, D.G.; LIMA, M.R. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 3, p. 775-790, 2012.

SILVA, P.S.L.; ARAÚJO JÚNIOR, B.B.; OLIVEIRA, V.R.; PONTES, F.S.; OLIVEIRA, O.F. Effects of nitrogen application on corn yield after harvesting the apical ear as baby corn. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 419-425, 2013.

SORATTO, R.P.; PEREIRA, M.; COSTA, T.A.M.; LAMPERT, V.N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 41, p. 511-518, 2010.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado, correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2004. p. 317-366.

SOUSA, S.M.; PAES, M.C.D.; TEIXEIRA, F.F. **Milho doce: origem de mutações naturais**. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 44 p.

SOUZA, C.F.; MATSURA, E.E. Distribuição da água no solo para o dimensionamento da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 7-15, 2004.

SOUZA, E.F.C.; SORATTO, R.P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p. 395-405, 2006.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

THAKUR, D.R.; SHARMA, V. Effect of varieties rates of nitrogen and its schedule of application in baby corn (*Zea mays* L.). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 62, n. 2, p. 93-95, 1999.

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

TOSELLO, G.A. Milhos especiais e seu valor nutritivo. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. 338 p.

TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. **Análise foliar: amostragem e interpretação**. Campinas, Fundação Cargill, 1983.18p.

USDA, **United States Department of Agriculture**, 2016. Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf> Acesso 26 dezembro.

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

VASCONCELLOS, C.A.; ALVES, V.M.; PEREIRA FILHO, I.A.; PITTA, G.V.E. **Nutrição e adubação do milho visando obtenção do minimilho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2001.

VASCONCELLOS, C.A.; VIANA, M.C.M.; FERREIRA, J.J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 1835-1845, 1998.

VILLAS BÔAS, R.L.; BÜLL, L.T.; FERNÁNDEZ, D.M.; **Fertilizantes em fertirrigação**. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: cítrus, flores e hortaliças**. Guaíra: Livraria Editora Agropecuária, 1999. p.293-319.

VILLAS BÔAS, R.L.; ZANINI, J.R.; DUENHAS, L.H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J.R.; VILLAS BÔAS, R.L.; FEITOSA FILHO, J.C. **Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p.1-25.

VON PINHO, R.G.; CARVALHO, G.S.; RODRIGUES, V.D.N.; PEREIRA, J. Características físicas e químicas de cultivares de milho para produção de minimilho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1419-1425, 2003.

WANG, Z.; STONE, M.; GRAY, E. Effect of different schedules of baby corn (*Zea mays* L.) harvests on baby corn yield, grain yield, and economic return. **Journal of the Kentucky Academy of Science**, v.71, n.1, p. 59 - 66, 2011.

WANGEN, D.R.B.; FARIA, I.O. Avaliação de variedades de milho para produção de minimilho. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 385, 2013.

WEATHERWAX, P. **Indian corn in old America**. New York, USA: The MacMilan Co. 253. 1954, p.1954.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S., KUNZ, R.P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.25-29, 2002.

ZANINI, J.R. Distribuição de água e de íon potássio no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento. I – Formação do bulbo molhado. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 45, p. 13-24, 1991.

ZHANG, Z.; XU, D.; LI, Y.; BAI, M. One-dimensional coupled model of surface water flow and solute transport for basin fertigation. **Journal Irrigation Drainage Engineering**, v.139, n. 3, p.181-192, 2013.