

Milho cultivado em arranjo espacial convencional e equidistante submetido a doses de nitrogênio

Corn cultivated in a conventional and equidistant space arrangement submitted to nitrogen doses

Héliton de Oliveira RESENDE [1](#); Simério Carlos Silva CRUZ [2](#); Darly Geraldo de SENA JUNIOR [3](#); Josué Guimarães Evangelista BARCELOS [4](#); Carla Gomes MACHADO [5](#)

Recibido: 17/04/2017 • Aprobado: 19/05/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
 - [2. Referencial teórico](#)
 - [3. Metodologia](#)
 - [4. Resultados](#)
 - [5. Análise e discussão dos resultados](#)
 - [6. Considerações finais](#)
- [Referências](#)

RESUMO:

Objetivou-se com este trabalho, avaliar o efeito do arranjo espacial convencional e equidistante associados a doses de nitrogênio, sobre os teores de clorofila, morfologia, componentes da produção e produtividade do milho. Os tratamentos foram dois tipos de arranjo espacial de plantas e cinco doses de nitrogênio dispostos em DBC, com quatro repetições. A distribuição equidistante das plantas de milho proporciona redução na altura das mesmas. A adubação nitrogenada em cobertura proporciona incremento na produtividade.

Palavras chave *Zea mays*, produtividade, adubação nitrogenada, espaçamento.

ABSTRACT:

The objective of this work was to evaluate the effect of the conventional and equidistant spatial arrangement associated with nitrogen doses on the chlorophyll content, morphology, production components and corn yield. The treatments have two types of spatial arrangement of plants and five doses of nitrogen arranged in DBC with four replications. The equidistant distribution of the corn plants reduced at the height of the plants. Nitrogen fertilization in coverage provides increased productivity.

Keywords *Zea mays*, yield, nitrogen fertilization, spacing.

1. Introdução

Por desempenhar papel significativo na produção brasileira de grãos, o milho se destaca como influenciador direto na economia de qualquer Estado produtor deste cereal. No Brasil, a cultura se sobressai em virtude de apresentar representativa área cultivada entre os principais produtos agrícolas (CRUZ & PEREIRA FILHO, 2012).

Na região Centro-oeste do Brasil o estado de Goiás se caracteriza como o segundo maior produtor de milho, tendo uma área plantada nessa última safra 2015/2016 de 5.191.600 hectares, com um aumento

de 1,8% em relação à safra anterior. Porém houve redução de 1,3% para a produção de milho no estado, totalizando uma produção de 18.721,5 toneladas. Já a produtividade reduziu em 3%, obtendo 3.606 kg ha⁻¹. A redução da produção e produtividade de grãos no estado de Goiás, na safra 2015/2016, se deve as adversidades climáticas, como estiagens prolongadas, que ocorreram durante o ciclo da cultura (CONAB, 2016).

De uma maneira geral, o avanço tecnológico tem proporcionado aumentos significativos na produtividade das lavouras de milho. Isso se deve ao desenvolvimento de híbridos com genética superior, desenvolvimento de tecnologias, bem como às técnicas de manejo empregadas. Dentro deste contexto, alternativas têm sido buscadas por parte dos pesquisadores e agricultores como forma de tentar explorar melhor o potencial produtivo da cultura. Uma dessas alternativas tem sido trabalhar com novos modelos de espaçamento (STORCK et al., 2015; BRACHTVOGEL et al., 2009).

A associação entre o arranjo de plantas e o aumento da produtividade de milho grão tem sido frequentemente reportada na literatura (TOLLENAAR & WU, 1999; SANGOI et al., 2002; TOLLENAAR & LEE, 2002; BRACHTVOGEL et al., 2009; STORCK et al., 2015).

Plantas espaçadas de forma equidistante competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores, proporcionando maior qualidade do produto e rendimento da cultura, porém os resultados ainda não são consensuais, já que as condições ambientais e os genótipos variam entre os locais (SANGOI et al., 2004).

De acordo com BULLOCK et al. (1988) modelos de distribuição mais favoráveis em virtude do uso de espaçamentos reduzidos aumentam a taxa de crescimento inicial da cultura, levando a melhor interceptação da radiação solar e maior eficiência no uso dessa radiação, resultando em maiores produtividades de grãos devido ao aumento da produção fotossintética líquida.

Outra vantagem em distribuir melhor as plantas no campo é a distribuição mais uniforme da palhada sobre a superfície do solo após a colheita, o que acaba favorecendo a semeadura no sistema plantio direto. Alguns trabalhos têm mostrado que atualmente, devido aos híbridos de milho possuírem porte mais baixo, arquitetura foliar mais ereta e menor densidade vegetal que os híbridos de algum tempo atrás há a possibilidade de cultivo em espaçamentos mais adensados, por esses materiais terem melhor aproveitamento da luz solar (PEREIRA et al., 2008; EMBRAPA, 2015).

Devido à grande importância do nitrogênio (N), para o cultivo do milho, a adubação nitrogenada se destaca como um manejo indispensável para o melhor desenvolvimento vegetativo das plantas com consequente aumento da produtividade, visto que, em geral, os solos não suprem a demanda da cultura em termos de N nos diversos estádios de desenvolvimento da planta (PÖTTKER & WIETHÖLTER, 2004).

Neste sentido, devido à importância deste elemento para a cultura do milho e sabendo ainda que plantas espaçadas de forma equidistante exploram o solo de forma diferenciada, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da interação entre arranjos espaciais e adubação nitrogenada, sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido no município de Jataí-GO, na safra 2013/2014, na área experimental da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, cujas coordenadas geográficas são 17° 53' S e 52° 43' W e 680 m de altitude, em uma área que estava em pousio. O solo na área é o Latossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2006). A distribuição de chuvas durante o experimento foi regular, apresentando 814 mm de chuva.

Antes da instalação do experimento foi coleta de amostra de solo na profundidade de 0-20 cm, para análise química (Tabela 1) conforme metodologia descrita em Embrapa (2009), a qual foi utilizada para recomendação de calcário e das doses de fósforo e potássio.

Tabela 1. Caracterização química do solo, na camada de 0-20 cm, amostrado antes da instalação do experimento. Jataí - GO, 2013.

pH	K	P*	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	MO
CaCl	--- mg dm ⁻³ ---		-----cmolc dm ⁻³ -----				%	g dm ⁻³	
5,0	39	11,0	2,11	0,61	0,13	5,5	8,3	34,0	41,3

O sistema convencional de preparo do solo foi realizado com operações de aração e gradagem para incorporação do calcário dolomítico, PRNT de 65%, na dosagem de $4,0 \text{ Mg ha}^{-1}$, no dia 02/10/2013. Posteriormente, no dia 18/11/2013, realizou-se a abertura dos sulcos para a semeadura manual do milho.

A adubação em pré-plantio foi realizada no fundo do sulco, no dia 22/11/2013, e consistiu da aplicação de adubo químico N, P₂O₅ e K₂O nas doses de 30, 120 e 60 kg ha⁻¹, utilizando como fonte ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Foram utilizados 10 tratamentos em blocos casualizados com quatro repetições no esquema de parcelas subdivididas sendo as subparcelas compostas por 8 fileiras de milho com 8 metros de comprimento cada. Os tratamentos consistiram da combinação de dois tipos de arranjos espaciais de plantas (convencional e equidistante), que representavam as parcelas, e cinco doses de N aplicadas em cobertura (0, 75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹), as quais representavam as subparcelas. A população de plantas foi padronizada para todos os tratamentos com 75.000 plantas ha⁻¹.

O arranjo convencional foi representado pelo espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,26 m entre plantas. Para determinação do arranjo espacial equidistante fez-se o cálculo da área que seria ocupada por cada planta no arranjo convencional e dessa área efetuou-se a raiz quadrada obtendo assim a mesma distância entre plantas e entre linhas, que foi de 0,36 m.

A semeadura foi realizada no dia 23/11/2013 com a deposição manual das sementes do híbrido 30F53H de acordo com cada arranjo espacial.

Em 13/12/2013 realizou-se a adubação nitrogenada de cobertura, caracterizando as subparcelas, nas doses 0, 75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹ e adubação potássica na dose de 60 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando como fonte ureia e cloreto de potássio, respectivamente.

Objetivando o controle de plantas invasoras, realizou-se a aplicação de Atrazine, 3 L ha⁻¹ de produto comercial e Sanson® (nicosulfuron), na dose 1,5 L ha⁻¹ de produto comercial no dia 06/12/2013. Para controle de *Spodoptera frugiperda* (lagarta-do-cartucho) foram feitas duas aplicações com Tracer® (Spinosad), na dose de 60 e 100 ml ha⁻¹ de produto comercial nas datas 17 e 27/12/13, respectivamente. Não houve necessidade de aplicação de fungicidas para a condução da cultura.

As leituras com clorofilômetro foram realizadas utilizando o aparelho ClorofiLOG CFL 1030 (FALKER, 2008), na folha mais nova completamente expandida em 20 plantas de cada subparcela. A primeira leitura foi realizada com as plantas no estágio de desenvolvimento V10 e a segunda no florescimento pleno. As determinações do índice de área foliar através da leitura com ceptômetro modelo LPPAR 80 foram realizadas nos dias seguintes as leituras realizadas com o clorofilômetro. Ainda no florescimento pleno, foram coletadas 10 folhas abaixo e oposta à primeira espigapor subparcela, para análise do teor de nitrogênio de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (2009). Também foram coletados dados referentes ao diâmetro do colmo em 10 plantas por subparcela com uso de paquímetro.

No dia 04/02/2014 foram coletadas quatro plantas inteiras por subparcela para o fracionamento das partes: folha, pendão, espiga e colmo para posterior determinação da massa seca. A medição de altura de plantas e de inserção da primeira espiga, em 10 plantas por subparcela, foi realizada no dia 24/03/2014 utilizando trena graduada em cm. Por ocasião da colheita (21/04/14) foram contadas e colhidas as espigas presentes na área útil de cada subparcela. Foram separadas aleatoriamente 10 espigas de cada subparcela, para determinação da massa seca de espiga, número de fileiras de grãos por espigas, comprimento de espigas, diâmetro de espigas e diâmetro de sabugos, através dos dois últimos parâmetros citados, calculou-se o comprimento médio de grãos. Em seguida estas espigas juntamente com as demais foram debulhadas para separação dos grãos, onde os mesmos tiveram suas massas quantificadas para cálculo da produtividade de grãos por subparcela, a qual foi transformada posteriormente em kg ha⁻¹ de grãos, com umidade corrigida para 13%.

A massa de mil grãos foi determinada de acordo com a metodologia descrita em Brasil (1992).

Para análise estatística dos dados foi utilizado o programa estatístico Assistat. Os dados originais foram submetidos à análise de variância a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F. Os dados referentes às doses de N foram submetidos à análise de regressão calculada para equações lineares e quadráticas e foram aceitas as equações significativas até 5% de probabilidade pelo teste F, com o maior coeficiente de

3. Resultados

Não houve interação entre parcela (arranjo espacial) e subparcela (adubação nitrogenada) para nenhuma das variáveis avaliadas. Desta forma, os resultados referentes aos componentes morfológicos serão apresentados isoladamente, parcela e subparcela.

Avaliando o fator de variação parcela, para as variáveis analisadas no presente trabalho (Tabela 2 e 3), nota-se que houve diferença apenas para o componente morfológico altura de plantas, onde as plantas cultivadas em arranjo espacial convencional apresentaram maior altura de plantas, quando comparadas as cultivadas em arranjo espacial equidistante.

Esse resultado pode ser explicado pela melhor distribuição das plantas no campo em arranjo equidistante, pois plantas melhor distribuídas interceptam de forma mais eficiente a radiação solar fazendo com que as mesmas apresentem porte mais baixo, em função da fotoxidação da auxina na parte superior da planta causada pela luz que resulta em inibição de crescimento vertical (CHEE e POOL, 1989).

De acordo com SANGOI (2001) a maior competição pela luz por plantas de milho, provoca maior crescimento em altura em detrimento ao crescimento radial do colmo.

Tabela 2. Médias de diâmetro do colmo (DC), altura de plantas (AP), massa seca de colmo (MSC), massa seca de folha (MSF), massa seca do pendão (MSP), massa seca de espigas (MSE) e índice de área foliar (IAF) do milho cultivado em arranjo espacial convencional e equidistante. UFG-Regional Jataí, safra 2013/14.

Tratamentos	DC	AP	MSC	MSF	MSP	MSE	IAF
	mm	m	-----g-----				
Convencional	25,97	2,52	0,20	0,12	0,02	61,0	6,16
Equidistante	25,84	2,46	0,21	0,12	0,02	59,8	5,98
1F	0,11ns	4,86*	0,51ns	0,24ns	0,23ns	0,28ns	1,06ns
CV%	4,91	2,16	9,09	7,08	14,89	11,79	8,66

1F calculado. ns, * = não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 3. Médias de índice SPAD de clorofila A (ClaV10), clorofila B (ClbV10) e clorofila total (CITotalV10) no estágio de desenvolvimento V10 e clorofila A (ClaF), clorofila B (ClbF) e clorofila total (CITotalF) no estágio de florescimento pleno do milho cultivado em arranjo espacial convencional e equidistante. UFG-Regional Jataí, safra 2013/14.

Tratamentos	ClaV10	ClbV10	CITotalV10	ClaF	ClbF	CITotalF
Convencional	45,01	41,71	64,87	19,86	31,17	72,89
Equidistante	44,56	41,70	64,22	20,65	30,35	72,05
1F	0,73ns	1,96ns	0,24ns	0,01ns	0,84ns	0,43ns
CV%	3,69	4,08	3,44	8,87	9,13	5,50

1F calculado. ns = não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quanto ao fator de variação subparcela (doses de nitrogênio) observa-se que para o diâmetro de colmo

(Figura 2), onde os dados ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático, a dose de N que proporcionou os maiores valores foi 242,5 kg ha⁻¹, o que corrobora com os resultados obtidos por CARMO et al. (2012) estudando os efeitos de fontes e doses de nitrogênio na cultura do milho. Estes autores observaram aumento linear para o diâmetro do colmo até a dose de 150 kg ha⁻¹.

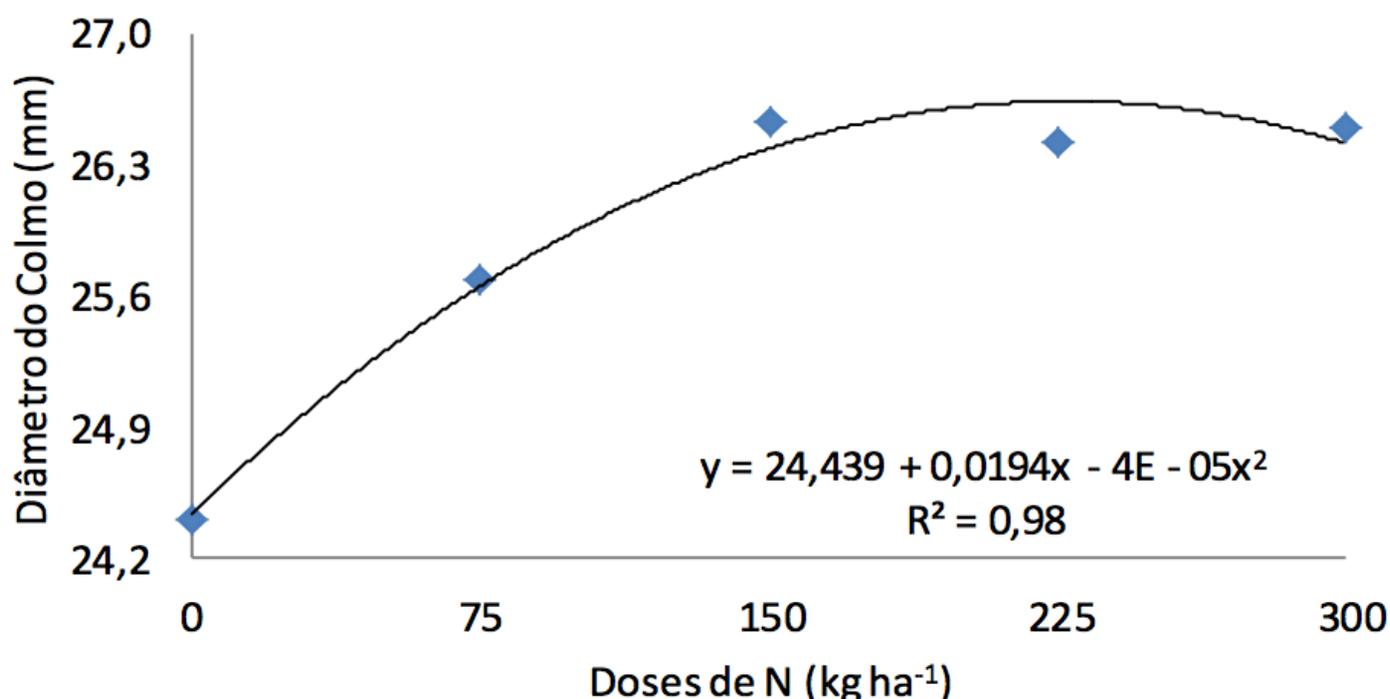


Figura 2. Diâmetro do colmo de milho em função da adubação nitrogenada em cobertura.

O aumento do diâmetro de colmo representa um fator importante do ponto de vista fisiológico. De acordo com FANCELLI e DOURADO NETTO (2000), o colmo não possui apenas função de suporte de folhas e inflorescências, mas principalmente, atua como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que são utilizados posteriormente na formação e enchimento dos grãos.

Desta forma, plantas melhores nutridas em N, tendem a acumular mais sólidos solúveis neste órgão de reserva, fazendo com que o mesmo tenha seu diâmetro aumentado.

As avaliações dos componentes morfológicos, como os estudados nesse trabalho, são de fundamental importância para a cultura do milho, pois em alguns casos, como diâmetro do colmo e área foliar, por exemplo, é possível encontrar correlação com a produtividade (CRUZ et al., 2008).

Quanto à massa seca de folhas (Figura 3) e massa seca de espigas (Figura 4), pode-se observar incrementos até as doses de 144 e 151 kg ha⁻¹, respectivamente, em função da maior disponibilidade de nitrogênio no solo.

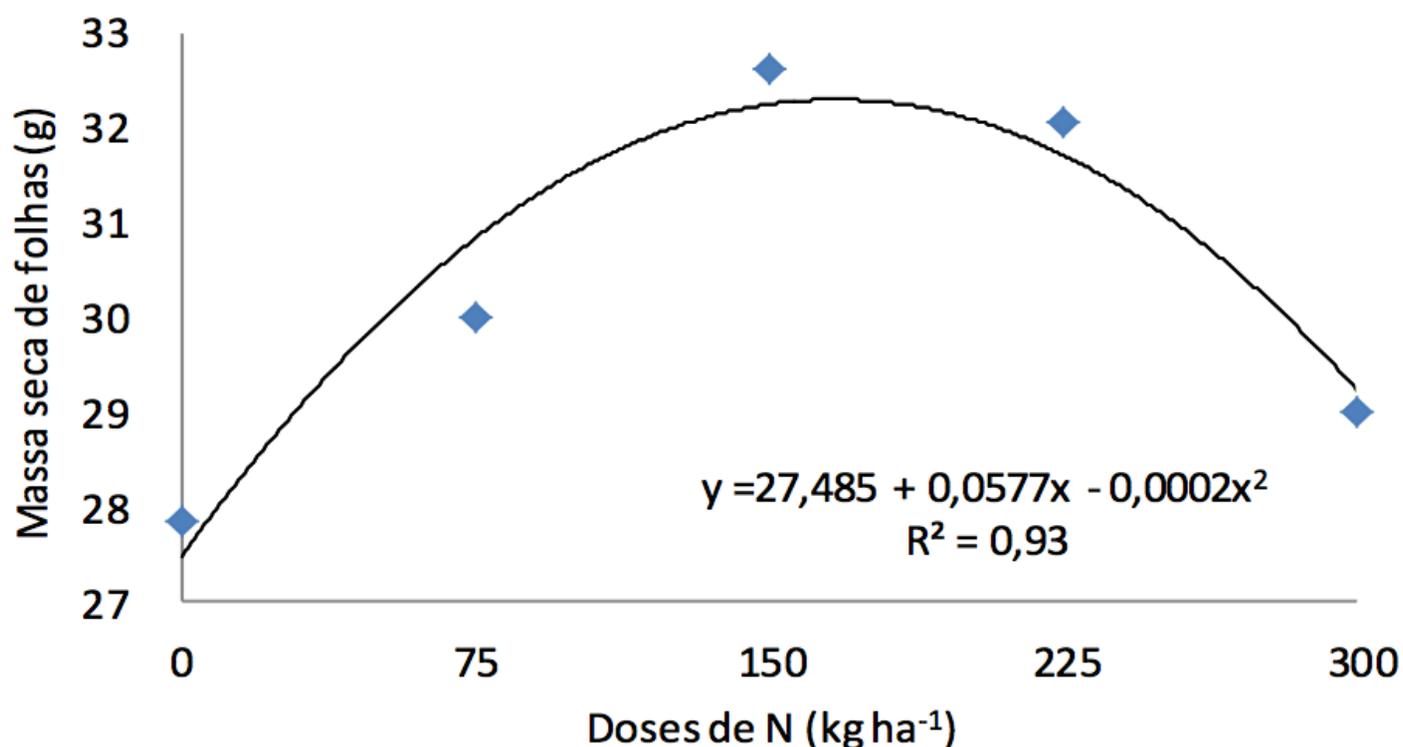


Figura 3. Massa seca de folhas de milho em função da adubação nitrogenada em cobertura.

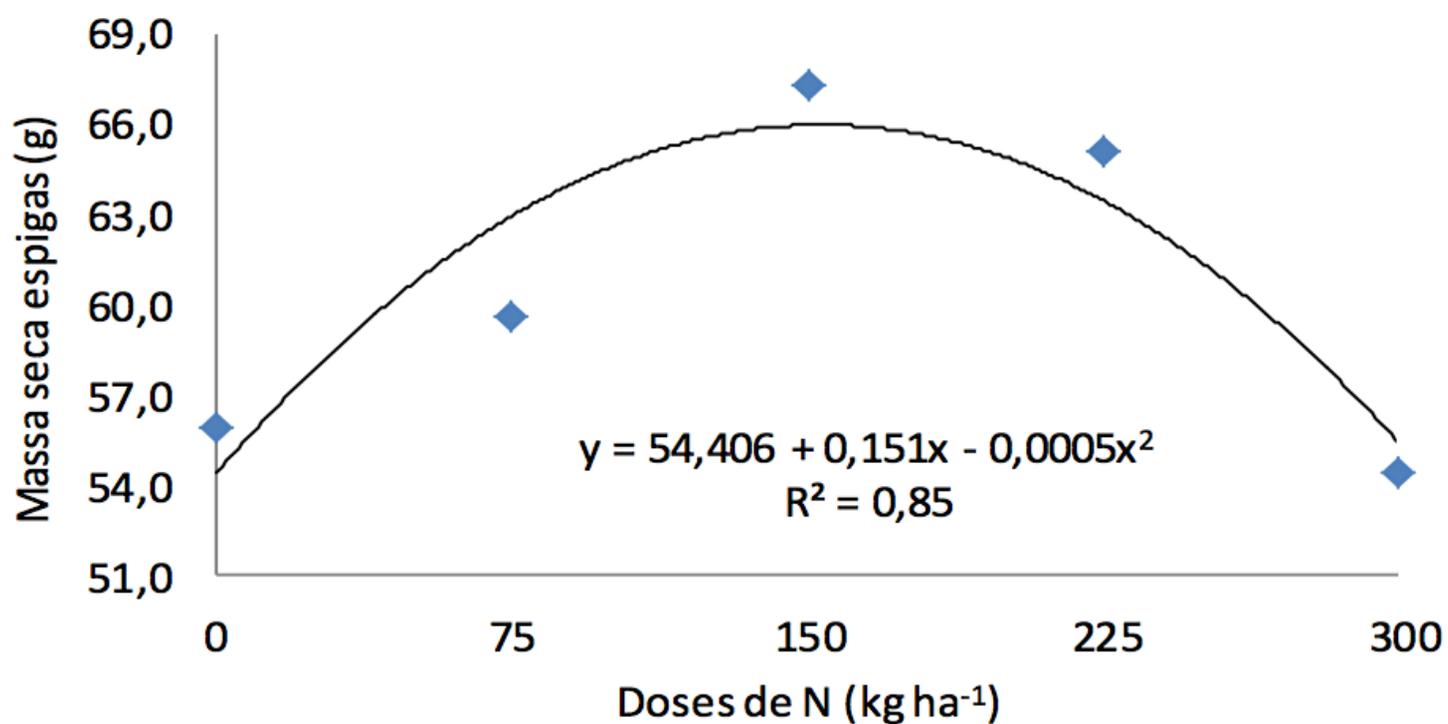


Figura 4. Massa seca de espiga de milho em função da adubação nitrogenada em cobertura.

O incremento dessas variáveis com o aumento das doses de N era esperado, uma vez que, plantas bem nutridas produzem maior quantidade de fotoassimilados aumentando a massa que compõem as estruturas vegetativas e reprodutivas (BÜLL, 1993). Autores como LOPES et al. (2010) e FERREIRA et al. (2001), trabalhando com doses de N em cobertura na cultura do milho, também relataram aumento na expressão dessas variáveis com o aumento do fornecimento de nitrogênio.

Na avaliação dos índices SPAD de clorofila, obteve-se regressões quadráticas para a clorofila B no estágio de desenvolvimento V10 (Figura 5) e florescimento pleno (Figura 6) com o máximo de clorofila nas doses 253,3 e 355,5, respectivamente.

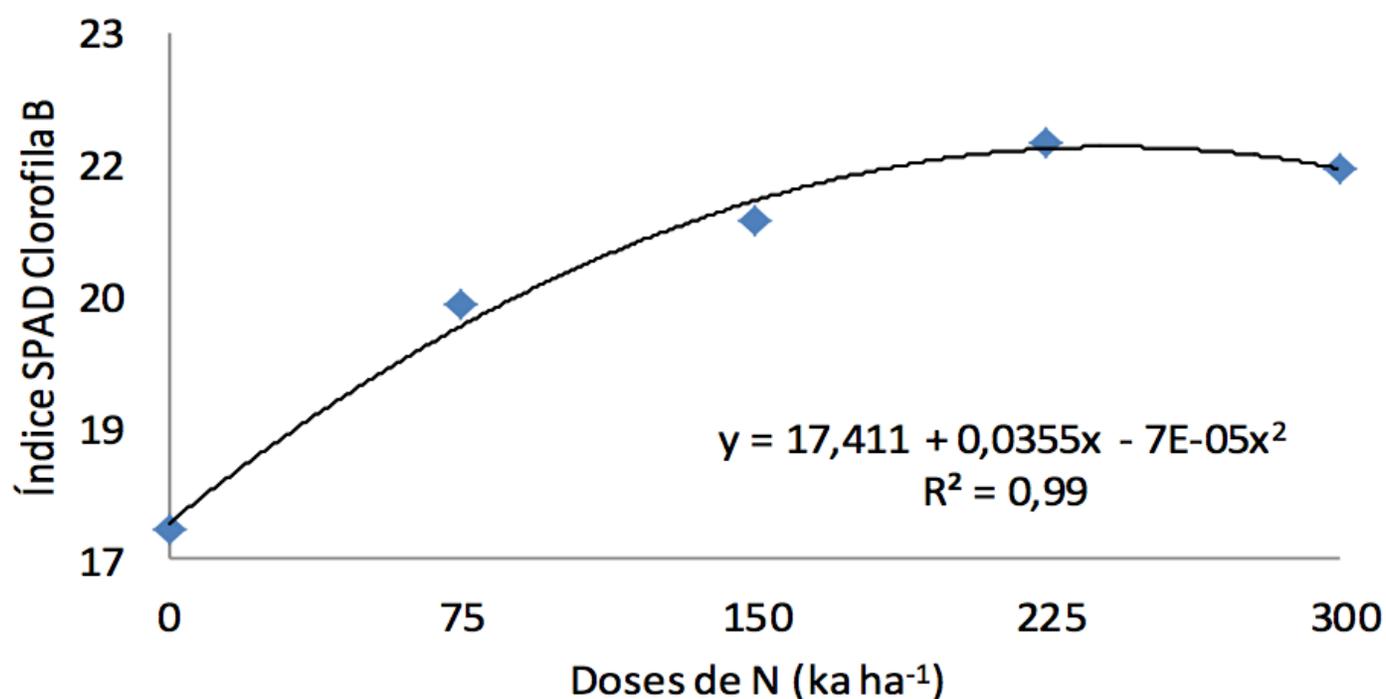


Figura 5. Índice SPAD (clorofila B) no estágio de desenvolvimento V10 em função da adubação nitrogenada em cobertura.

O aumento no índice SPAD em função da adubação nitrogenada na cultura do milho também foi observado por GODOY et al. (2003). Porém, de acordo com estes autores, doses acima de 155 kg ha⁻¹ em cobertura são consideradas altas para as condições brasileiras.

A dose máxima encontrada com as plantas em estágio de desenvolvimento mais avançado (florescimento pleno) foi superior à dose máxima na primeira leitura. Isso, provavelmente, se deve à exigência da cultura do milho ser superior quando as plantas se encontram em estádios mais avançados (BÜLL et al. 1993). Segundo KARLEN et al. (1988), existem dois picos de absorção de N pela planta de milho: o primeiro, no período vegetativo, e o segundo, após o florescimento.

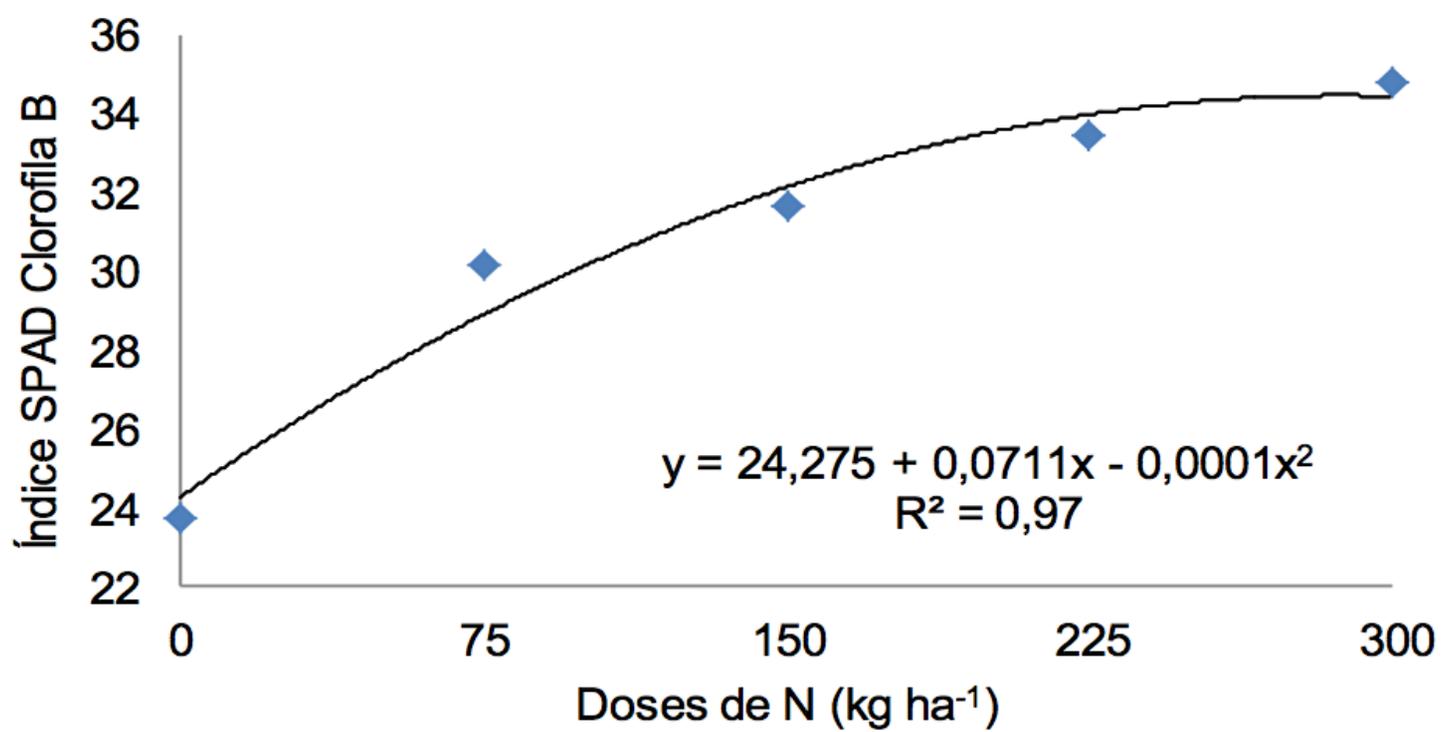


Figura 6. Índice SPAD (clorofila B) no florescimento pleno em função da adubação nitrogenada em cobertura.

Com relação ao índice SPAD para clorofila total no estágio de desenvolvimento V10, houve resposta linear em função do aumento das doses de N aplicadas em cobertura (Figura 7), porém no florescimento pleno obteve-se resposta quadrática (Figura 8).

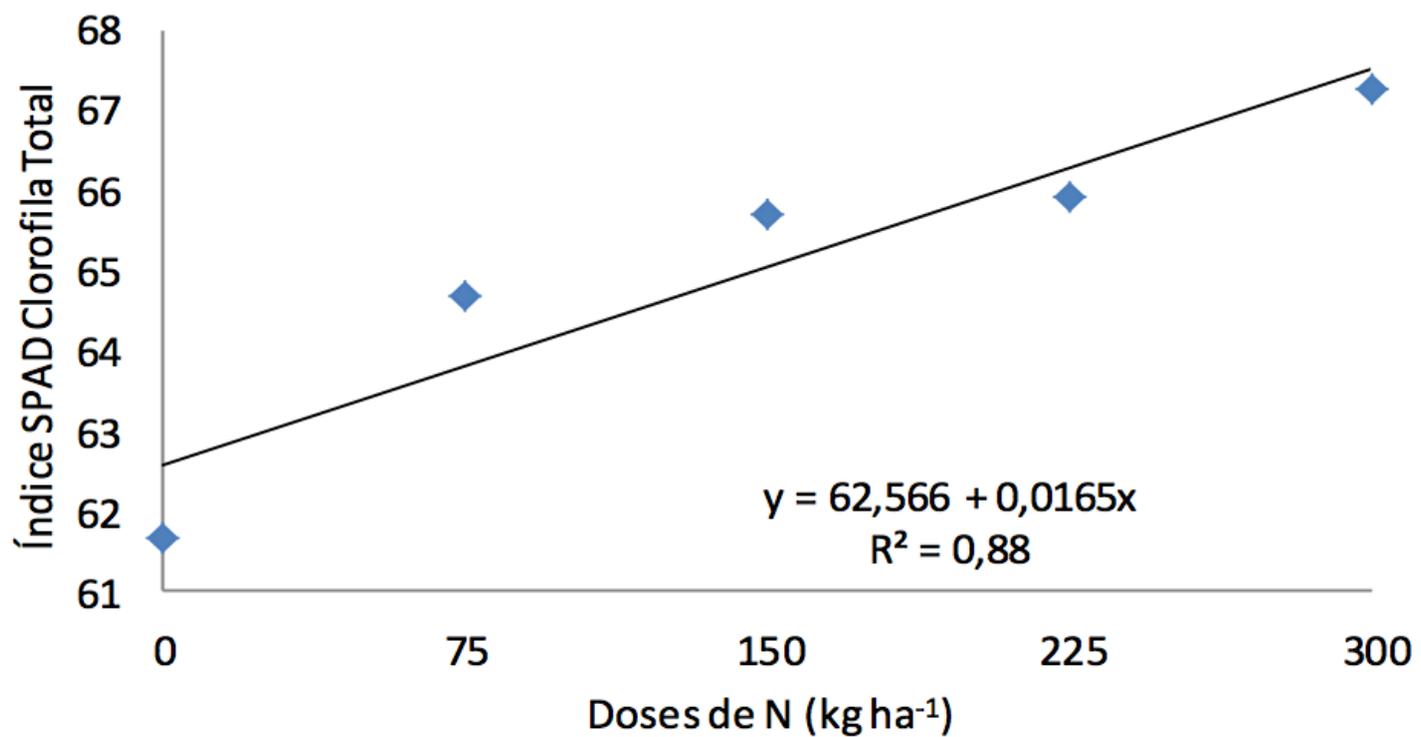


Figura 7. Índice SPAD para clorofila total no estágio de desenvolvimento V10 em função da adubação nitrogenada em cobertura.

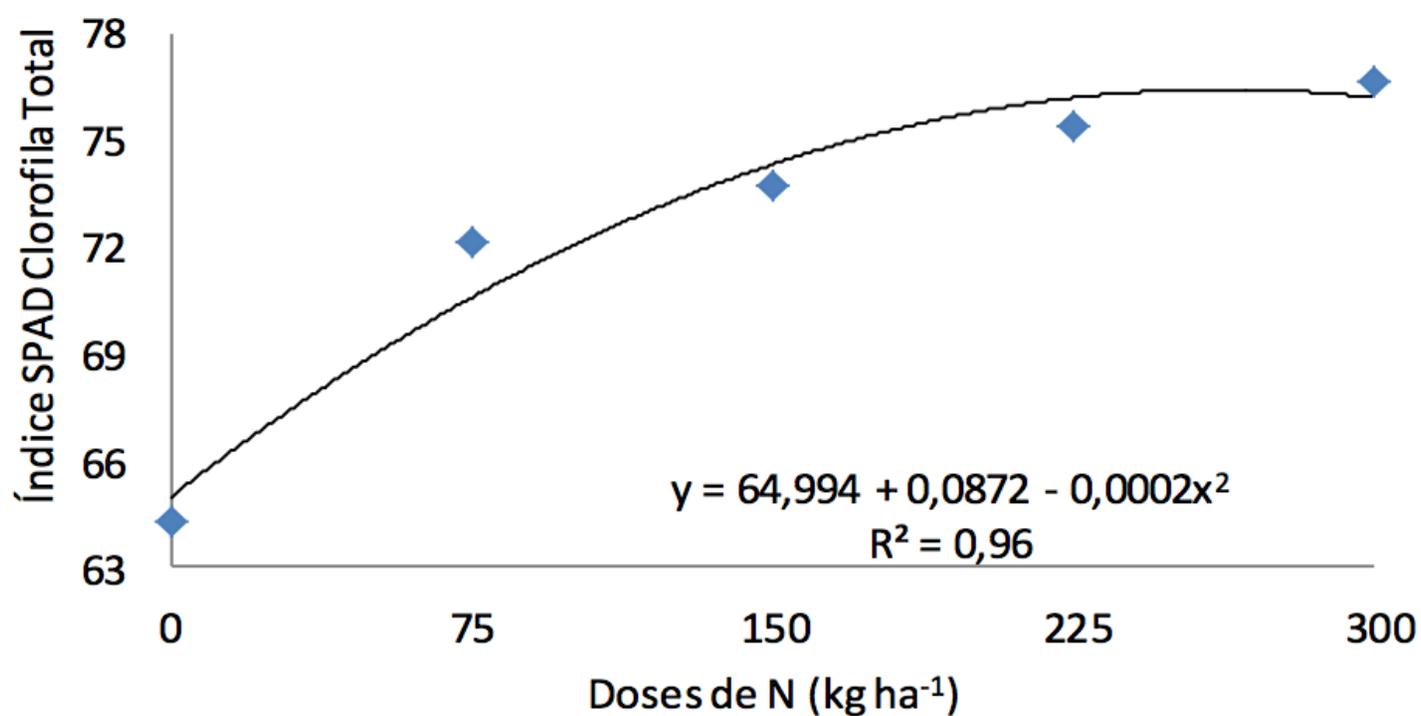


Figura 8. Índice SPAD para clorofila total no florescimento pleno em função da adubação nitrogenada em cobertura.

Os incrementos em termos de clorofila total nos dois estádios de desenvolvimento (Figuras 7 e 8) estão mais relacionados com o aumento da clorofila B, do que com a clorofila A, visto que esta última não respondeu ao aumento das doses de nitrogênio.

Os teores de clorofila são estreitamente relacionados com a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, ao seu crescimento (BARCELOS et al., 2016), portanto, muitas vezes é possível encontrar correlações positivas entre esta variável e a produtividade, visto que o N participa da composição das moléculas de clorofila.

Para o teor de N na folha, os dados se ajustaram a equação de regressão quadrática, onde foi estabelecido 35,0 g kg⁻¹ de teor máximo de N foliar obtidos com aplicação de 267,5 kg ha⁻¹ de N, dose está, que de acordo com Godoy et al. (2003), é considerada excessiva para cultura do milho nas condições brasileiras.

A elevação da concentração de N nas folhas, até o nível máximo, é fundamental para que as plantas alcancem alta produtividade, uma vez que este elemento é constituinte da molécula de clorofila, influenciando no processo fotossintético e na formação de aminoácidos e proteínas (FARINELLI e LEMOS, 2012). Pode-se afirmar que os resultados obtidos nesta pesquisa corroboram com os apresentados por Silva et al. (2005), Mar et al. (2003) e Amaral Filho et al. (2005), os quais também verificaram aumento do teor de N nas folhas de milho em função do aumento das doses de N.

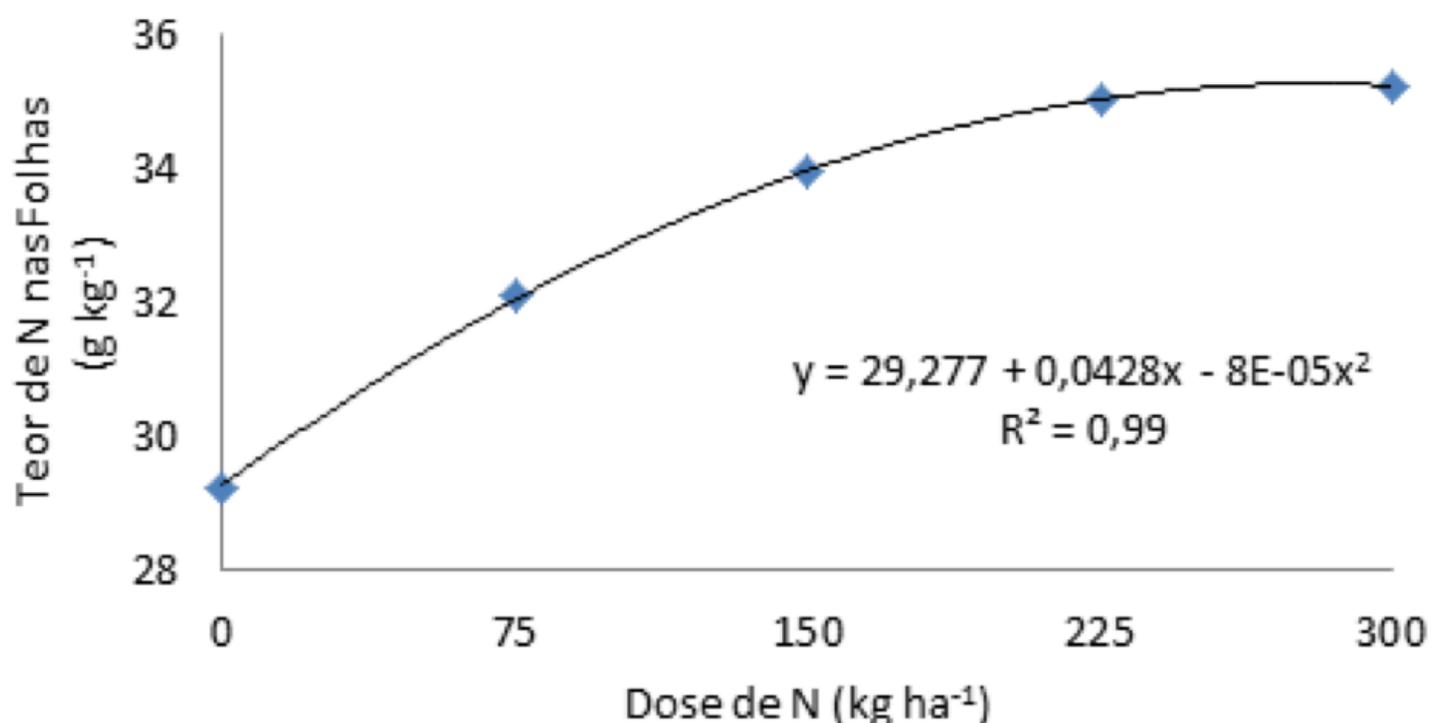


Figura 9. Teor de N nas folas de milho em função da adubação nitrogenada em cobertura.

Para os componentes da produção, não houve interação entre parcela (arranjo espacial) e subparcela (adubação nitrogenada). Também, não foi possível verificar efeito significativo dos arranjos espaciais, avaliados isoladamente. Porém, todos os componentes da produção estudados ajustaram-se a equação de regressão, seja ela linear ou quadrática, em função das doses de N (Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 15 e 15).

Os valores de diâmetro de espigas, observados neste experimento, ajustaram-se a equação quadrática em função do aumento das doses de N (Figura 10), onde se obteve o máximo valor para este componente da produção, 53,61 mm, com aplicação de 196,66 kg ha⁻¹ de N. Este componente geralmente está relacionado com o comprimento dos grãos e número de fileiras por espigas, os quais interferem diretamente na produtividade do milho.

Este resultado encontra fundamentação no trabalho de HANWAY (1963), o qual, afirma que quando não limitado por outros fatores, a maior disponibilidade de N aumenta o potencial da planta em definir maior número de grãos por espiga. Os dados dessa pesquisa corroboram também com Lopes et al. (2010), o qual trabalhando com doses de 0 até 200 kg ha⁻¹ de N, observaram aumento linear do diâmetro de espigas em função do aumento da adubação nitrogenada.

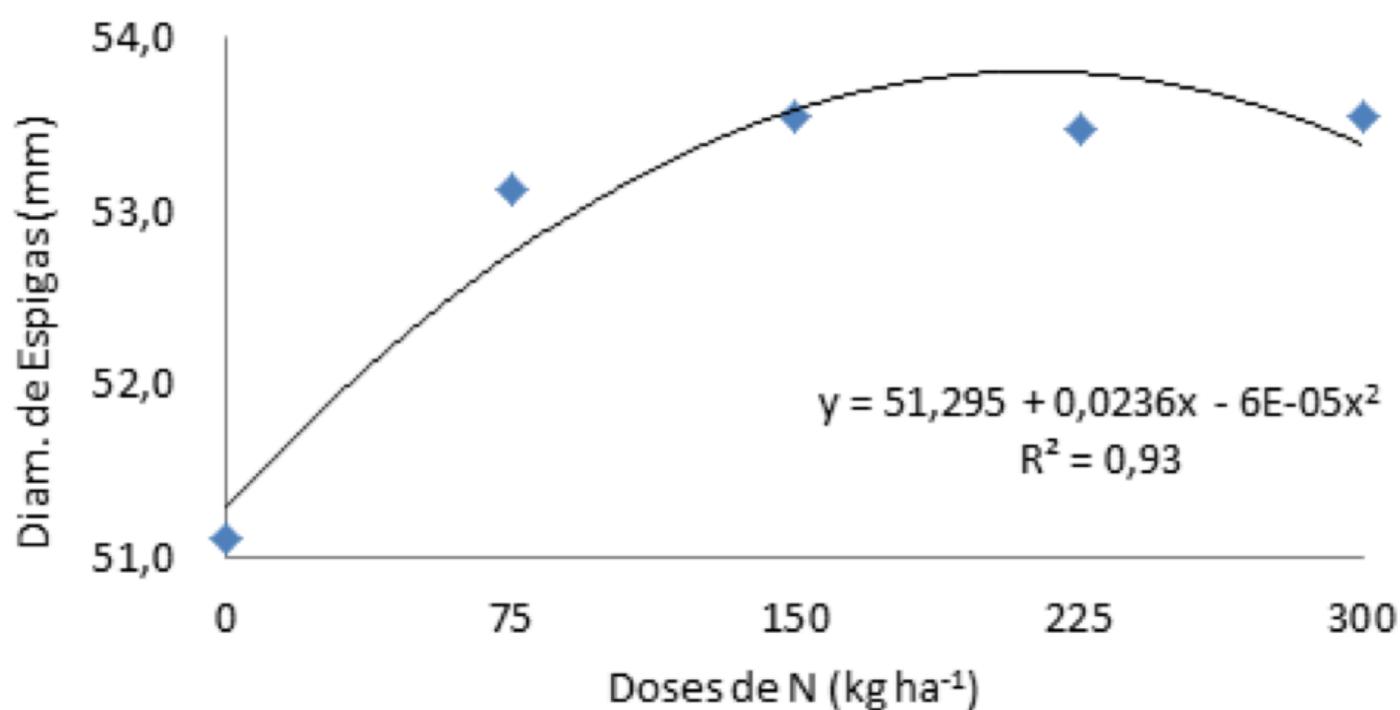


Figura 10. Diâmetro de espigas de milho em função da adubação nitrogenada em cobertura.

De acordo com Magalhães et al. (1995), a deficiência de nutrientes no florescimento pode reduzir seriamente o número potencial de sementes, assim como o tamanho das espigas a serem colhidas, devido ao número de óvulos serem definidos na fase V12, o que pode explicar, em parte, o crescimento linear dos valores de comprimento de espiga em resposta ao aumento das doses de N obtidos nesse trabalho (Figura 11).

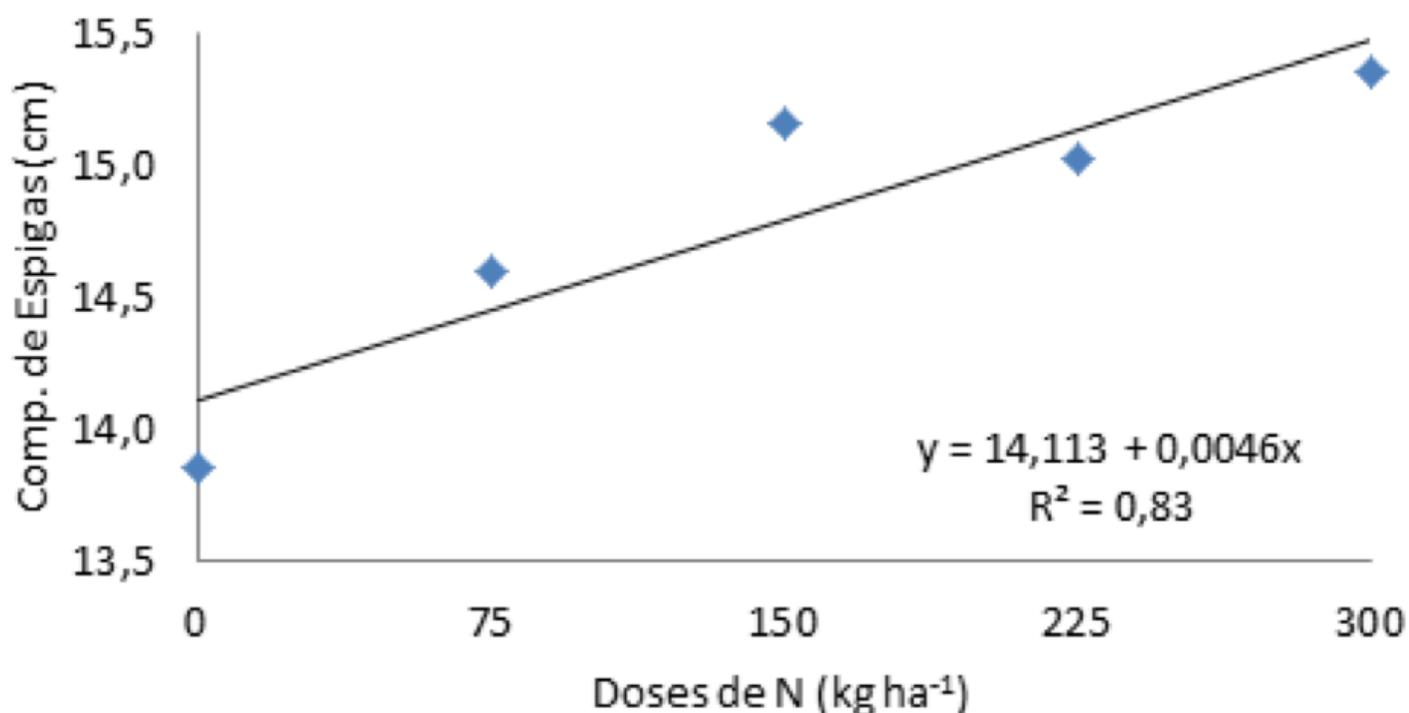


Figura 11. Comprimento de espigas de milho em função da adubação nitrogenada em cobertura.

Os resultados referentes à massa de 1000 grãos (Figura 12) estão associados à disponibilidade de N nas plantas. As parcelas que receberam doses mais elevadas obtiveram maior resposta em relação à massa de grãos, pois a maior disponibilidade de N mantém a atividade do aparato fotossintético por mais tempo (SANGOI e ALMEIDA, 1994), resultando em maior quantidade de solutos para serem translocados para os grãos.

Segundo Ohland et al. (2005), a massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos. Para Ulger et al. (1995), este componente tem alta dependência da absorção de nutrientes pelo milho. Sendo que a deficiência de nutrientes, no período de formação e enchimento de grãos, pode concorrer para a formação de grãos com menor massa específica, devido à não translocação em quantidades adequadas para os mesmos.

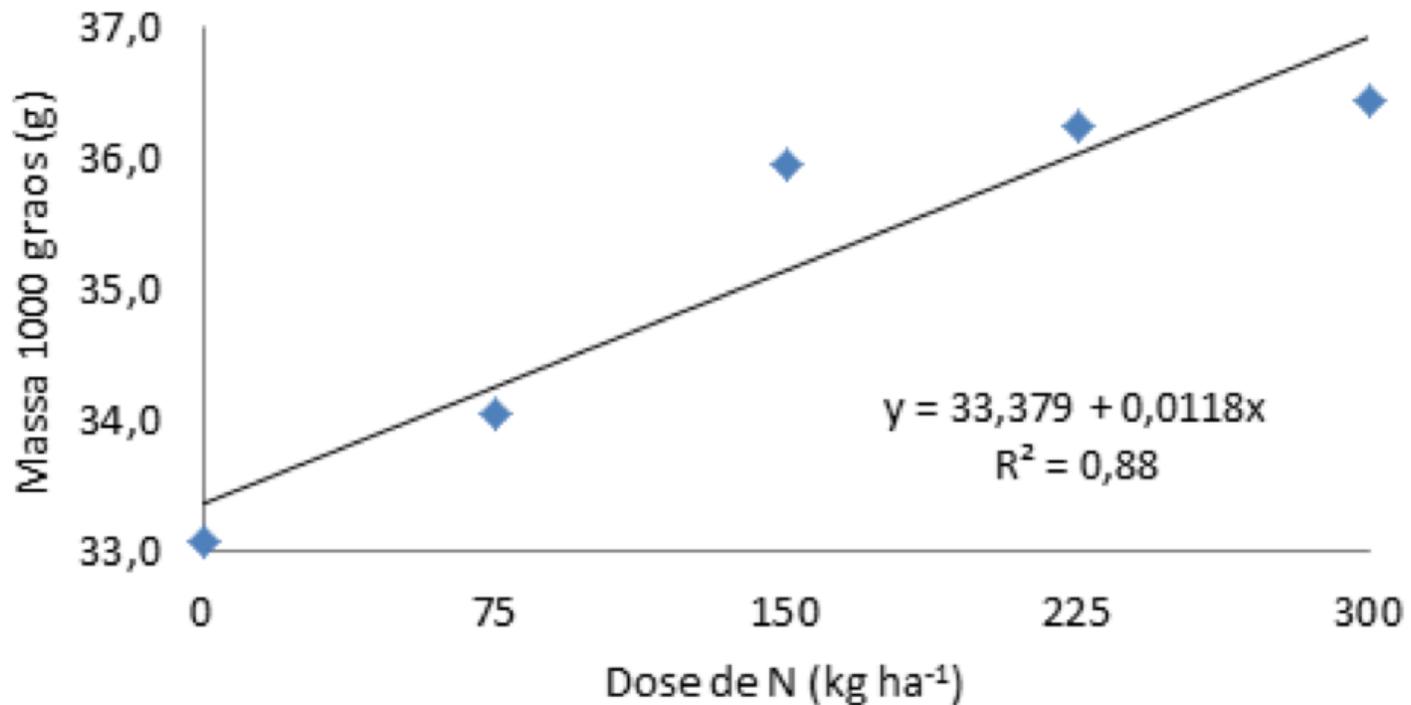


Figura 12. Massa de 1000 grãos de milho em função da adubação nitrogenada em cobertura.

Os valores de diâmetro de sabugo ajustaram-se a equações lineares positivas em resposta ao aumento das doses de N (Figura 13). Os resultados encontrados neste trabalho discordam, no entanto, dos apresentados por HEINRICH (2003), o qual não obteve aumento significativo no diâmetro de sabugo de milho, em resposta ao aumento das doses de N aplicadas em cobertura.

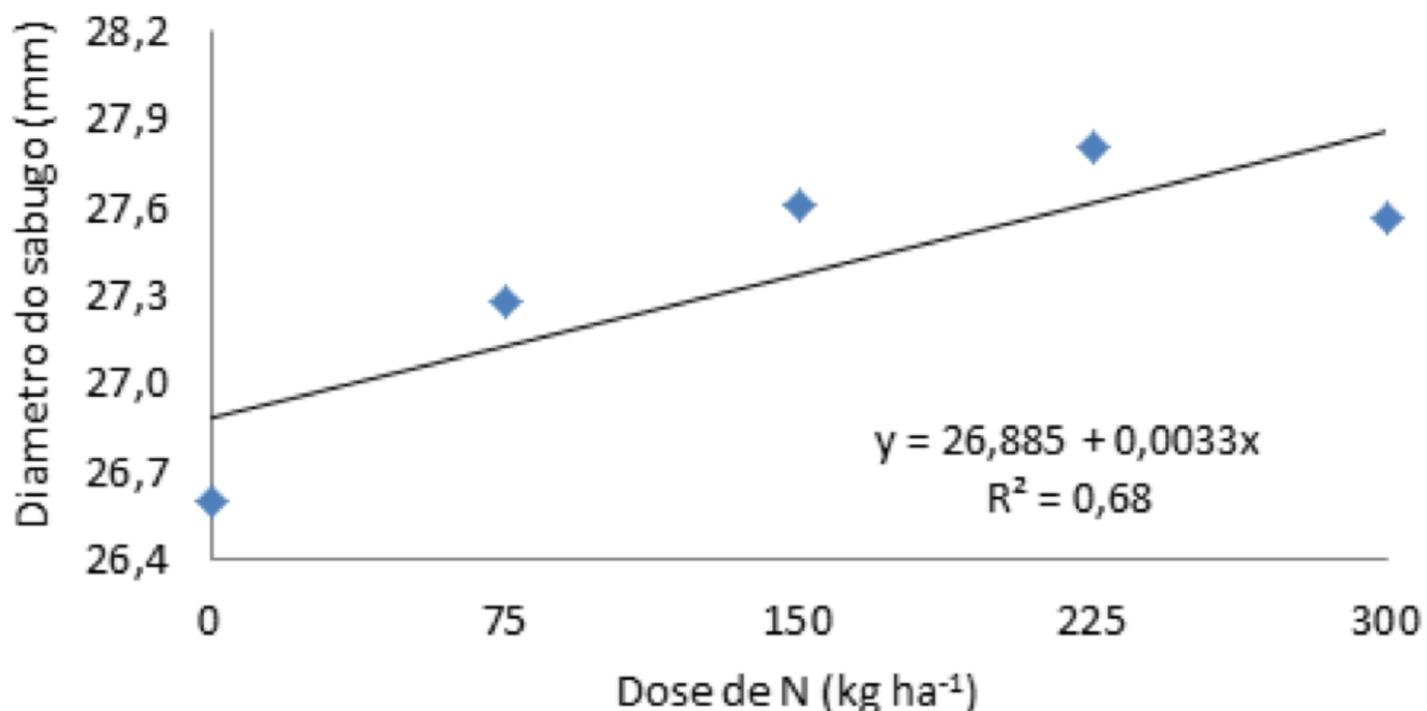


Figura 13. Diâmetro do sabugo de espigas de milho em função da adubação nitrogenada em cobertura.

Os valores referentes ao número de fileiras de grãos por espiga também se ajustaram a equação linear positiva em resposta as doses de N (Figura 14). A explicação para este resultado está associada à maior disponibilidade de N às plantas cultivadas nas parcelas que receberam a aplicação de doses mais elevadas. De acordo com FANCELLI e DOURADO NETO (2000), o número de fileiras de grãos define-se no estágio V8, fase em que a disponibilidade de nutrientes, especialmente de N, é muito importante, uma vez que nesta época inicia-se o período de maior demanda desse nutriente pela planta, atingindo o pico máximo no estágio V12.

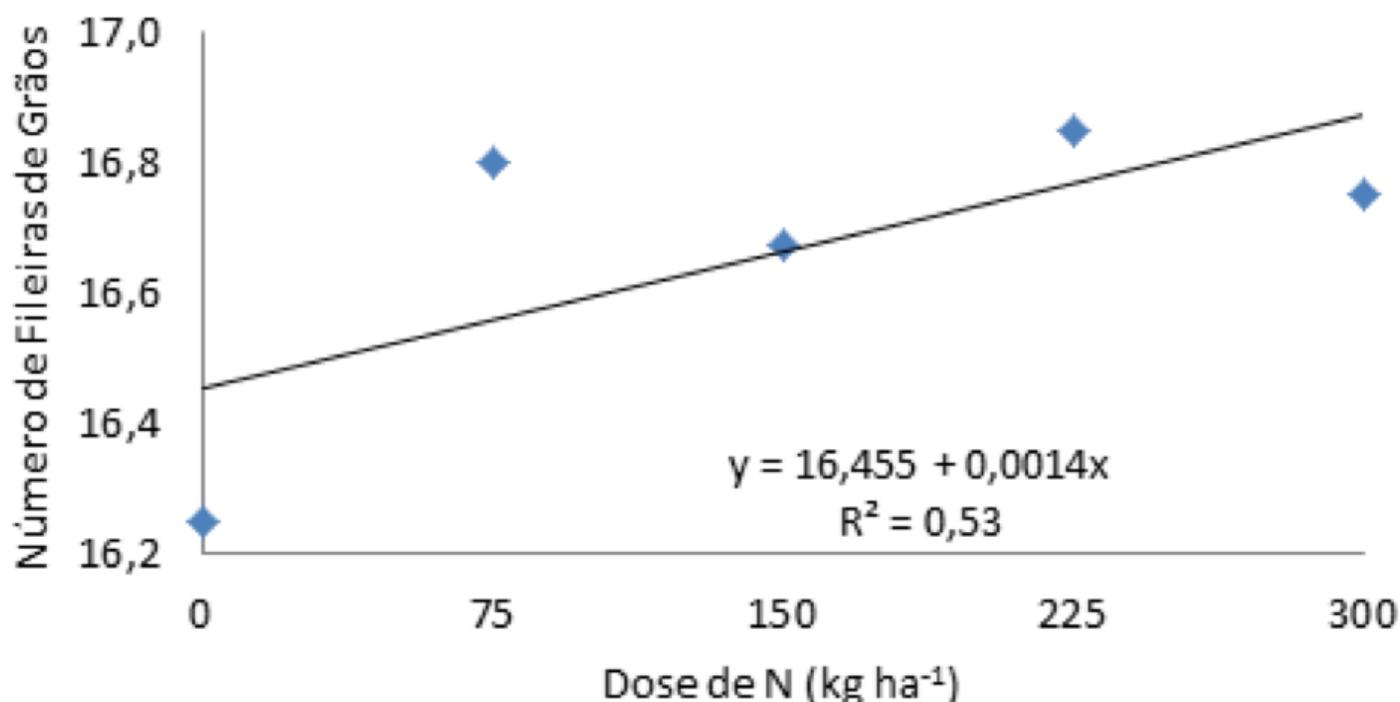


Figura 14. Número de fileiras de grãos de milho em função da adubação nitrogenada em cobertura.

BORTOLINI et al. (2001) avaliando diferentes doses e épocas de aplicação de N, também verificaram que o número de grãos por espiga aumentou com a elevação das doses de N. Estes autores afirmam ainda que o número de grãos por espiga foi o componente que esteve mais associado ao rendimento de grãos.

Os valores de comprimento de grãos de milho, observados neste experimento, também se ajustaram a equação linear positiva em resposta ao aumento das doses de N (Figura 15). Esse resultado pode ser explicado pelo comportamento das variáveis diâmetros de espiga e sabugo, uma vez que o comprimento de grãos foi obtido por meio destas duas.

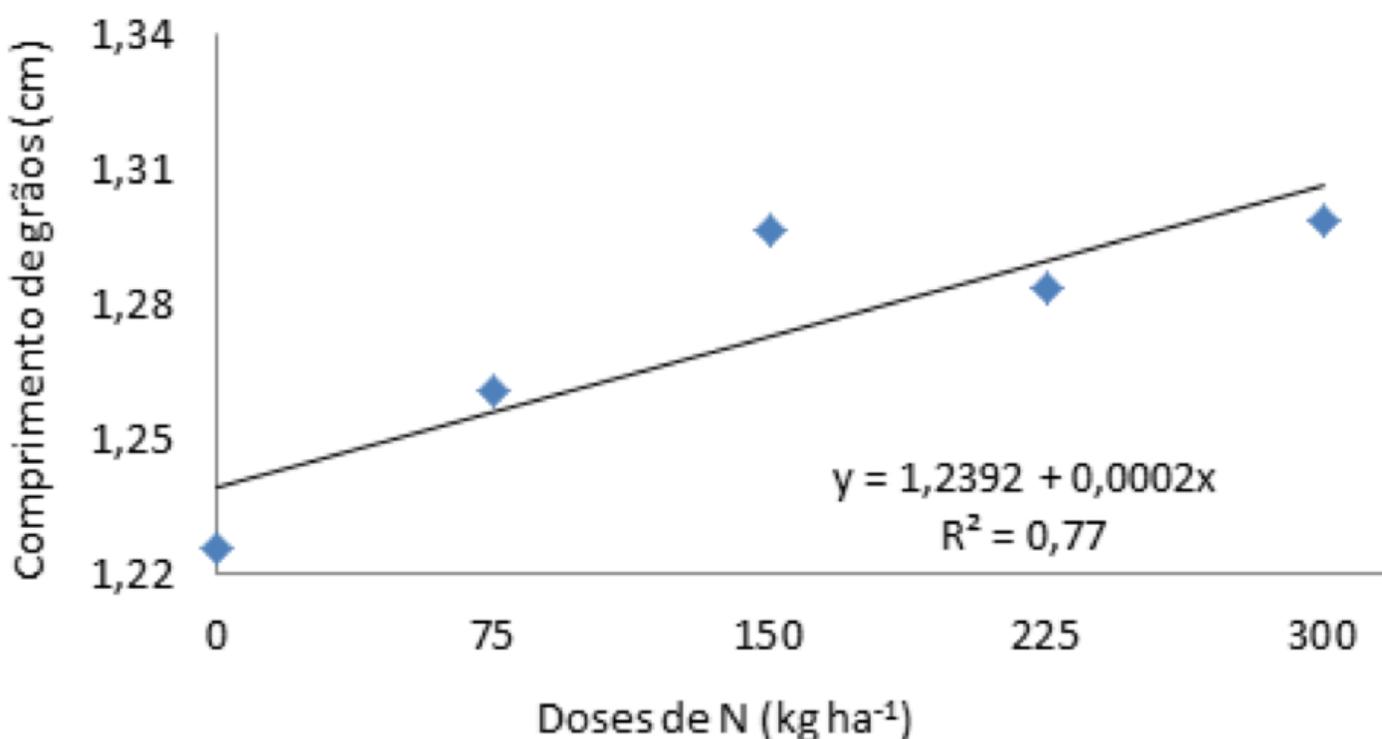


Figura 15. Comprimento de grãos de milho em função da adubação nitrogenada em cobertura.

Quanto a produtividade de grãos, as doses de N em cobertura proporcionaram incremento na produtividade com os dados ajustando-se equação de regressão quadrática (Figura 16), onde foram estabelecidos 11.587,8 kg ha⁻¹ de produtividade máxima de grãos obtidos, com aplicação de 299,57 kg

ha⁻¹ de N.

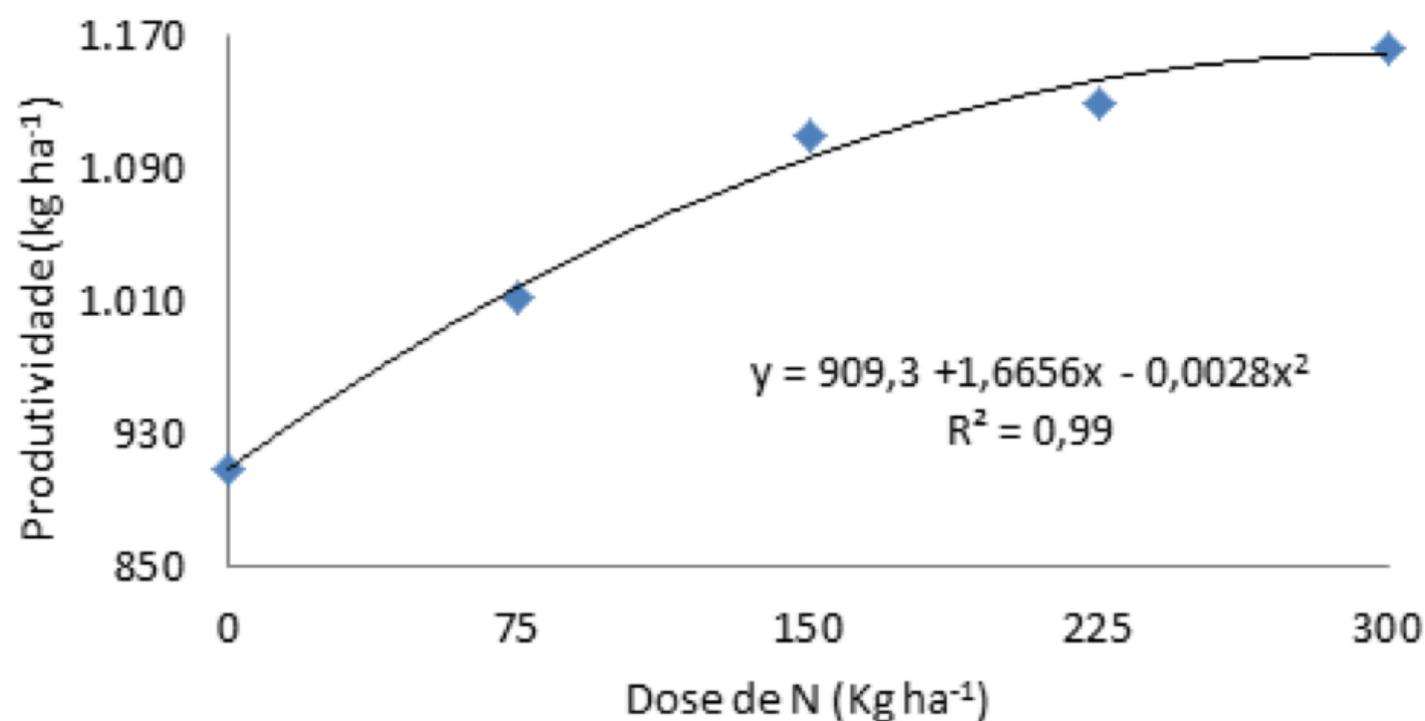


Figura 16. Produtividade de grãos de milho em função da adubação nitrogenada em cobertura.

Os resultados de produtividade de grãos de milho são explicados, principalmente, pelos aumentos nos componentes da produção também observados neste trabalho, pois, eles influenciam de forma substancial na produtividade como relatado por CRUZ et al. (2008). De acordo como BORTOLINI et al. (2001), dos componentes da produção, o número de grãos por espiga é o que está mais associado ao rendimento de grãos.

Esses resultados corroboram com os apresentados por FARINELLI e LEMOS (2012) os quais também observaram comportamento quadrático para produtividade em função da adubação nitrogenada. No entanto, para esses autores a máxima produtividade de grãos foi obtida com a dose de 151 kg ha⁻¹ de N.

É possível observar que altas doses de nitrogênio são necessárias para obtenção da máxima produtividade no milho, no entanto, muitas vezes, as doses máximas ou ótimas encontradas na literatura, como aconteceu nessa pesquisa, estão acima das recomendadas nos manuais de adubação, evidenciando a baixa eficiência na utilização do nitrogênio aplicado por plantas de milho.

4. Conclusões

A distribuição equidistante das plantas de milho no campo proporciona redução na altura das mesmas, evidenciando maior eficiência na interceptação da radiação solar.

A adubação nitrogenada em cobertura proporciona melhor desenvolvimento vegetativo de plantas de milho.

A adubação nitrogenada proporciona incrementos na produtividade em plantas de milho, até a dose e 299,57 kg ha⁻¹ de N, independente o arranjo espacial utilizado.

Referências bibliográficas

AMARAL FILHO, J.P.R.A.; FILHO, D. F.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C (2005). Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. *Revista brasileira de ciência do solo*, 29: 467-473.

BARCELOS, J. P. Q.; FURLANI JUNIOR, E.; REIS, H. P. G.; PUTTI, F. F.; DOS REIS, A. R. (2016). Diagnóstico da exigência do algodoeiro em nitrogênio e níquel pela utilização do medidor portátil de clorofila. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, Tupã, SP, v. 10, n. 1 (2016).

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R.S.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J. (2009). Densidades populacionais de milho em arranjos espacial convencional e equidistante entre plantas. *Ciência Rural*, v.39, n.8.

- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. (1992). *Regras para análise de sementes*. Brasília, DF. 365 p.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. (2001). Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n. 9, p.1101-1106.
- BULL, L. T.; SOARES, E. ; BOARETTO, A.E. ; MELLO, F. A. F. (1993) . Influência da Relação K/(Ca + Mg) do Solo Na Produção de Matéria Seca e Na Absorção de Potássio Por Gramínea e Leguminosa Forrageiras. *Científica*, São Paulo/SP, v. 21, n.1, p. 87-95.
- BULLOCK, D.G.; NIELSEN, R.L.; NYQUIST, W.E. (1988). A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*, Madison, v.28, n.2, p.254-258.
- CARMO, M. S. et al.
- CARMO, M. S.; CRUZ, S.C.S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, LUIS, F. C.; MACHADO, C.G. (2012). Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 223-231.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira, grãos. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, v. 3 - safra 2015/16- n. 9. p. 17-19. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_09_00_00_boletim_graos_junho__2016_-_final.pdf. Acesso em: 28 mar. 2017.
- CHEE, R.; POOL, R. M. (1989). Morphogenetic responses to propate trimming, spectral irradiance, and photoperiod of grapevine shoots recultured in vitro. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 114, n. 2, p. 350-354.
- CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A.W.; PEREIRA, R.G. (2008). Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. (2012). Milho: janela aberta. *Cultivar Grandes Culturas*, v. 14, p. 22-25.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa - SPI. 286 p
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2009). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2. ed. Brasília, Informação Tecnológica. 628p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária. (2015). *Árvore do conhecimento milho: espaçamento e densidade*. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_49_168200511159.html. Acesso em: 28 jun. 2015.
- FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. (2008) Manual do medidor eletrônico de clorofila ClorofiLOG CFL 1030, Porto Alegre. 4p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (2000). Produção de milho. *Agropecuária*, Guaíba, 2000. p. 21-54
- FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. (2012). 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.
- FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; PEREIRA, P.R.G.; CARDOSO, A.A. (2001). Características agrônômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agrícola*, Campinas, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.
- GODOY, L. J.G; BÔAS, R. L. V; GRASSI FILHO, H. (2003). Adubação nitrogenada na cultura do milho baseada na medida do clorofilômetro e no índice de suficiência em nitrogênio (ISN). *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 25, no. 2, p. 373-380, 2003
- HANWAY, J. J. (1963). Growth stages of corn (*Zea mays*). *Agronomy Journal*, Madison, v. 55, n. 5, p. 487-491, 1963.
- HEINRICH, R.; OTOBONI, J. L. M.; GAMBA JÚNIOR, A.; CRUZ, M. C.; SILVA, C. (2003). Doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Garça, n. 4, p. 1-5, 2003.

- KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L.; SALDER, E.J. (1988). Aerial accumulation and partitioning of nutrient by corn. *Agronomy Journal*, Madison, v.80, n.2, p.232-242.
- LOPES, M.M.S.; ALVES, G.A.R.; NETO, C.F.O.; OLIVEIRA, N.N.S.; SANTOS, A.G.C.; OKUMURA, R.S.; LOBATO, A.K.S.; MAIA, S. (2010). Comprimento, diâmetro e matéria seca da espiga em milho. *XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. CD-Rom.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. (1995). *Fisiologia da planta de milho*. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS. 27 p. EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, n. 20.
- MAR, G. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. (2003). Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de nitrogênio, *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 2, p. 267-274.
- OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M.C. (2005). Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544.
- PEREIRA, F. R.S; CRUZ, S. C. S; ALBUQUERQUE, W. A; SANTOS, J. R; SILVA, E. T. (2008). Arranjo espacial de plantas de milho em sistema plantio direto. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.12, n.1, p.69-74.
- PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. (2004). Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.4, p.1015-1020.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. (1994). Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.29, n. 1, p.13-24.
- SANGOI, L. (2001). Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.31, n.1, p.159-168.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. (2002). Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. *Bragantia*, Campinas, v.61, n.2, p.101-110.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; Argenta, G. (2004). *Arranjo espacial e plantas e milho: Como otimiza-lo para maximizar o rendimento*. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 25, Anais. Cuiabá: ASBMS, p.150-159.
- SILVA, E. C. DA; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. DE; GUIMARÃES, G. L. (2005). Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, n.5, p.725-733, 2005.
- STORCK, L.; MODOLO, A. J. ; BRUM, B.; TROGELLO, E. N.; FRANCHIN, M. F.; ADAMI, P. F. (2015). Medida de regularidade do espaçamento de plantas de milho em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, p. 39-44.
- TOLLENAAR, M.; WU, J. (1999). Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. *Crop Science*, Madison, v.39, n.6, p.1597-1604.
- TOLLENAAR, M.; LEE, E. (2002). Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.75, n.1, p.161-169.
- ULGER, A. C.; BECKER, A. C.; KHANT, G. (1995). Response of maize inbred lines and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. *Journal of Agronomy and Crop Science*, Berlin, v. 159, n. 1, p. 157-163.

-
1. Mestrando em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. helitonresende@gmail.com
 2. Professor Dr. da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. simerio_cruz@yahoo.com.br
 3. Professor Dr. da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. darly.sena@gmail.com
 4. Eng. Agrônomo pelo Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. Josueguimaraes306@gmail.com
 5. Professora Dra. da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. carlagomesmachado@gmail.com

