

MANOEL MOTA DOS SANTOS

**ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA
NA CULTURA DO MILHO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

MANOEL MOTA DOS SANTOS

**ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA
NA CULTURA DO MILHO**

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

APROVADA: 18 de fevereiro de 2005.

Prof. Glauco Vieira Miranda
(Conselheiro)

Prof. Lino Roberto Ferreira
(Conselheiro)

Prof. Ernani Luis Agnes

Prof. Renzo Garcia Von Pinho

Prof. João Carlos Cardoso Galvão
(Orientador)

A Jesus Cristo.

Aos meus pais, Messias e Delvita.

Aos meus irmãos Magno, Deusanira e Amanda.

Aos meus amigos e parentes.

Aos agricultores do Brasil.

Dedico.

AGRADECIMENTO

A Jesus Cristo, senhor de todos os meus passos.

Aos meus pais Messias e Delvita, pelo exemplo de amor e fiel apoio incondicional ao longo da minha existência, compreensão da minha ausência durante longos anos, e pelos ensinamentos de vida que serviram de base para a minha formação.

Aos meus irmãos Magno, Deusanira e Amanda e toda minha família, pelo apoio, amizade, incentivos e críticas feitas durante toda a minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste sonhado curso.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Departamento de Fitotecnia por me acolher e me dar condições de realizar meus estudos.

Ao professor João Carlos Cardoso Galvão, pela orientação, pelos conselhos, ensinamentos, compreensão e acima de tudo pela amizade durante a realização do curso de mestrado.

Aos Professores Glauco Vieira Miranda e Lino Roberto Ferreira, pela ajuda, sugestões e amizade desde a realização das análises estatísticas até a redação desta tese, como também, pela convivência durante este período.

Aos Professores Ernani Luiz Agnes e Renzo Garcia Von Pinho, pela participação na banca examinadora e pelas sugestões para a melhoria desta tese.

Aos colegas do “Programa Milho”, Leandro Wagno, Aurélio, Lauro, Anastácia José Roberto e a todos os demais integrantes deste programa, pela boa convivência e ajuda na execução dos ensaios em campo e em laboratório.

Aos funcionários do DFT, em especial à secretaria da Pós-Graduação Mara pela sua ajuda, paciência e amizade.

Aos funcionários da Estação de Pesquisa de Coimbra, Carlinhos, José Pereira, José Maria, Luis, João, Sebastião, Fernando e Potoca, pela ajuda prestada, amizade e convivência.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição de Plantas, Domingos e Itamar, pela ajuda prestada e pelos momentos de descontração.

Aos amigos e colegas, especialmente os meus quase irmãos Hélio Bandeira Barros e sua esposa Ana Celle, Raimundo Nonato e sua esposa Elisângela, Rodrigo Fidelis e sua esposa Gisele, Uberlando, Raimundo Wagner, Renato Sarmiento, Hugo, André, Rodolfo, Aldo, Anailda, Cibeli, Maria do Céu, Claudia Fogaça e todos os demais colegas, pela amizade, parceria e pelo convívio agradável durante todo o curso.

À minha namorada Clarice por seu carinho, amor, amizade paciência e incentivo.

A todos aqueles com os quais convivi e que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho e que muito colaboraram para minha formação pessoal e profissional.

BIOGRAFIA

MANOEL MOTA DOS SANTOS, filho de Messias dos Santos Pinto e Delvita Mota dos Santos, nasceu em 01 de fevereiro de 1978, em Dueré, Tocantins.

Cursou o ensino fundamental em Cristalândia e médio em Gurupi, Tocantins. Em março de 1998, ingressou-se no curso de Agronomia pela Universidade Estadual do Tocantins (Unitins), em Gurupi, Tocantins.

Em agosto de 2003 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia/Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, defendendo tese em 18 de fevereiro de 2005.

Em março de 2005 iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

CONTEÚDO

LISTA DE TABELAS E FIGURA	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	10
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. ALTURA DE PLANTAS E ALTURA DE ESPIGA	16
4.2. FLORESCIMENTO MASCULINO E FEMININO	19
4.3. PESO DE ESPIGA	20
4.4. PESO DE 1000 GRÃOS	22
4.5. PROLIFICIDADE (ESPIGA POR PLANTA)	23
4.7. PRODUTIVIDADE DE GRÃOS	23
4.8. PLANTAS QUEBRADAS E ACAMADAS	27
5. CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS BIBIOGRÁFICAS	29

LISTA DE TABELAS E FIGURA

TABELA 1.	Análise química do solo em Coimbra-MG _____	10
TABELA 2.	Características das cultivares de milho usadas no experimento no ano agrícola 2003/04,Coimbra-MG _____	11
TABELA 3.	Resumo da análise de variância para as características altura da inserção da primeira espiga (cm) e altura de planta (cm), florescimento masculino (FM) feminino (FF), peso de espiga (kg ha^{-1}), peso de 1000 grãos (g), prolificidade, nitrogênio foliar no florescimento (N foliar) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de milho em função da cultivar (Cult), espaçamento (Esp) e parcelamento de nitrogênio (Adb) _____	17
TABELA 4.	Médias da altura de plantas e altura de inserção da espiga em função dos cultivares. Coimbra-MG, 2003/04 _____	18
TABELA 5.	Médias da altura de plantas e altura de inserção da espiga em função das adubações nitrogenadas. Coimbra-MG, 2003/04 _____	19
TABELA 6.	Florescimento masculino (FM) e feminino (FF), em dias, em função da adubação nitrogenada e cultivares. Coimbra-MG, 2003/04 _____	19
TABELA 7.	Médias do peso de espigas de cultivares de milho em função da interação espaçamento entre fileiras, adubação nitrogenada e cultivares. Coimbra-MG, 2003/04 _____	21
TABELA 8.	Peso médio de 1000 grãos (g) em função do parcelamento nitrogênio e cultivares. Coimbra-MG, 2003/04 _____	22
TABELA 9.	Produtividade média (kg ha^{-1}) em função da adubação nitrogenada e cultivares. Coimbra-MG, 2003/04 _____	24
TABELA 10.	Médias do peso de grãos de cultivares de milho na interação espaçamento entre fileiras, adubação nitrogenada e cultivares. Coimbra-MG, 2003/04 _____	25
FIGURA 01.	Precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura máxima e mínima diárias do ar ($^{\circ}\text{C}$), observadas durante a condução do experimento em 2003/04 _____	15

RESUMO

SANTOS, Manoel Mota dos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2005, **Espaçamento entre Fileiras e Adubação Nitrogenada na Cultura do Milho**. Orientador: João Carlos Cardoso Galvão. Conselheiros: Glauco Vieira Miranda e Lino Roberto Ferreira.

A utilização de espaçamento reduzidos no Brasil é recente. Esta tecnologia tem sido utilizada em razão do desenvolvimento e comercialização de sementes cultivares com maior potencial de produção, de ciclo curto, arquitetura mais ereta e porte baixo. O presente trabalho foi desenvolvido no ano agrícola 2003/04, na Estação Experimental de Coimbra – UFV, em um experimento disposto no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema fatorial 3x3x2 (três cultivares: AG 9010, AG 1051 e UFVM100-Nativo), três épocas de aplicação do nitrogênio (testemunha (sem N), 120 kg ha⁻¹ de N aplicados no plantio e 30 kg ha⁻¹ no plantio e 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, aplicados no estádio de quatro folhas completamente expandidas) e dois espaçamentos entre fileiras (0,5 e 1,0 m). A parcela experimental foi de 7 x 7 m, sendo a área útil de 12 m². Para o controle de plantas daninhas utilizou-se a mistura dos herbicidas atrazine + nicossulfuron (1,5 kg ha⁻¹ + 12 g ha⁻¹, respectivamente). Os herbicidas foram aplicados em mistura no tanque, quando as plantas daninhas dicotiledôneas e monocotiledôneas encontravam-se com quatro folhas e três folíolos, respectivamente. A aplicação de nitrogênio, tanto parcelado ou todo no plantio, eleva a altura de plantas dos cultivares, independentemente do espaçamento; A aplicação de nitrogênio reduz o florescimento do milho; A produtividade do cultivar AG 9010 é maior no espaçamento de 0,50 m entre fileiras; A redução do espaçamento, de 1,0 m para 0,50 m, proporcionou um aumento de 8 % na produtividade de grãos; Não há diferença significativa na produtividade de grãos dos cultivares estudados com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio ou parcelado (30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 90 kg ha⁻¹ de N na quarta folha completamente expandida).

ABSTRACT

SANTOS, Manoel Mota dos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, february of 2005, **Space between lines and nitrogen fertilizer in corn culture**. Adviser: João Carlos Cardoso Galvão. Committee members: Glauco Vieira Miranda and Lino Roberto Ferreira

The use of reduced spacing in Brazil is recent. This technology has been employed as function of the development and marketing of cultivates of greater production potential, short cycle, erectile architecture and low height. The present work was carried out in 2003/04 agricultural years, at the Experimental Station of Coimbra – UFV. The experiment was installed in a randomised complete block design. Treatments were arranged in a 3 x 3 x 2 factorial scheme with four replicates (three cultivates: AG 9010, AG 1051 and UFVM100-Native), three nitrogen application times: control (without N), 120 kg ha⁻¹ of N applied at sowing and 30 kg ha⁻¹ at sowing and 90 kg ha⁻¹ of N covering, applied at four fully expanded leaves stage; and two spacing between lines (0.5 and 1.0 m). The experimental plot was of 12 m² (7,0 x 7,0 m). For the weeds control was used a mix of atrazine + nicossulfuron herbicides (1.5 kg ha⁻¹ + 12 g ha⁻¹, respectively). The herbicides were applied in mixture in a tank, when the dicotyledon and monocotyledon weeds had four leaves and three leaflets respectively. Plant and spike heights, male and female flowerings, spike and 1000 grains weights, grains fruitful and productivity were significantly affected by cultivates and N application manner. The spacing reduction, from 1.0 m to 0.50 m, provided an increase of 8% in grains productivity. However it did not show any affect on the characteristics evaluated. The absence of nitrogenous fertilizer showed a significant effect on all the evaluated characteristics. The application of 120 kg ha⁻¹ of nitrogen at sowing or divided in two applications (30 kg ha⁻¹ at sowing and 90 kg ha⁻¹ in four fully expandedleaves) affected in a similar way all the evaluated characteristics.

1- INTRODUÇÃO

Grande parte dos produtores de milho no Brasil utiliza espaçamentos entre linhas compreendidos entre 80 e 100 cm (FLESCH & VIEIRA, 1999). Esta distância utilizada entre fileiras permite a utilização adequada dos equipamentos necessários à semeadura, tratos culturais e colheita, independentemente do sistema de produção e do tipo de tração utilizados. O interesse em cultivar o milho, utilizando espaçamentos entre linhas reduzidos de 45 a 60 cm, tem crescido nos últimos anos em diferentes regiões produtoras, principalmente entre os produtores que trabalham com densidades de semeadura superiores a 50.000 plantas ha⁻¹ e alcançam produtividade superior a 6.000 kg ha⁻¹ (SANGOI *et al.*, 2002). Esta é uma idéia que tem sido discutida repetidamente nos últimos 30 anos (HENTSCHKE, 2002), sem que tenha sido implementada em larga escala. O desenvolvimento de híbridos mais tolerantes às altas densidades de plantas, o maior número de herbicidas disponíveis para o controle seletivo de plantas daninhas e a maior agilidade da indústria de máquinas agrícolas no desenvolvimento de equipamentos adaptados ao cultivo do milho com linhas mais próximas têm favorecido a adoção desta prática cultural.

A redução do espaçamento entre fileiras na cultura de milho pode beneficiar a cultura, pois favorece a equidistância entre as plantas na linha e entre linhas, propiciando redução da competição entre as plantas pelos recursos do ambiente, otimizando sua utilização (PORTER *et al.*, 1997). Diversos trabalhos de pesquisa têm mostrado uma tendência de maior produção de grãos em espaçamentos mais estreitos, principalmente com o milho de porte baixo. Isto porque, além dos benefícios

citados por (PORTER *et al.*,1997), do ponto de vista dos agricultores, reduzir o espaçamento proporciona uma maior eficiência no uso dos equipamentos, principalmente semeadeiras, pois estas mesmas semeadeiras são utilizadas em outras culturas como a soja, o feijão e o algodão, evitando-se assim, constantes modificações nas linhas de plantio (HENTSCHKE, 2002). Além disso, devido ao rápido fechamento das plantas de milho, limita-se o desenvolvimento de plantas invasoras, atuando como um método para seu controle cultural (LAUER, 1994; FUNDAÇÃO RIO VERDE, 2002), podendo também auxiliar na proteção do escoamento superficial das chuvas.

O grau de interferência das plantas daninhas com a cultura depende da comunidade infestante (espécie, densidade e distribuição); da cultura (cultivar, espaçamento e densidade); do ambiente (solo, clima e manejo); e do período de convivência (PITELLI, 1985).

Uma forma de reduzir o custo de produção é a utilização de cultivares de milho que competem mais eficientemente com as plantas daninhas pelos recursos do ambiente. Isto poder ser alcançado, buscando-se plantas com características de arquitetura que podem limitar a penetração de luz, tais como: altura, largura das folhas e grande número de folhas orientadas horizontalmente, associadas à redução do espaçamento entre fileiras (FORD & PLEASANT, 1994 e ROSSI *et al.*, 1996).

Outro fator importante e limitante na produção do milho é a disponibilidade de nitrogênio, sendo o macroelemento mais absorvido em curto espaço de tempo pelas plantas e um dos nutrientes mais importantes para a cultura (ARNON, 1975).

A exigência de nitrogênio varia consideravelmente nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta: sendo mínima nos estádios iniciais, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e alcançando o máximo durante o período compreendido entre o início do florescimento e o início da formação de grãos (YAMADA, 1996).

No Brasil, as doses de nitrogênio indicadas são relativamente baixas, aproximadamente, metade das utilizadas nos EUA, refletindo os baixos níveis de produtividade de milho obtidos pela maioria dos agricultores brasileiros. As maiores doses de nitrogênio são recomendadas para áreas bem supridas com os outros nutrientes, com maior população de plantas, maior potencial de produção ou em anos com condições climáticas favoráveis.

O contínuo progresso no melhoramento genético da cultura do milho tem permitido o desenvolvimento e a comercialização de sementes de cultivares com maior potencial de produção, de ciclo curto, arquitetura mais ereta e porte baixo. Esses cultivares, além de oferecerem menor risco de acamamento e quebramento, facilitam a sucessão com outras culturas e a mecanização; permanecem um menos tempo sujeitos às condições adversas no campo, permitindo a obtenção de melhores preços pela possibilidade de realizar a colheita antecipadamente.

Modificações mais recentes, através do melhoramento genético, foram introduzidas nos genótipos de milho, tais como, menor estatura e menor altura de inserção de espiga, com folhas de angulação mais fechada e altas respostas à adubação nitrogenada. O presente trabalho objetivou avaliar os componentes de produção de três cultivares de milho em função do espaçamento entre fileiras e do modo de aplicação da adubação nitrogenada.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

A utilização de espaçamentos reduzidos no Brasil é recente. Esta tecnologia tem sido empregada em razão do desenvolvimento e comercialização de semente de cultivares com maior potencial de produção, de ciclo curto, arquitetura mais ereta e porte baixo. Esses cultivares, além de oferecerem menor risco de acamamento e quebramento, facilitam a sucessão com outras culturas pela antecipação da colheita, além da possibilidade de melhores preços (SANGOI *et al.*, 2002).

Existe uma tendência de maior produção de grãos por área para cultivares de porte baixo, associado ao aumento da população; isto porque, além de amenizar a competição com plantas daninhas, há melhor aproveitamento de luz, água e nutrientes pelo melhor arranjo das plantas (ARGENTA, 2001 e JOHNSON *et al.*, 1998).

Os cultivares precoces admitem maiores densidades de plantas do que os tardios (VIANA *et al.*, 1983). Esta diferença se deve ao fato de os cultivares precoces possuírem plantas de menor estatura e menor massa vegetativa. Essas características morfológicas determinam uma menor competição entre plantas, favorecendo o aproveitamento da luz.

Teoricamente, o melhor arranjo de plantas é aquele que proporciona sua distribuição mais uniforme por área e o cultivar pode ser limitante para se elevar a produtividade de grãos. Híbridos mais precoces requerem maior densidade de plantas em relação aos de ciclo normal para atingir seu potencial de produtividade (MUNDSTOCK, 1977 e SILVA, 1992). Oliveira (1984), citado por Borges (2004), relata que a população ideal de plantas está relacionada com a finalidade da cultura (grãos

ou forragem); com as características do híbrido (porte baixo, médio ou alto); com a fertilidade do solo; com a disponibilidade hídrica; e com outros fatores abióticos e bióticos.

Os híbridos de ciclo normal de porte alto que produzem muita massa, geralmente, não se beneficiam do melhor arranjo dentro da área. Pelo grande desenvolvimento vegetativo, logo no início do ciclo, podem sombrear o espaço entre fileiras. Já os híbridos de menor porte, com pouco desenvolvimento de massa, demoram muito a fechar os espaços entre as linhas e, muitas vezes, nem conseguem sombrear toda a área. MUNDSTOCK (1977) relata que plantas de milho com estas características de precocidade e menor porte são as que podem beneficiar-se com o uso de menores espaçamentos.

A matéria seca acumulada pelas plantas em determinada área é resultado da transformação da radiação incidente, pela fotossíntese. A radiação é interceptada pelas folhas, o que só ocorre plenamente após a cobertura total do solo, pelo fechamento do espaço entre as linhas. Quanto mais próximas as linhas, mais rapidamente ocorre o fechamento entre fileiras, (COSTA *et al.*, 2002). As lavouras, semeadas com linhas mais próximas, interceptam a radiação incidente com maior eficiência, resultando em elevação da fotossíntese e, conseqüentemente, mais reservas são acumuladas pelas plantas. Durante o período reprodutivo, os fotoassimilados são translocados e usados para a produção de flores masculinas e femininas, além de contribuírem sobremaneira para o enchimento dos grãos (FLÉNET *et al.*, 1996).

Outro efeito da redução do espaçamento entre linhas de milho relaciona-se à qualidade da luz recebida pelas plantas. Com a disposição mais uniforme entre plantas em espaçamentos menores, ocorre maior absorção de luz na faixa do vermelho (V) e maior reflexão de luz na faixa do vermelho extremo (VE). Esta característica é especialmente importante para o milho em densidades elevadas, pois, nestes casos, as plantas recebem mais luz VE refletida, aumentando a relação VE/V. Esta variação na qualidade de luz recebida determina algumas modificações no desenvolvimento das plantas como: maior alongação do colmo, folhas mais compridas e finas e elevada redução de raízes (KASPERBAUER & KARLEN, 1994). Além dos efeitos observados na cultura do milho, a redução do espaçamento entre linhas pode aumentar a sua competitividade com as plantas daninhas, a partir da maior quantidade de luz que é interceptada pelo dossel da cultura (TEASDALE, 1995).

De acordo com dados da Universidade de OHIO (2003), várias regiões dos EUA conseguiram, com o uso de espaçamentos entre 0,38 m e 0,50 m entre fileiras, o incremento de 3 a 5 % na produtividade média de milho, quando comparados com espaçamentos de 0,76 m.

Em uma população de plantas de milho, a competição por luz ocorre entre as folhas de uma mesma planta, entre plantas na linha e entre linhas de plantio, sendo menor a competição entre linhas, o que permite reduzir o espaçamento e assim, aumentar a população de plantas.

No Brasil, Palhares (2003) observou que, em alta população (90.000 plantas ha⁻¹), a redução do espaçamento (de 0,80 m para 0,40 m) entre fileiras de plantas

proporcionou efeito positivo na produtividade de grãos no genótipo de arquitetura foliar aberta (AG 1051), propiciada pela otimização de interceptação da luz.

As gramíneas mantêm a cobertura da superfície do solo por períodos mais longos. Nestas condições, há necessidade de maior atenção para a adubação nitrogenada na semeadura, para que possa haver a compensação do efeito da imobilização do nitrogênio pelos microrganismos do solo na fase inicial de crescimento da cultura em sucessão (VARGAS *et al.*, 2005).

Embora parte do nitrogênio contido na forma orgânica no solo seja mineralizada pela atividade microbiana, essa quantidade, às vezes, não é suficiente para atender à demanda de culturas mais exigentes (AMADO *et al.*, 2000). Além disso, o nitrogênio orgânico do solo é liberado lentamente, em torno de 2 a 3% durante o ano, enquanto a demanda do nutriente pelo milho é maior no início do desenvolvimento das plantas.

A absorção de nitrogênio pela cultura do milho se dá principalmente na forma nítrica, sendo reduzida a amônia nas folhas pelas enzimas redutase do nitrato e do nitrito (YAMADA,1996). O nitrogênio é o nutriente mais exportado pela cultura do milho, e, de maneira geral, a literatura relata que, para cada tonelada de grãos produzidos, são exportados cerca de 20 a 25 kg de N. As exigências de nitrogênio 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 o máximo durante o período compreendido entre o início do florescimento e o início da formação de grãos (CANTARELLA & DUARTE, 2004).

As exigências por N nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura de milho, apesar de serem pequenas, são importantes para promover rápido crescimento

inicial e definir a produção potencial dessa cultura (RITCHIE, 1993 e FANCELLI & DOURADO NETO, 2000). Nesse sentido, Sá (1996) verificou que a aplicação antecipada de N antes do plantio do milho pode ser uma alternativa para aumentar a disponibilidade de N no solo, em plantio direto. Porém, a disponibilidade de N no solo proveniente da adubação nitrogenada é influenciada pela relação C/N e por outros fatores, como o tipo de solo, teor de argila, precipitação e sistema de plantio adotado. Em solos acima de 70% de argila, a aplicação de nitrogênio, em dose única na semeadura e parcelada em diferentes estádios vegetativos, proporcionou produtividade semelhante de grãos (ROCHA, 2003).

SOUZA *et al.* (2002), em experimento conduzido no município de Sacramento (MG), no ano agrícola 99/2000, em solo de textura argilosa (46% de argila), verificaram que a cobertura nitrogenada feita logo após o plantio proporcionou acréscimo de 15% em relação à testemunha sem cobertura, enquanto para a cobertura na época normal (25 dias após emergência), o incremento foi de 7%. A grande vantagem da antecipação da adubação nitrogenada está relacionada com áreas extensas, em que o período correto da aplicação de nitrogênio pode ser limitado pelo tempo. Entretanto, Fernandes *et al.* (2002) não encontraram diferença entre a aplicação de N realizada totalmente na semeadura ou em cobertura, ou ainda, entre as aplicações parceladas na semeadura e em cobertura, ressaltando ainda que o ano agrícola foi excelente em termos de quantidade e distribuição de chuvas durante o período de cultivo do milho. Isto pode ter contribuído significativamente para os resultados encontrados.

Outro fator que pode estar contribuindo para diferentes respostas aos parcelamentos de nitrogênio, principalmente os mais tardios, é a diferença genética entre os cultivares. Mengel (1996) relata diferenças entre um híbrido de ciclo longo (Mo 17XB73) e um híbrido de ciclo curto (P 3732) relacionadas ao tempo necessário para o desenvolvimento máximo do sistema radicular, ao estágio de desenvolvimento em que ocorria a senescência foliar e ao comprimento máximo das raízes. Neste trabalho, quando se aplicaram 227 Kg ha^{-1} de N, houve aumento de 45% e 96% no crescimento radicular dos híbridos P 3732 (ciclo curto) e Mo 17XB73 (ciclo longo), respectivamente.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2003/04, na Estação Experimental de Coimbra, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, situada no município de Coimbra, na Zona da Mata de Minas Gerais, caracterizada pelas coordenadas geográficas 20° 50' 30" de latitude Sul e 42° 48' 30" de longitude Oeste, altitude de 715 metros, em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase terraço, cujas características químicas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental. Coimbra-MG.

	Médias	
	Amostra 0- 5 cm	Amostra 0- 20 cm
PH em água	5,2	5,1
P(mg/ dm ³)	5,0	5,0
K (mg/ dm ³)	150,0	95,0
Na cmol _c /dm ³	4,0	2,0
Ca ²⁺ cmol _c /dm ³	2,06	2,18
Mg ²⁺ cmol _c /dm ³	0,89	0,82
Al ³⁺ cmol _c /dm ³	0,0	0,1
H ⁺ +Al ³⁺ cmol _c /dm ³	3,2	3,2
SB cmol _c /dm ³	2,8	3,0
CTC (t) cmol _c /dm ³	3,34	3,33
CTC (T) cmol _c /dm ³	6,08	6,19
V %	55,0	52,0
M %	0,0	3,0
MO dag/kg	3,0	2,7
Argila (%)	70,0	70,0

pH em água: relação 1 : 2,5

Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: Extrator KCl 1 mol/L

P, K e Na: Extrator Mehlich 1

H⁺ + Al³⁺ : Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol/L, a pH 7,0.

3.2 - Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, no esquema fatorial 3 x 3 x 2. Os tratamentos foram formados por três cultivares escolhidos por apresentarem adaptação à região e diferenças morfológicas em relação à altura de plantas, ciclo e arquitetura foliar (Tabela 2). O nitrogênio foi aplicado sob três formas: 0, 120 kg ha⁻¹ no plantio e 30 (plantio) + 90 kg ha⁻¹ na quarta folha completamente desenvolvida, tendo sido utilizados dois espaçamentos entre fileiras (1,0 e 0,50 m). Cada parcela experimental foi composta por sete linhas de 7,0 metros de comprimento para o espaçamento de 1,0 m e por 14 linhas de 7,0 m de comprimento para o espaçamento de 0,50 m. A área útil, nos dois espaçamentos, foi de 12 m².

TABELA 2. Características dos cultivares utilizados no experimento do ano agrícola 2003/04. Coimbra - MG.

Cultivares	Tipo de cultivar	Folhas	Ciclo	Textura do grão	População recomendada	Nível tecnológico	Instituição	Altura da planta
UFVM-100 NATIVO	Variedade	Planiformes	Precoce	Dentado	50-55 mil plantas ha ⁻¹	Baixo a médio	UFV	Alta
AG 9010	Híbrido simples	Eretas	Super precoce	Duro	50-70 mil plantas ha ⁻¹	Alto	Agrocerec	Baixa
AG 1051	Híbrido duplo	Planiformes	Normal	Dentado	40-50 mil plantas ha ⁻¹	Médio a alto	Agrocerec	Alta

O milho foi plantado em sistema de plantio direto na palha, em sucessão à aveia preta. Esta espécie de inverno foi semeada na segunda semana do mês de julho e não recebeu adubação de plantio nem de cobertura, apenas irrigação suplementar.

No final de outubro, quando as plantas apresentavam 50 % de florescimento, utilizou-se o herbicida glyphosate (5 L ha⁻¹ ou 1,8 L de i. a. ha⁻¹) para a dessecação.

O plantio do milho foi realizado 15 dias após a dessecação da área, com abertura dos sulcos pela plantadeira/adubadeira (Semeato-SHM11/13). Em seguida, reabriram-se os sulcos, realizando-se a adubação de plantio e semeadura do milho, manualmente.

A adubação de plantio foi realizada com 380 kg ha⁻¹ da formulação 8 -28 -16 para as parcelas que receberam nitrogênio. Para a dose zero de nitrogênio, a adubação foi realizada com 106 kg de P₂O₅ ha⁻¹ na forma de superfosfato simples, e com 60 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio. As adubações de cobertura e de plantio com nitrogênio foram realizadas com uréia, sem incorporação, realizando-se uma irrigação logo após sua aplicação. Após o desbaste, manteve-se uma população de 50.000 plantas ha⁻¹.

Para o controle de plantas daninhas, utilizou-se a mistura dos herbicidas atrazine + nicossulfuron (1,5 kg ha⁻¹ + 12 g ha⁻¹ do i.a., respectivamente). Os herbicidas foram aplicados em mistura no tanque, quando as plantas daninhas dicotiledôneas e monocotiledôneas encontravam-se com quatro folhas e três folíolos, respectivamente.

Avaliaram-se o florescimento masculino e feminino, as alturas de plantas e de inserção das espigas, o número de espigas por planta, o peso de espiga sem palha, produtividade e massa de mil grãos, além do acamamento e quebramento das plantas.

Os florescimentos feminino e masculino foram feitos com a contagem em dias após o plantio, quando 50 % das plantas emitiram pendão e 50 % das plantas apresentavam cabelos para fora da espiga, respectivamente.

A estatura da planta correspondeu à distância entre o colo da planta e o ponto de inserção da folha bandeira, ao passo que a altura de inserção da espiga foi considerada como a distância entre o colo da planta e o ponto de inserção da primeira espiga.

O número de espigas por planta foi determinado pela razão entre o número de espigas colhidas e o número plantas existentes na área útil. A massa de 1000 grãos foi determinada pela contagem manual de 1000 grãos, pesagem e correção da umidade para 13%.

O rendimento de grãos foi estimado por meio da extrapolação da produção colhida na área útil das parcelas para um hectare, corrigindo-se a umidade para 13%, e utilizando-se a seguinte expressão:

$$P_{13\%} = PC \times \left(\frac{1 - (U/100)}{0,87} \right)$$

Em que:

$P_{13\%}$ = Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) corrigida para a umidade padrão de 13%;

PC = Produtividade de grãos sem correção (kg ha^{-1}); e

U = Umidade dos grãos observada no campo (%).

Antes da colheita, foram avaliados o acamamento e o quebramento das plantas de milho, somando-se na área útil da parcela as plantas inclinadas formando um ângulo superior a 20° com o solo, mais o número de plantas quebradas abaixo da espiga. Este somatório foi expresso em porcentagem do estande observado na área útil da parcela.

A colheita foi realizada manualmente e a debulha das espigas efetuada com trilhadeira estacionária, simulando a colheita mecânica por colheitadeira. Após a debulha, as sementes foram pesadas e o peso corrigido para umidade de 13 %.

Após a obtenção dos dados em planilhas no campo experimental, foram efetuadas as análises de variância, utilizando o sistema operacional SAEG 5.0 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). Quando necessário, foram feitos os desdobramentos, sendo as médias por tratamento comparada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os dados de precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%), coletados na área durante a condução do experimento, encontram-se na Figura 1.

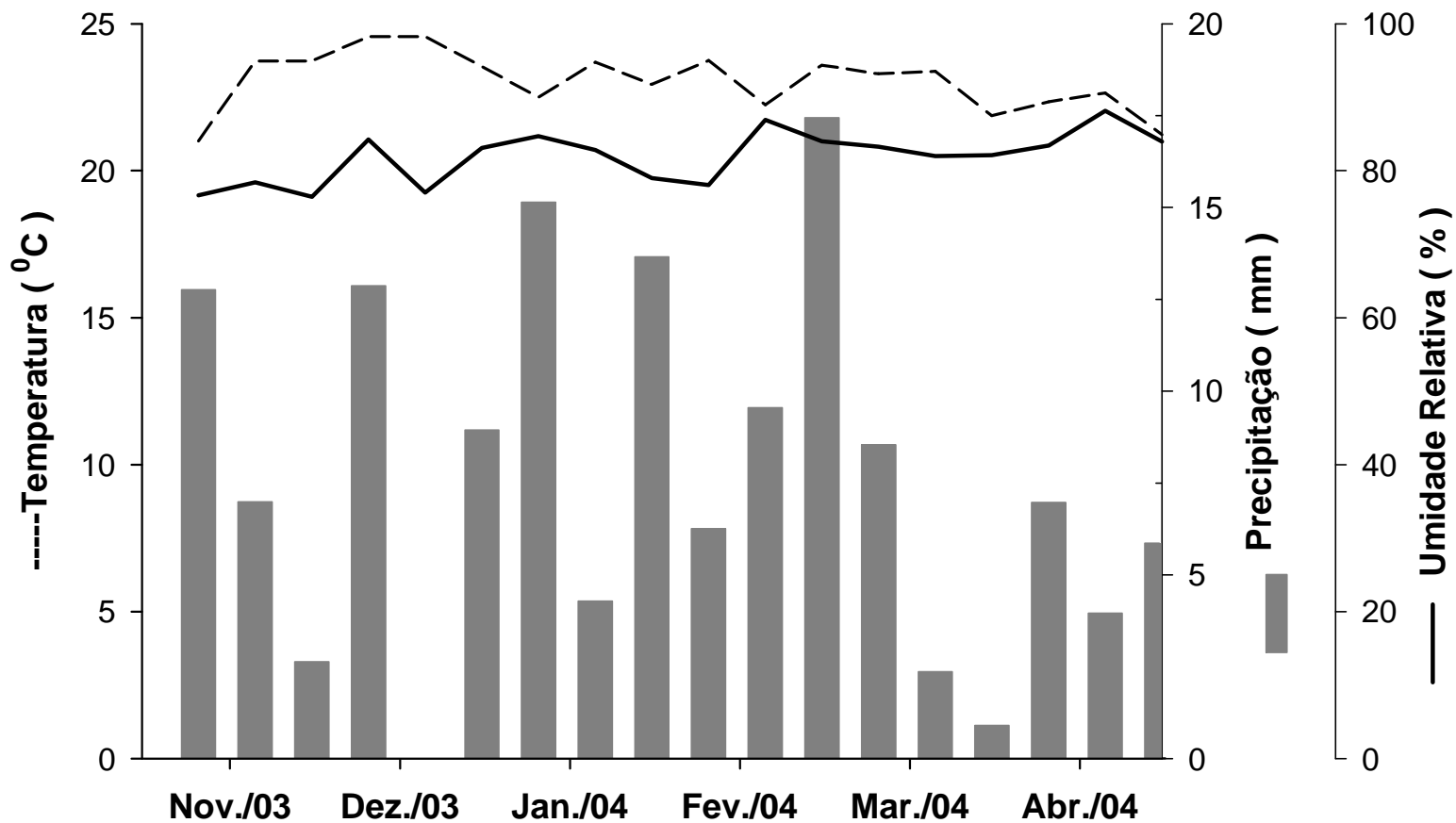


FIGURA 01 - Precipitação (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média em decêndios (°C), observadas durante a condução do experimento em 2003/04.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância encontra-se na Tabela 3. Na mesma tabela, não se observa efeito significativo dos tratamentos na característica estande final.

4.1 - Altura de plantas e inserção da espiga

Para as características altura de plantas e inserção das espigas, o cultivar AG 9010 apresentou menor porte em relação aos outros dois cultivares (Tabela 4), por possuir plantas de porte baixo e de folhas mais eretas. A redução do espaçamento não interferiu nesta característica. Não houve diferença entre a variedade UFVM 100 e o híbrido duplo AG 1051, confirmando a semelhança de porte entre os cultivares.

A redução do espaçamento para 0,50 m entre fileiras não interferiu na altura de plantas e inserção das de espigas, mesmo nos cultivares de porte mais alto. Este resultado permite inferir que, com a população de 50.000 plantas ha⁻¹, não houve estiolamento das plantas, concordando com os resultados encontrados por Resende (2003). Esses resultados são contrários aos obtidos por Penariol (2002), que, trabalhando com três espaçamentos entre linhas (0,40; 0,60 e 0,80 m) e três densidades populacionais (40; 60 e 80 mil plantas ha⁻¹), obteve maiores médias para a altura de plantas no maior espaçamento entre linhas e na maior densidade de plantas.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as características estande final (plantas ha⁻¹), altura da inserção da primeira espiga (AE) e altura de planta (AP), florescimento masculino (FM) feminino (FF), peso de espiga (PE), peso de 1000 grãos (P1000), prolificidade, teor médio de nitrogênio foliar no florescimento (N foliar) e produtividade de grãos dos cultivares de milho em função da cultivar (Cult), espaçamento (Esp) e parcelamento de nitrogênio (Adb).

FV	GL	Quadrado Médio								
		Estande Final	Altura de planta	Altura de espiga	FM	FF	Peso de espiga	Peso de 1000 grãos	Prolificidade	Produtividade de grãos
Repetição	3	1,5*10 ^{-7ns}	180,8287 ^{ns}	81,88889 ^{ns}	0,42129 ^{ns}	1,29629 ^{ns}	112097 ^{ns}	309,5727 ^{ns}	0,136392 ^{ns}	154399 ^{ns}
Cultivar (Cult)	2	9,0*10 ^{-8ns}	23764,54**	16934,54**	445,513**	706,513**	391327**	1245,218**	0,056214**	460405*
Espaçamento (Esp)	1	1,3*10 ^{-8ns}	0,347222 ^{ns}	98,00000 ^{ns}	3,12500 ^{ns}	0,50000 ^{ns}	334981 ^{ns}	672,1342 ^{ns}	0,008092 ^{ns}	3371958*
Adubação (Adb)	2	9,0*10 ^{-8ns}	25936,79**	16450,79**	354,430**	674,013**	0,12529**	28911,02**	0,140372**	0,21154**
Adb x Esp	2	1,7* 10 ^{-7ns}	36,01389 ^{ns}	60,79167 ^{ns}	5,54166 ^{ns}	3,29166 ^{ns}	277157,6 ^{ns}	104,2324 ^{ns}	0,026169 ^{ns}	413792,5 ^{ns}
Adb x Cult	4	1,0* 10 ^{-7ns}	779,3333 ^{ns}	537,2083 ^{ns}	13,8472**	47,097**	352903**	733,3923*	0,019774 ^{ns}	4706032**
Cult x Esp	2	6,7* 10 ^{+6ns}	577,5972 ^{ns}	410,0417 ^{ns}	0,29166 ^{ns}	7,5416 ^{ns}	942486,7 ^{ns}	128,3786 ^{ns}	0,012554 ^{ns}	911081,9 ^{ns}
Adb x Esp x Cult	4	1,0* 10 ^{-8ns}	210,5139 ^{ns}	108,0833 ^{ns}	5,20833*	6,8333 ^{ns}	139738*	155,4582 ^{ns}	0,019013 ^{ns}	366400 ^{ns}
Resíduo	51	4,5* 10 ⁻⁷	331,0348	239,0361	1,9703	3,0904	825599,9	250,7442	0,009341	120737
CV (%)		13,04	8,62	12,99	2,19	2,69	17,09	5,46	9,89	16,15

*significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F, a 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo

TABELA 4. Médias da altura de plantas e altura de inserção das espigas dos cultivares de milho. Coimbra-MG, 2003/04

Cultivares	Altura de plantas (cm)	Altura de espiga (cm)
UFVM 100	224 A	129 A
AG 9010	175 B	88 B
AG 1051	233 A	138 A

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

Para modo de adubação com nitrogênio, observa-se que houve diferença significativa para altura de plantas e inserção da espiga, independentemente dos cultivares (Tabela 5). Quando o nitrogênio foi aplicado parcelado ou todo no plantio, as alturas de plantas e de inserção das espigas foram superiores às obtidas na dose zero de nitrogênio, indicando que o nitrogênio, associado às condições climáticas (Figura 1), proporcionou acúmulo adequado de fotoassimilados, contribuindo para uma maior altura de planta e de inserção da espiga. Apesar de o nitrogênio, quando aplicado todo no plantio, proporcionar um melhor arranque inicial nas plantas de milho (RITCHIE *et al.*, 1993 e FANCELLI & DOURADO NETO, 2000), não houve diferença significativa para a aplicação parcelada, para aquelas características (Tabela 5). Os resultados obtidos para alturas de plantas situam-se na faixa de valores considerados característicos dos cultivares avaliados, quando cultivados em condições ideais, corroborando os resultados encontrados por Rocha (2003). A redução na altura da planta no tratamento testemunha resultou da deficiência de nitrogênio, que, segundo Arnon (1975), resulta em divisão retardada das células nos pontos de crescimento, acarretando redução no tamanho da planta, com reflexos na produtividade de grãos.

TABELA 5. Médias da altura de plantas e altura de inserção da espiga em função da forma de adubação nitrogenada. Coimbra-MG, 2003/04

Modo de aplicação de N (kg ha ⁻¹)	Altura de plantas (cm)	Altura de espiga (cm)
0	173 B	88 B
120 ¹	230 A	133 A
30 + 90 ²	229 A	135 A

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

¹ Todo no plantio, ² Plantio e cobertura, respectivamente.

4.2 - Florescimento Masculino e Feminino

Todos os cultivares reduziram o número de dias para o florescimento masculino (FM), quando se utilizou a adubação nitrogenada. Assim, provavelmente, os cultivares que apresentam maiores períodos vegetativos podem reduzir o ciclo, quando se aplica o nitrogênio em dose total, na semeadura (Tabela 6).

TABELA 6. Florescimento masculino (FM) e feminino (FF), em dias, em função da forma de aplicação nitrogenada em cultivares de milho. Coimbra-MG, 2003/04

Modo de aplicação (kg ha ⁻¹)	UFVM-100			AG 9010			AG 1051										
	FM			FF			FM			FF							
0	69	Ab		62	Ac		73	Aa		73	Ab		62	Ac		77	Aa
120 ¹	63	Ba		56	Bb		62	Ca		63	Ca		56	Bb		63	Ca
30 + 90 ²	63	Ba		57	Bb		65	Ba		66	Ba		57	Bb		65	Ba

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

¹ Todo no plantio, ² Plantio e cobertura, respectivamente.

Para o florescimento feminino (FF), a presença de N também reduziu a data de liberação dos estilo-estigmas na espiga em todos os cultivares. Os cultivares UFVM 100 e o AG 1051 anteciparam a liberação dos estilo-estigmas (FF), quando se aplicou a dose de 120 kg de N ha⁻¹ na semeadura.

Comparando os cultivares dentro das adubações nitrogenadas (Tabela 6), nota-se que a data de florescimento feminino, na ausência de N, foi influenciada pela diferença de seus ciclos: o cultivar AG 9010 floresceu mais rapidamente (62 dias) por ser de ciclo muito precoce, seguido pelo cultivar UFVM 100 aos 73 dias e do cultivar AG 1051 aos 77 dias após a semeadura. Vale ressaltar que o período compreendido entre o florescimento masculino (FM) e o feminino (FF) foi maior para os cultivares AG 1051 e UFVM 100 (quatro dias de diferença) na ausência de N, diferindo do híbrido simples AG 9010. Rocha (2003), trabalhando com parcelamento de N, observou aumento no número de dias entre o florescimento masculino (FM) e feminino (FF) com cultivares de diferentes ciclos, quando não realizou a adubação, confirmando os resultados encontrados neste trabalho. A deficiência nutricional, provavelmente, interfere no sincronismo do florescimento do milho, aumentando o intervalo entre a liberação do pendão e/ou florescimento masculino e a presença dos estilo-estigmas na espiga.

4.3 - Peso da espiga

O peso da espiga obtido quando da interação modo de aplicação de nitrogênio x espaçamento x cultivares foi menor para todos os cultivares quando não se utilizou a aplicação de nitrogênio (Tabela 7). Independente do modo de aplicação do nitrogênio, todo no plantio ou parcelado (30+90), o peso de espigas aumentou para todos os cultivares (Tabela 7).

O parcelamento do nitrogênio favoreceu o cultivar UFVM 100 que obteve peso de espigas (kg ha^{-1}) semelhante aos híbridos e, nessas condições, o cultivar AG 9010 obteve melhor aproveitamento do nitrogênio no espaçamento de 0,50 m.

Os cultivares UFVM 100 e AG 1051 obtiveram médias de peso de espigas semelhantes nos dois espaçamentos utilizados. O cultivar AG 9010 apresentou a maior média do peso de espiga (7401 kg ha^{-1}) no espaçamento de 0,50 m, provavelmente por possuir folhas mais eretas e por ser de porte menor, tendo, portanto, um melhor aproveitamento de luz proporcionado pela distribuição espacial das plantas na linha (Tabela 7).

TABELA 7. Médias do peso de espigas (kg ha^{-1}) por cultivar de milho em função da interação espaçamento entre fileiras, adubação nitrogenada e cultivares. Coimbra-MG, 2003/04

Espaçamento		Adubações (kg ha^{-1})		Cultivares		
		UFVM 100	AG 9010	AG 1051	Média	
1,0	0	3511B a	3277B a	3098B a	3295	
	120 ¹	6642 A b	8360A a	8981A ab	7994	
	30 + 90 ²	7800 A b	7892A ab	9735A a	8475	
Média		5984 a	6509 b	7271 a	6588 b	
0,5	0	3906B a	4184C a	2408 B a	3499	
	120 ¹	7464 A b	7978B ab	9662 A a	8368	
	30 + 90 ²	8471 A a	10041 A a	9074 A a	9195	
Média		6613 a	7401 a	7048 a	7020 a	

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

¹ Todo no plantio, ² Plantio e cobertura, respectivamente.

Quando os cultivares não receberam adubações nitrogenadas, apresentaram rendimentos estatisticamente semelhantes, independente do espaçamento utilizado. Quando se aplicou o nitrogênio todo no plantio, observou-se que o cultivar UFVM 100 não diferiu estatisticamente do cultivar AG 1051 no espaçamento de 1,00 m, tendo sido semelhante ao cultivar AG 9010. Quando se reduziu o espaçamento entre fileiras para 0,50 m, o cultivar UFVM 100 obteve produtividade semelhante ao AG 9010, porém, sendo inferior à produtividade do cultivar AG 1051, que não diferiu estatisticamente do cultivar AG 9010.

Ao fazer a adubação nitrogenada parcelada no espaçamento entre fileiras de 1,00 m, o cultivar AG 1051 obteve melhor resposta, porém, não diferindo estatisticamente do cultivar AG 9010, que foi semelhante estatisticamente ao cultivar UFVM 100, nestas

condições. Para o espaçamento entre fileiras de 0,50 m, os cultivares tiveram produções semelhantes.

O peso médio de espigas obtido pelos cultivares foi maior no espaçamento reduzido.

4.4 - Peso de 1000 grãos

A interação entre cultivares e o parcelamento de nitrogênio influenciaram significativamente o peso de 1000 grãos (Tabela 8).

TABELA 8. Peso médio de 1000 grãos (g) em função do parcelamento do nitrogênio e cultivares. Coimbra-MG, 2003/04

Modo de adubação (kg/ha)	UFVM 100	AG 9010	AG 1051
0	253 Ba	249 Ba	247 Ba
120 ¹	295 Ab	310 Aab	318 Aa
30 + 90 ²	296 Ab	323 Aa	316 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

¹ Todo no plantio, ² Plantio e cobertura, respectivamente.

Verifica-se que, para todos os cultivares, a aplicação de nitrogênio, nos dois formas de aplicação, elevou o peso de 1000 grãos. Esses resultados concordam com aqueles encontrados por Rocha (2003) e França et al. (1985) que, ao analisarem dados obtidos em experimentos de milho, conduzidos em Minas Gerais, relataram aumento de produção em resposta à adubação nitrogenada, em 99% dos ensaios. Uma eficiência maior da adubação nitrogenada em cobertura não foi verificada para esta característica, em todos os cultivares adubados.

Quando se aplicou o nitrogênio, verificou-se que o peso de 1000 grãos do cultivar UFVM 100 (Tabela 8) foi menor no parcelamento, diferindo significativamente dos cultivares AG 9010 e AG 1051. Todavia, quando se aplicou todo o nitrogênio no plantio, sua resposta foi semelhante ao AG 9010, diferindo somente do AG 1051, que teve o peso de 1000 grãos um pouco superior, porém, não diferindo do cultivar AG 9010.

Verificou-se que a variedade UFVM 100 teve comportamento diferente quanto à aplicação do nitrogênio em relação ao peso de 1000 grãos, em relação aos híbridos, confirmando seu menor potencial produtivo.

4.5 - Prolificidade

Para a prolificidade, não foi verificado efeito significativo dos tratamentos.

4.7 - Produtividade de grãos

Os resultados médios de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) foram afetados pelos efeitos simples do modo de aplicação do adubo nitrogenado, pelos cultivares, pelo espaçamento e pela interação adubação/cultivar (Tabela 2). O cultivar UFVM 100 obteve aumento da produtividade de 195 % com a utilização da adubação nitrogenada, independentemente do parcelamento ou da aplicação total no plantio em relação à testemunha: dose zero de nitrogênio (Tabela 9). Apesar de a aplicação nitrogenada não apresentar diferenças significativas, a aplicação parcelada ($30+90 \text{ kg ha}^{-1}$) de nitrogênio foi superior em 915 kg ha^{-1} em relação à dose zero de nitrogênio, indicando que aquele cultivar responde bem à sua aplicação.

Para o cultivar AG 9010, houve incremento na produção com a aplicação de nitrogênio com ou sem parcelamento, de 240 % em relação à dose zero de nitrogênio

(2867 kg ha⁻¹) (Tabela 9). Mesmo não havendo diferença significativa a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, o parcelamento de nitrogênio elevou em 27 kg ha⁻¹ a produtividade.

TABELA 9. Produtividade média (kg ha⁻¹) em função da adubação nitrogenada e dos cultivares. Coimbra-MG, 2003/04

Adubações Nitrogenadas (kg ha ⁻¹)	UFVM 100	AG 9010	AG 1051
0	2968 Ba	2867 Ba	2234 Ba
120 ¹	5334 Ab	6865 Aa	7043 Aa
30 + 90 ²	6249 Ab	6892 Aab	7395 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

¹ Todo no plantio, ² Plantio e cobertura, respectivamente.

O cultivar AG1051 produziu em média 324 % a mais com a aplicação de nitrogênio, independentemente do modo de aplicação em relação à dose zero de nitrogênio (2234 kg ha⁻¹). Mesmo não tendo havido diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey quando se aplicou nitrogênio, o parcelamento elevou a produção em 352 kg ha⁻¹, conforme Tabela 9.

Na ausência de nitrogênio, os cultivares atingiram menores produtividades, não diferindo entre si. Quando se aplicou nitrogênio, o cultivar UFVM 100, variedade de polinização aberta, atingiu uma produtividade de 5334 kg ha⁻¹, diferindo significativamente dos híbridos AG 9010 e AG 1051. Nestas condições, o híbrido AG 1051 obteve melhor resposta.

Quando se parcelou o nitrogênio, o cultivar UFVM 100 obteve produtividade semelhante àquela obtida pelo AG 9010. Nesta condição, o AG 1051 produziu 7395 kg ha⁻¹, sendo superior ao UFVM 100 (6249 kg ha⁻¹) e AG 9010 (6892 kg ha⁻¹) respectivamente, porém, diferindo estatisticamente, somente do cultivar UFVM 100.

Os resultados obtidos para produtividade evidenciam que a redução do espaçamento entre linhas de 1,0 m para 0,50 m proporcionou incremento de 8% no rendimento de grãos, para os cultivares utilizados. Com o menor espaçamento, a produtividade média alcançada foi de 5532,56 kg ha⁻¹, enquanto no maior espaçamento (1,0 m), obteve-se produtividade de 5101,17 kg ha⁻¹ (Tabela 10).

TABELA 10. Médias do peso de grãos de cultivares de milho em função da interação espaçamento entre fileiras, adubação nitrogenada e cultivares. Coimbra-MG, 2003/04

Espaçamento (cm)	Adubações (kg ha ⁻¹)	Cultivares			
		UFVM 100	AG 9010	AG 1051	Média
1,0	0	2963	2473	2359	2598
	120 ¹	5091	6816	6487	6131
	30 + 90 ²	6007	6031	7680	6573
	Média	4687a	5106b	5509a	5101b
0,5	0	2973	3262	2110	2782
	120 ¹	5577	6914	7600	6697
	30 + 90 ²	6491	7752	7110	7118
	Média	5014a	5976a	5606a	5532a

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de TUKEY.

¹ Todo no plantio, ² Plantio e cobertura, respectivamente.

Considerando que os possíveis aumentos no rendimento de grãos com o uso de menores espaçamentos e com a presença de nitrogênio são resultantes da melhor disposição das plantas no espaço, evidenciando a concorrência excessiva por luz dentro da fileira (MUNDSTOCK, 1977), ficou evidenciado, pela análise dos resultados, que a competição intraespecífica, ocasionada pela redução do espaçamento entre fileiras, não foi intensa o suficiente para afetar o rendimento de grãos.

Os resultados obtidos neste trabalho confirmam a responsividade do milho à adubação nitrogenada, estando em concordância com os resultados encontrados por Coelho *et al.* (1992), que obtiveram aumentos na produção de grãos superiores a 80%, com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N, comparados à dose zero de nitrogênio. Por outro lado, o incremento no rendimento de grãos obtido nesse estudo foi 53% e 22,84% superior aos reportados por Souza *et al.* (2001) e por Oliveira (1998), respectivamente,

utilizando doses de 150 e 130 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, superiores às aquelas estudadas neste experimento. Contudo, apesar de inferiores, esses incrementos também confirmam a capacidade responsiva do milho à adubação nitrogenada, independente do ciclo e do tipo de cultivar: Híbrido Simples, Híbrido Duplo ou Variedade.

Os tratamentos com aplicação de nitrogênio apresentaram produtividades de grãos estatisticamente superiores às obtidas pela testemunha, não havendo, portanto, diferença significativa entre eles, quando foram aplicados os 120 kg ha⁻¹ de N na semeadura ou 30 de N ha⁻¹ no plantio e 90 kg de N ha⁻¹ em cobertura. Estes resultados corroboram os obtidos por Souza *et al.* (2001) Coelho *et al.* (1996) e Rocha (2003). Entretanto, não permitem inferir que o parcelamento da dose de nitrogênio a ser aplicada, traga benefícios quanto a aumentos de rendimento de grãos, quando comparado à aplicação da dose total na semeadura, em plantio direto. Esse comportamento foi verificado para todos os cultivares testados, mostrando não haver relação entre a maior disponibilidade de nitrogênio no início do ciclo da cultura e a duração do ciclo da mesma, como sugere Yamada (1996). Silva e Silva (2002), trabalhando com parcelamento de N na região de Mossoró - RN, durante dois anos seguidos, encontraram diferenças significativas no parcelamento de N de um ano para outro, indicando que a aplicação de N, de uma só vez ou parceladamente, tem efeitos diferentes, dependendo da época em que o nutriente é aplicado.

No presente trabalho, a resposta do milho ao parcelamento do nitrogênio foi influenciada pelo tipo de solo (Tabela 1), uma vez que o solo no qual o ensaio foi instalado possui textura em torno de 70% de argila. Essa textura contribui para redução das perdas do nitrogênio nos tratamentos em que o nutriente foi fornecido em aplicação única na semeadura, coerente com os resultados obtidos por Cantarella (1999) e Rocha (2003).

É importante ressaltar que, mesmo não havendo diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, o rendimento obtido no tratamento em que a dose de 120 kg ha⁻¹ de N foi dividida em 25% na sementeira e 75 % na quarta folha, foi 6% superior ao obtido com a aplicação total da dose na sementeira. Desta forma, dependendo do preço do milho e das condições do produtor, a prática do parcelamento poderá ser viável.

4.9 - Plantas quebradas e acamadas

A quantidade de plantas quebradas e acamadas foi desprezível, sendo sempre inferior a 2%. Assim, não foram constatadas diferenças significativas para nenhuma fonte de variação estudada.

Um fato que poderia ter contribuído para o aumento no índice de plantas quebradas e acamadas, seria a presença de plantas mais altas, como é o caso dos cultivares AG 1051 e UFVM 100. Estas plantas podem ser mais susceptíveis ao quebramento e acamamento, em função da maior altura de espiga e pelo menor espaçamento entre fileiras. Mesmo na ausência de N, não se observaram quebramentos e nem acamamentos que interferissem na produtividade. A redução do espaçamento de 1,00 m para 0,50 m não provocou o quebramento e acamamento das plantas, provavelmente, devido à baixa população utilizada (50.000 plantas ha⁻¹) para todos os cultivares, concordando com os resultados encontrados por Resende (2003).

5 - CONCLUSÕES

A aplicação de nitrogênio, tanto parcelado ou todo no plantio, eleva a altura de plantas dos cultivares, independentemente do espaçamento;

A aplicação de nitrogênio reduz o florescimento do milho;

A produtividade do cultivar AG 9010 é maior no espaçamento de 0,50 m entre fileiras;

A redução do espaçamento, de 1,0 m para 0,50 m, proporcionou um aumento de 8 % na produtividade de grãos;

Não há diferença significativa na produtividade de grãos dos cultivares estudados com a aplicação de 120 kg ha^{-1} de N no plantio ou parcelado (30 kg ha^{-1} de N no plantio + 90 kg ha^{-1} de N na quarta folha completamente expandida).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.179 -189, 2000.
- ARGENTA ET AL.,2001, Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,v.36, n 1, p.71-78, 2001.
- ARNON, I. Mineral nutrition of maize. Bern: **International Potash Institute**, 1975, 452p.
- BORGES, D. I. **Avaliação de épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, fontes de nitrogênio e de espaçamentos entre fileiras na cultura milho**. Lavras: UFLA, 2003. 83p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CANTARELLA, H. Adubação do milho “safrinha”. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, V. 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 1999, p.15-24.
- CANTARELLA, H & DUARTE, A. P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. **Tecnologias de produção do milho**. 1.ed.UFV, Viçosa, MG, 2004.p.139-182.
- COELHO, A. M.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C. Manejo de nitrogênio no comportamento vegetativo e reprodutivo de genótipos de milho sob condições irrigadas. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, XXI, 1996. **Resumos...**, Londrina, 1996.p. 169.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.1, p.61-67, 1992.
- COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; RAMBO, L.; THOMAS, A.L. Redução no Espaçamento entre Linhas e Potencial de Rendimento da Soja. **Revista Plantio Direto**, nº 68, 2002.
- ESCOSTEGUY, P. A. V.; RIZZARDI, M. A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.1, p.71-77,,jan/mar. 1997.
- FANCELLI, A. L DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 360p, 2000.
- FERNANDES, R. N.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E, BUZETTI, S.; ANDRADE, J. A. C.; AGUIAR, E. C. Manejo do Solo e Época de Aplicação de Nitrogênio no Desenvolvimento e Rendimento do Milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2002. CD-ROM .

FLÉNET, F.; KINIRY, J.R.; BOARD, J.E.; WESTGATE, M.E.; REICOSKY, D.C. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean, and sunflower. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 2 p. 185-190, 1996.

FLESH, R.D.; VIEIRA, L.C. Espaçamento e população de plantas na cultura do milho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.12, n.2,p.28-31,1999.

FORD, G.T.; PLEASANT, M.T. Competitive abilities of sixmccorn (*Zea mays* L.) Hybrids with four weed control practices. **Weed Technol.** Champaign, v.8, p.124 -128, 1994.

FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.F.C.; VASCONCELOS, C.A.; SANTOS, H.L.A. Adubação nitrogenada no Estado de Minas Gerais. In: SANTANA, M.B.M. ed. **Adubação Nitrogenada no Brasil**, CEPLAC: SBCS. Ilhéus, p.107-124, 1985.

FUNDAÇÃO RIO VERDE. Resultados de Pesquisa Arroz, Milho, Soja – safra2001/2. Fundação Rio Verde, 2002.65p. **Boletim Técnico**, 5.

HENTSCHKE, C.; DINIZ, J. Adequação de população de plantas e redução de espaçamento entrelinhas na safrinha. **Informativo pioneer**, ano IX- n. 19. <http://www.3.pioneer.com/brasil/indez.asp>. Acesso em 28 de jun. 2002.

JONHSON, G. A.; HOVERSTAD,T. R.; GREENWALD, R. E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides and cultivation. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n.1, p. 40-46, jan./feb. 1998.

KASPERBAUER, M.J.; KARLEN, D.L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 6 p. 1564-1569, 1994.

LAUER, J. Should I be planting corn at 30-inch row spacing? Wisconsin Crop Manager, **Madison**, v.1,n.6,p.6-8, 1994.

MENGEL, D. Manejo de nutrientes na cultura do milho de alta produtividade. **Informações Agronômicas** v.73, p.4-5, 1996.

MUNDSTOCK, C.M. **Densidade de sementeira no milho para o Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS/ASCAR, 1977. 35p.

OHIO STATE UNIVERSITY. Corn production. (bulletin, 4720). <http://www.ohioline.osu.edu/b472/front.html>. (8 de janeiro 2003).

OLIVEIRA, J. M. VAZ. **O milho**. Lisboa: Clássica Editora, 1984. 218 p.

OLIVEIRA, R.H.de. **Produção e teores de nitrogênio no milho “safrinha” irrigado em respostas a doses de nitrogênio, de composto orgânico e de molibdênio**. Viçosa: UFV, 1998. 128p. (Tese de Mestrado).Viçosa – MG.

- PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 90p. (Tese Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. ESALQ. Piracicaba – SP.
- PENARIOL, F. G.; BORDIN, L.; COICEV, L.; FARINELLI, R.; FORNASIERI, F.O. D. Comportamento de genótipos de milho em função do espaçamento e da densidade populacional nos períodos de safrinha e safra. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, 24.; 2002, Florianópolis, SC.
- PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, p.16-27. 1985.
- PORTER, P.M.; HICKS, D.R.; LUESCHEN, W.E.; FORD, J.H.; WARNES, D.D.; HOVERSTAD, T.R. Corn response to row width and plant population in the Northern Corn Belt. **Journal of Production Agriculture**, Madson, v.10, n.2, Apr., 1997.
- RESENDE, S.G.; VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.34-42, 2003.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a Corn Plant Develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1993. 21p. (Special Report n. 48)
- ROCHA, R.N.C. **Respostas de híbridos de milho de ciclo super-precoce, precoce e normal à aplicação de nitrogênio no sistema plantio direto**. 2003. 47p. . (Tese de Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa (UFV). Viçosa - MG.
- ROSSI, I.H.; OSUNA, J. A.; ALVES, P.L.C.A. e BEZUTTE, A.J. Interferência das Plantas Daninhas sobre algumas características agrônômicas e a produtividade de sete cultivares de milho. **Planta Daninha**, v.14, n.2, p.134-148, 1996.
- SÁ, J.C., MORAES. **Manejo de nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1996. p.23.
- SANGOI, I.; ALMEIDA, M.L.; SILVA, P.R F. e ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.61. n.2, p.101-110, junho, 2002.
- SILVA, P. S. L.; SILVA, P.I.P. Efeitos de época de aplicação de nitrogênio no rendimento de grãos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.8, p.1057-1064, Brasília, agosto, 2002.
- SOUZA, A.C.; CARVALHO, J.G.; PINHO, R.G.V.; CARVALHO, M.L.M. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agrônômicas do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.321-329, 2001.

SOUZA, J. A.; TEIXEIRA, M. R.; PAES, J. M. V.; ZITO, R. Efeito da época de aplicação e do parcelamento do nitrogênio no rendimento do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, 2002 b. CD -ROM.

TEASDALE, J.R. Influence of narrow row/high population weed control and light transmittance. **Weed Technology**, Lawrence, v. 9, n. 1, p. 113-118, 1995.

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.& SÁ, E. L.S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v.35, n.1, jan-fev, 2005.

VIANA, A.C .; SILVA, A. F. da.; MEDEIROS, J.B. de.; CRUZ, J.C.; CORREIA, L.A. Práticas culturais. In: EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Cultura do Milho**. Brasília, 1983, p.87-89.

YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar?** Piracicaba: POTAFÓS, 1996. 5p. (Potafos. Informações Agronômicas, 74).