

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

CULTURA ANTECESSORA E ADUBAÇÃO
NITROGENADA NA PRODUÇÃO DO MILHO, EM UM
SISTEMA PLANTIO DIRETO.

DENIS AUGUSTO DA SILVA

Dourados
Mato Grosso do Sul
2004

633.15 Silva, Denis Augusto da
S586c Cultura antecessora e adubação nitrogenada na produção do milho, em um sistema plantio direto / Dourados, MS: UFMS, Campus de Dourados, 2004.
49f.

Dissertação de Mestrado

1. Milho – Produção. 2. Milho – Sucessão de culturas.
3. Milho – Nitrogênio. I. Título.

1 INTRODUÇÃO

Devido aos bons preços da soja nos últimos anos, grande parte dos agricultores não têm adotado a rotação de culturas. O que acontece em vários estados é a semeadura de soja na primavera-verão e de milho no outono-inverno, caracterizando apenas uma sucessão de culturas. Dentro de um esquema de rotação de culturas é interessante semear o milho na primavera-verão em substituição à soja, visando aumentar o aporte de palha e melhorar a exploração do solo, além de promover efeitos positivos no controle de doenças.

Em Mato Grosso do Sul cultivam-se em torno de 500.000 ha de milho, com produtividades entre as maiores do Brasil, tanto em cultivos de primavera-verão como nos cultivos de outono-inverno. Devido à instabilidade do clima na região sul do estado, há maiores incertezas quanto ao bom rendimento do milho, levando os produtores a investirem menos em tecnologia, principalmente na adubação. No entanto, experimentos realizados em Dourados têm mostrado que a cultura de milho pode alcançar altas produtividades, principalmente se forem utilizadas técnicas de produção adequadas. Ohland (2002) obteve produtividade média de milho cultivado na primavera-verão de 9.627 kg ha⁻¹ e Mar (2001) alcançou produtividade média no outono-inverno de 5.448 kg ha⁻¹.

A fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da produtividade, sendo que o nitrogênio juntamente com o potássio são os nutrientes que promovem melhores respostas. Os adubos nitrogenados são os fertilizantes utilizados em maior quantidade na cultura do milho, devido à grande exigência pela cultura e à

maior propensão a perdas. Coelho e França (1995) citam que para cada tonelada de grãos produzida são necessários em torno de 20 kg de nitrogênio. Karlen *et al.* (1998) citam que ao redor de 50% do N mineral aplicado é perdido por lixiviação ou volatilização. Portanto é importante buscar novas alternativas para fornecer este nutriente com redução de custos e segurança ambiental.

A utilização de plantas com capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio e/ou reciclagem desse nutriente, é uma estratégia que tem mostrado grandes vantagens. O nitrogênio mantido na forma orgânica é menos sujeito a perdas por lixiviação ou volatilização, pois é disponibilizado lentamente de acordo com a mineralização dos resíduos vegetais. A utilização de adubos verdes em substituição aos adubos nitrogenados é importante para a melhoria da qualidade ambiental, uma vez que a produção industrial de nitrogênio consome grande quantidade de energia, obtida a partir da queima de combustíveis fósseis.

No estado de Mato Grosso do Sul tem-se aumentado o cultivo de milho de segunda safra, porém os produtores que tem interesse em manter um sistema de rotação soja-milho têm utilizado principalmente a aveia preta como cobertura do solo no outono-inverno, devido à boa produção de massa verde. Por outro lado a utilização de nabo forrageiro e ervilhaca peluda têm mostrado vantagens para o milho cultivado em sucessão, devido às capacidades de reciclagem de nitrogênio pelo nabo forrageiro e fixação simbiótica pela ervilhaca peluda (Calegari *et al.*, 1998).

O milho pode não alcançar produtividades satisfatórias somente com o uso de adubos verdes, pois o nitrogênio fornecido desta forma nem sempre é suficiente. Através do efeito positivo da interação entre adubação mineral e adubação verde é possível obter rendimentos maiores do que pelo emprego de cada um isoladamente (Derpsch *et al.*, 1991).

Baseado nesta premissa, o presente estudo tem o objetivo de avaliar o efeito da cultura antecessora associada com doses de nitrogênio no desempenho agrônômico de milho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da cultura de milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta da família Poaceae que teve sua origem em uma parte restrita do México, de onde os tipos melhorados se difundiram pela América. A teoria mais aceita indica que o milho desenvolveu-se a partir de uma planta nativa do México chamada teosinto.

A planta de milho possui colmos cilíndricos com nós compactos e que termina em uma inflorescência masculina. As folhas se inserem alternadamente abraçando o colmo por uma estrutura chamada bainha, possuindo um limbo foliar plano e largo. As espigas surgem de ramificações laterais que aparecem na metade superior do colmo. As raízes são fasciculadas e comumente aparecem raízes adventícias aéreas (Nieves e Narváez, 2000).

Para um eficiente manejo da cultura é de fundamental importância o conhecimento das diferentes fases de crescimento do milho, com suas diferentes demandas (Magalhães *et al.*, 2002). A este estudo dá-se o nome de fenologia que segundo Fancelli (2001) é o conhecimento dos eventos periódicos da vida da planta em função da sua reação às condições ambientais, de forma a permitir o estabelecimento de correlações entre os eventos fisiológicos com as características morfológicas apresentadas pelas plantas.

Encontra-se na literatura dois sistemas de classificação das fases de desenvolvimento do milho. A primeira é proposta por Ritchie *et al.* (1993), citada por

Fassio *et al.* (1998), separa os estádios em vegetativo e reprodutivo, sendo que no vegetativo a classificação é pelo número de folhas totalmente abertas e no reprodutivo pelo desenvolvimento do grão. A segunda classificação, proposta por Fancelli (1986) citada por Fancelli e Dourado Neto (1996), divide todo o ciclo de desenvolvimento da cultura em onze fases principais.

Apesar da divergência entre as duas classificações elas concordam entre si quanto às características e exigências de seus estádios correspondentes, como por exemplo a diferenciação do meristema apical, alto desenvolvimento das raízes e definição do potencial produtivo quando a planta tem de 3 a 4 folhas. Crescimento do colmo em diâmetro, definição do número de fileiras por espiga quando a planta tem de 7 a 8 folhas. Definição do tamanho da espiga e alta exigência de água quando a planta tem entre 11 e 12 folhas.

A área cultivada com milho no Brasil na safra 2002/03 foi de 13,2 milhões de hectares com uma produção 47,6 milhões de toneladas, o que corresponde a uma produtividade média de 3.590 kg ha⁻¹. Existem duas épocas principais de produção de milho no Brasil. A primeira é o cultivo na primavera-verão e os estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais cultivaram em 2002/03 em torno de 42% da área de milho de primeira safra do Brasil. A segunda safra é o cultivo no outono-inverno, sendo que os estados do Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul cultivaram em 2003 próximo de 74% da área de milho de segunda safra no Brasil (CONAB, 2003).

O milho é uma cultura presente em todas as regiões brasileiras e em todos os tipos de propriedade e por ser uma cultura de uso humano e animal é bastante cultivado na pequena propriedade. Segundo dados do censo agropecuário de 1996 em torno de 65% das propriedades que cultivam milho têm menos de 20 ha. Ainda segundo este censo 70,86% dos produtores que cultivam milho são proprietários das terras e ocupam 82,14% das áreas com milho (IBGE, 2003). Portanto, as tecnologias que visam melhorar as condições de solo a médio e longo prazo têm maior probabilidade de interessar esses agricultores do que se fossem na maioria arrendatários, parceiros ou ocupantes.

O milho é o principal componente energético das rações, participando em até 80% da composição das rações de suínos (Fialho *et al.*, 2002). Segundo dados do sindicato nacional da indústria de alimentação animal (SINDIRAÇÕES, 2003), em 2002 a produção nacional de rações balanceadas cresceu 7,17%, saltando de 38,8 para 41,6

milhões de toneladas. Do total de rações produzidas a avicultura representa a maior parcela, com 23,1 milhões de toneladas e a suinocultura em segundo com 12,5 milhões de toneladas. O milho representa 61% dos ingredientes das rações em geral, produzidas no Brasil.

2.2 O sistema plantio direto (SPD)

Segundo Denardin e Kochhann (1993) o plantio direto foi introduzido no Brasil no início dos anos 70 e seu objetivo principal era o de controlar a erosão nas lavouras cultivadas com a sucessão soja/trigo. A partir da década de 80 passou a ser encarado como um sistema de exploração agropecuário, composto por um complexo ordenado de práticas agrícolas, as quais devem ser inter-relacionadas e dependentes umas das outras. Segundo os autores, a partir daí o sistema plantio direto foi definido como “um sistema de exploração agropecuário, que envolve diversificação de espécies via rotação de culturas, as quais são estabelecidas na lavoura mediante a mobilização de solo exclusivamente na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo”.

Em um sistema natural o balanço entre as adições e perdas de carbono se mantém em um estado de equilíbrio dinâmico e a conversão para áreas agrícolas implica numa redução acentuada nos teores de carbono orgânico, devido ao preparo do solo que favorece a decomposição e à diminuição das adições de carbono ao sistema (Mercante, 2001). Segundo Hernani e Salton (1998) o sistema plantio direto é uma forma de manejo que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade e fundamenta-se na ausência de revolvimento do solo, em sua cobertura permanente e na rotação de culturas.

A cobertura permanente do solo pode ser obtida com plantas vivas ou com a permanência dos restos culturais sobre a superfície do solo após a colheita das culturas. Os resíduos ou a palha podem ser provenientes de culturas especialmente cultivadas para este fim, as chamadas culturas de cobertura, normalmente implantadas no outono-inverno ou na primavera. Segundo Hernani *et al.* (1995) mais de 80% da área deve estar coberta com palha para um bom controle da erosão. Heckler e Salton (2002) sugerem que cerca de 6 Mg ha⁻¹ de resíduos sobre a superfície seja uma quantidade adequada para o SPD, com os quais se consegue uma boa cobertura do solo.

A manutenção da cobertura vegetal é também capaz de aumentar a infiltração de água no solo, pois aumenta a macroporosidade da camada superficial e protege os agregados do impacto direto das gotas de chuva, além de diminuir as perdas de solo devido ao menor escoamento superficial (Brandão *et al.*, 2002). Alves Sobrinho *et al.* (2003) encontraram maiores taxas de infiltração final de água, nas parcelas sob plantio direto e menores nas parcelas sob preparo convencional. Silva (2003) encontraram maiores perdas de solo e de água no sistema de preparo convencional, comparado com o sistema plantio direto.

No trabalho de Amado e Mielniczuk (2000) os sistemas de preparo convencional e reduzido aumentaram a taxa de mineralização do N do solo, o que pode ser benéfico para a cultura implantada naquele momento, mas também faz com que maior quantidade de nitrogênio esteja sujeita à lixiviação. No mesmo trabalho o plantio direto aumentou os estoques de nitrogênio do solo, o que pode aumentar a disponibilidade de N ao longo do tempo. Amado *et al.* (2000) também encontraram aumentos dos estoques de N do solo quando utilizaram plantio direto associado com leguminosas.

2.3 A importância da rotação de culturas

Diferente da monocultura, que é o cultivo da mesma espécie no mesmo local todos os anos, a rotação de culturas consiste em alternar as espécies na mesma área e da mesma estação de crescimento (Calegari *et al.*, 1998). Reis (1996) simplifica a definição de rotação de culturas, como sendo um sistema de manejo onde deixa-se plantar uma cultura, até que ocorra a completa decomposição de seus restos culturais.

A rotação de culturas proporciona vários benefícios para o sistema de produção, como por exemplo o controle de doenças das plantas. A monocultura, com o passar dos anos, aumenta a quantidade de inoculo dos patógenos até causar epidemias, ou perdas econômicas nas plantas cultivadas (Reis, 1996). O princípio de controle na rotação de culturas é a supressão ou eliminação do substrato apropriado para os patógenos. Os patógenos controlados pela rotação de culturas têm as características de sobreviverem pela colonização saprofítica dos restos culturais de seu hospedeiro e somente nestes, não possuem estruturas de resistência que possam mantê-los viáveis por vários anos, possuem esporos que sejam transportados a pequenas distâncias e não possuem hospedeiros secundários (Reis e Forcelini, 1995).

Gazzoni e Yorinori (1995) recomendam para o controle de septoriose (*Septoria glycines*), mancha alvo (*Corynespora cassiicola*), podridão branca da haste (*Sclerotinia sclerotiorum*), requeima e morte em reboleira (*Rhizoctonia solani*), podridão parda da haste (*Phialophora gregata*), podridão radicular de roselinia (*Rosellinia spp*), podridão radicular de fitóftora (*Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea*), nematóides de galhas (*Meloidogyne spp*) e nematóides de cisto (*Heterodera glycines*) a rotação de culturas, principalmente com gramíneas como o milho.

Trento *et al.* (2002) utilizando em áreas de milho rotação com soja no verão e azevém no inverno observaram apenas 4,8% de grãos ardidos de milho, enquanto sob monocultura de milho a percentagem de grãos ardidos foi de 10%. Denti e Reis (2001) utilizando a mesma rotação observaram que a incidência de podridão do colmo do milho esteve entre zero e 12,9%, enquanto sob monocultura os valores variaram de 1 a 46,8%.

Pedrosa e Moura (2001) concluíram em seu trabalho que a taxa de reprodução de *Meloidogyne arenaria* raça 1 aumentou após quatro cultivos consecutivos com genótipos de soja resistentes. Hernani *et al.* (1995) recomendam que em regiões onde for detectada a ocorrência de nematóides de cisto da soja, é importante adotar sistemas de rotação que envolvam as culturas não hospedeiras como aveias, centeio e nabo forrageiro.

No trabalho de Katsvairo e Cox (2000) a rotação soja/trigo-trevo/milho e a rotação soja-milho proporcionaram melhores produtividades de milho do que o sistema de milho contínuo, mesmo quando reduziu-se a adubação nos sistemas rotacionados e manteve-se a adubação no sistema contínuo. Santos *et al.* (2000) obtiveram produtividades de trigo em monocultivo de 3.014 kg ha⁻¹, porém quando se manteve um inverno com outra cultura a produtividade do trigo no próximo ano aumentou para 3.355 kg ha⁻¹ e para 3.494 kg ha⁻¹ quando se manteve dois invernos com outra cultura. Exploração diferenciada do solo e reciclagem de nutrientes podem ser responsáveis por estes resultados.

Karlen *et al.* (1998) sugerem que para minimizar as perdas de nitrogênio na forma de nitrato para o subsolo ou para o lençol freático, se utilize a rotação milho-soja ou a introdução de culturas de cobertura, que irão capturar o nitrato e retê-lo na forma orgânica, que não é sujeita à lixiviação nem volatilização.

Ainda podem ser considerados os benefícios da rotação de culturas no controle de plantas daninhas. Adegas (1997) comenta que a alternância regular e ordenada no

cultivo de diferentes espécies vegetais numa determinada área, dificulta a instalação de uma comunidade padrão de plantas daninhas, devido às próprias características das culturas como rapidez de crescimento, eficiência de ocupação do solo, liberação de substâncias tóxicas e diferenciação nos métodos de controle e de herbicidas.

Santos *et al.* (2001) estudando a conversão energética de sistemas de rotação de culturas, que é calculada pela razão entre a energia produzida (rendimento de grãos, de matéria seca ou nitrogênio fixado) e a energia consumida (coeficientes energéticos dos insumos e combustíveis), concluíram que os sistemas que possuem alternância de espécies, na maioria dos anos foram mais eficientes energeticamente que a monocultura.

A rotação de culturas além de reduzir os custos de produção das lavouras e aumentar a produtividade, promove a diversificação na propriedade e conseqüentemente diminui os riscos do agricultor (Santos *et al.*, 2000). Segundo esses autores, as espécies contempladas no planejamento do sistema de rotação devem atender tanto aspectos econômicos e comerciais, como aspectos técnicos que objetivam a conservação do solo e a preservação do ambiente.

2.4 Importância dos adubos verdes

Os adubos verdes podem promover benefícios químicos, como incremento na formação de ácidos orgânicos (fundamentais no processo de solubilização dos minerais), contribuição para o aumento da CTC do solo, complexação de elementos tóxicos e reciclagem de nutrientes. Assim como efeitos físicos na melhoria da estabilidade dos agregados, aumento da capacidade de infiltração, maior armazenamento de água e melhor aeração (Calegari, 1997). Esses benefícios proporcionados pelos adubos verdes, segundo Hernani *et al.* (1995), se dão principalmente pela maior atividade biológica do solo cultivado com essas plantas.

Segundo Hernani *et al.* (1995) o manejo da matéria orgânica através da rotação de culturas, adubação verde e consorciação de culturas pode proporcionar melhor aproveitamento de adubos químicos. Esses autores consideram que um dos aspectos mais interessantes do uso de adubos verdes é a possibilidade de substituir parte do N mineral utilizado nas culturas.

O uso dos adubos verdes ainda proporciona efeitos benéficos para o meio ambiente. Amado *et al.* (2001) comentam que o uso de leguminosas como fonte de N ao sistema

pode promover aumento na produção de fitomassa e de grãos das culturas comerciais e este incremento somado à fitomassa das culturas de cobertura pode contribuir para a fixação de carbono no solo e conseqüente melhoria da qualidade ambiental. Além disso os adubos nitrogenados utilizam grande quantidade de energia na sua produção, obtida pela queima de combustíveis fósseis.

Debarba e Amado (1997) concluíram que a cobertura do solo pelos adubos verdes reduziu as perdas de solo em 99% e as de água em 85%, sendo que a cobertura do solo com o consórcio de ervilhaca e aveia aumentou em 200% a infiltração de água em comparação ao solo descoberto.

A aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) da família Gramineae é uma planta anual originária da Europa e Ásia; cespitosa; colmos cilíndricos eretos e glabros ou um pouco pilosos; raízes tipo fasciculada; inflorescência em panículas. Diferentemente da aveia branca a aveia preta é menos exigente, possui capacidade de perfilhamento maior, panícula mais aberta e sementes menores; é altamente resistente à ferrugem e tolera mais os pulgões, além de ser ótima para pastejo e para cobertura do solo (Derpsch e Calegari, 1992).

Segundo Hernani *et al.* (1995) a aveia preta cobre rapidamente o solo e seu sistema radicular fasciculado melhora a estrutura pela formação de agregados. Pode produzir, na região de Dourados, em torno de 11,2 Mg ha⁻¹ de massa verde e 4,6 Mg ha⁻¹ de massa seca. Segundo Sá (1993) na fase de grão leitoso a aveia preta tem relação C/N de 42.

A utilização de aveia para cobertura dos solo no Brasil vem desde a introdução do plantio direto no país. A cultura tem se destacado pela sua rusticidade, adaptação, produção de massa verde e sistema radicular (Rangel *et al.*, 2001). É conhecida a ação das aveias no controle de plantas daninhas, sendo esta ação devida ao efeito físico da palha sobre o solo (Jacobi e Fleck, 1998) e o efeito químico, devido à exsudação da substância química escopoletina sobre a germinação e desenvolvimento de plantas daninhas (Jacobi e Fleck, 2000). Esses últimos autores encontraram alta correlação entre exsudação de escopoletina e inibição da germinação e do alongamento da radícula de plantas daninhas.

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.) da família Cruciferae tem origem da Ásia, onde é cultivada como fonte de óleo. Planta anual herbácea, ereta, muito ramificada; dotada de pelos ásperos; raiz pivotante profunda às vezes tuberosa; atinge de 1,0 a 1,8 m de altura; folhas alternadas de 120 a 150 mm de comprimento;

inflorescências terminais com flores brancas, roxas ou com matizes de lilás; frutos em síliqua indeiscentes de 30 a 50 mm de comprimento, contendo de 2 a 10 sementes de coloração clara a avermelhada (Derpsch e Calegari, 1992).

Sua raiz tuberosa pivotante atinge 1,4 m de profundidade na região de Dourados, podendo chegar a 1,9 m. Pode colocar na superfície do solo o correspondente a 23 kg ha⁻¹ de N, 8 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 43 kg ha⁻¹ de K₂O, 29 kg ha⁻¹ de CaO e 6 kg ha⁻¹ de MgO (Hernani *et al.*, 1995). Segundo Pitol (1993), a semeadura do nabo forrageiro em Mato Grosso do Sul deve ser feita a partir de abril utilizando de 15 a 20 kg ha⁻¹ de sementes, sendo que o manejo da massa verde deve ser feito no período de florescimento usando-se herbicida ou rolo-faca. Hernani *et al.* (1995) cita como sendo 11 a relação C/N do nabo forrageiro na plena floração.

A ervilhaca peluda (*Vicia Villosa* Roth.) da família Leguminosae, tem origem da Ásia Ocidental, Bacia Mediterrânea e Europa. Planta anual com certa pilosidade; talos débeis trepadores; folhas ramificadas com vários folíolos (8-10); inflorescências com várias flores de coloração violácea; vagens com 15 a 30 mm de comprimento achatadas e lisas e sementes de cor escura ou preta, lisas ou pilosas, arredondadas com 3,5 a 4 mm de diâmetro (Derpsch e Calegari, 1992). Segundo Pitol (1993), é uma leguminosa de ciclo longo (150 a 180 dias) com crescimento inicial lento e posteriormente vigoroso, o que resulta em ótima cobertura do solo. Tem alta capacidade de fixar nitrogênio por simbiose, portando utilizá-la antes de uma gramínea é interessante para o aproveitamento do nitrogênio proveniente de seus resíduos. O autor recomenda a semeadura do início de abril a 10 de maio, utilizando 25 a 30 kg ha⁻¹ de sementes e o manejo da massa verde com rolo-faca ou herbicida no florescimento. Segundo Sá (1993), a ervilhaca peluda na plena floração tem relação C/N em torno de 19.

Brandsæter *et al.* (2002) em experimento com baixas temperaturas concluíram que a ervilhaca peluda é mais resistente a temperaturas abaixo de 0 °C, quando comparada com diferentes trevos e plantas do gênero *Mendicago*, estimando que apenas temperaturas abaixo de -10 °C matam 50% das plantas de ervilhaca peluda.

Nos trabalhos de Amado *et al.* (2000) e de Aita *et al.* (2001) concluem que a ervilhaca foi a cultura de cobertura que proporcionou as melhores produtividades de milho, devido à sincronia entre liberação de nitrogênio pelos seus resíduos e a demanda de N pelo milho. Porém quando a ervilhaca não se desenvolve bem, o suprimento de

nitrogênio para o milho semeado em sucessão pode ficar abaixo do esperado, conforme relata Argenta *et al.* (1999).

Santos *et al.* (2000) avaliando aspectos econômicos de sistemas de sucessão e rotação durante nove anos, concluem que a rotação trigo/soja-ervilhaca/milho foi o sistema de menor risco e melhor rentabilidade em relação à monocultura trigo/soja.

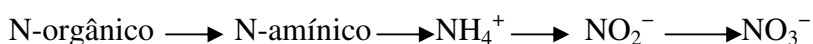
2.5 Nitrogênio para a cultura de milho

O nitrogênio é um dos elementos mais abundantes da natureza, estima-se que corresponda a cerca de 78% dos gases da atmosfera, porém depósitos deste elemento são raros e encontram-se somente em alguns locais de clima árido. A principal razão é a elevada solubilidade em água dos sais que o contém (Mello *et al.*, 1989).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigido pelas culturas. É absorvido na forma inorgânica mas na planta está principalmente na forma orgânica e é assim que desempenha suas funções. Faz parte de aminoácidos livres que dão origem a outros aminoácidos e às proteínas e por consequência à enzimas e coenzimas, também originam as bases nitrogenadas que por polimerização com outros compostos formarão o DNA, RNA, ATP (Faquin, 1994).

O nitrogênio do ar encontra-se na forma elementar N_2 , não diretamente aproveitado pelas plantas, porém, em condições naturais existem mecanismos que garantem a transformação deste N_2 numa forma aproveitável. Descargas elétricas unem o N_2 e o O_2 formando óxidos que se convertem em ácido nítrico e acabam no solo com a água das chuvas. O segundo mecanismo é a fixação biológica que pode se dar por microorganismos de vida livre ou associados a leguminosas em forma de simbiose (Raij, 1991).

Segundo Mello *et al.* (1989) o nitrogênio do solo se encontra principalmente na forma orgânica (95% ou mais) e a passagem para o nitrogênio mineral, que é assimilado pelas plantas na forma de NO_3^- e de NH_4^+ , se dá pela decomposição de resíduos de plantas, animais e microorganismos, que contêm proteínas, aminoácidos, aminoaçúcares e quitina, além de outros compostos nitrogenados. Este processo é conhecido como mineralização e se dá na seguinte seqüência:



Normalmente ao redor de 50% do nitrogênio aplicado como fertilizante é perdido por lixiviação denitrificação e volatilização (Karlen *et al.*, 1998; Bredemeier e

Mundstock, 2000). Segundo Amado *et al.* (2000), o desafio do manejo do nitrogênio é aumentar a quantidade de N absorvido pelas plantas e diminuir, ao mesmo tempo, as quantidades perdidas no sistema solo-planta. Sainju *et al.* (1998) sugerem que se utilize gramíneas, que têm maior volume de raízes, para absorver o NO_2 do solo e não permitir que ele se perca no perfil. Sá (1993) relata que a relação C/N das espécies utilizadas na rotação influem na taxa de mineralização dos resíduos orgânicos, influenciando assim a liberação de nitrogênio para o solo. Segundo o autor, a decomposição é inversamente proporcional à relação C/N, sendo que valores abaixo de 23 favorecem a mineralização e valores acima de 24 favorecem a imobilização do nitrogênio pelos microorganismos do solo.

Quanto à absorção de nutrientes o milho é mais exigente em nitrogênio, seguido do potássio, sendo que para cada tonelada de grão produzido são exportados em torno de 20 kg de nitrogênio e 15 kg de potássio (Coelho e França, 1995). Para nitrogênio e fósforo, o milho apresenta dois períodos de máxima absorção durante as fases de desenvolvimento vegetativo e formação da espiga e menores taxas no período entre a emissão do pendão e o início da formação da espiga (Olness e Benoit, 1992 citado por Coelho e França, 1995).

O principal sintoma de deficiência de nitrogênio nas plantas de milho é o amarelecimento ou clorose que começa nas folhas mais velhas enquanto que as mais novas são as últimas a apresentarem os sintomas, devido à redistribuição interna do nutriente (Faquin, 1994). No milho aparece uma clorose nas pontas das folhas mais velhas em forma de “V” que segue para a base da folha, além de espigas menores e sem grãos na ponta (Coelho e França, 1995). Segundo Rajj (1991) as respostas da adubação nitrogenada variam de ano para ano, em função de fatores difíceis de se prever, como clima e uso anterior do solo. A falta de critérios tem levado à utilização de curvas de resposta médias.

Como a principal forma de nitrogênio do solo é a matéria orgânica, esta tende a influenciar as respostas à adubação nitrogenada e é um fator que deve ser levado em conta quando se avalia o N disponível para as plantas (Coelho e França, 1995). Estes autores ainda relatam que solos tropicais podem fornecer 60 a 80 kg ha⁻¹ de N pela mineralização da matéria orgânica. Rajj (1991) cita que ocorre mineralização de aproximadamente 2% do nitrogênio da matéria orgânica por ano. Wiethölter (2001)

recomenda a diminuição da aplicação de nitrogênio no milho quanto maiores forem os teores de matéria orgânica no solo.

Segundo Maeda *et al.*(1997) culturas anteriores ao milho com capacidade de fixar nitrogênio atmosférico ou reciclar este nutriente, permitem a redução das adubações. Os autores ainda citam que leguminosas de inverno podem contribuir com 60 a 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

No trabalho de Kanthack *et al.*(1991) não houve diferença entre as doses de zero, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N na produção de milho em sucessão a tremoço. Pöttker e Roman (1994) observaram que milho em sucessão a aveia-preta respondeu à adubação nitrogenada até a dose de 200 kg ha⁻¹ e em sucessão a ervilhaca não houve diferenças entre as doses de 50, 100 e 200 kg ha⁻¹. Demétrio *et al.*(1998) concluíram que a incorporação de feijão bravo do Ceará antes da semeadura do milho correspondeu à aplicação de 560 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral. Amado e Mielniczuk (2000) obtiveram o máximo rendimento de milho semeado após aveia com 209 kg ha⁻¹ de nitrogênio, enquanto após ervilhaca o rendimento máximo se deu com 170 kg ha⁻¹.

Nabo forrageiro pode acumular 124 kg de N na parte aérea através da recuperação de nitrogênio das camadas mais profundas (Hernani *et al.*,1995). Vyn *et al.* (2000) observaram que resíduos de nabo forrageiro proporcionaram melhores produtividades de milho que resíduos de aveia e centeio.

A maioria das recomendações oficiais se baseia na publicação de Coelho e França (1995) que recomendam a aplicação de 15 a 30 kg de N por hectare para culturas de sequeiro e de 100 a 200 kg de N por hectare para culturas irrigadas ou em plantio direto, onde predomina alta tecnologia. Binder *et al.* (2000) recomendam que quanto maior a deficiência de nitrogênio no sistema, mais cedo deve ser feita a aplicação do adubo e em situações de deficiência, o atraso na aplicação pode comprometer a produtividade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O trabalho foi realizado no Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no município de Dourados, situado a 22° 11' de latitude sul e 54° 55' de longitude oeste e altitude de 452 metros, no ano agrícola de 2001/02. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, originalmente sob vegetação de cerrado. Esta pesquisa faz parte de um experimento de longa duração, que teve início em outubro de 1997, envolvendo sistemas de produção de grãos, baseado em sistemas de rotação de culturas em plantio direto.

As precipitações pluviométricas e temperaturas máximas e mínimas ocorridas durante o crescimento e desenvolvimento da cultura estiveram dentro do ideal para o bom desenvolvimento da cultura. A precipitação acumulada entre a data da semeadura e a maturação fisiológica foi de 784 mm. A temperatura máxima não ultrapassou os 32° C e a temperatura mínima não foi menor que 16° C (Figura 1).

A análise química do solo feita antes da semeadura do milho, em cinco profundidades, indica que o solo da área experimental encontra-se com boa fertilidade, com teores de nutrientes adequados para um bom desenvolvimento do milho, não havendo necessidade de adubação corretiva (Quadro 1).

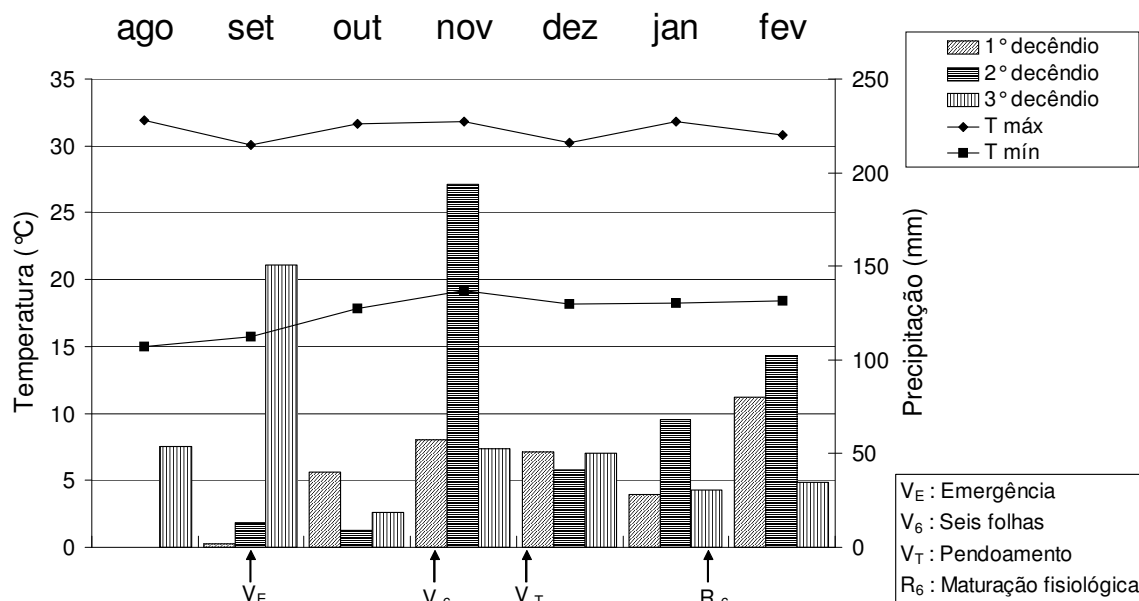


Figura 1. Precipitação pluviométrica acumulada por decêndio e média mensal de temperaturas máxima e mínima no período de agosto de 2001 a fevereiro de 2002. Fonte: Estação meteorológica do Núcleo de Ciências Agrárias - UFMS. Dourados-MS, 2001/02.

Quadro 1. Valores médios da análise química do solo nas parcelas da área experimental realizada antes da semeadura do milho. Dourados-MS, 2001/02.

Espécie	Prof	M.O. g/dm ³	pH CaCl ₂	P mg/dm ³	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V %
Aveia preta	0 - 2,5	37.2	6.1	19.3	10.0	0.0	61.8	35.9	28.3	107.7	136.0	79.2
	2,5 - 5,0	30.5	5.3	15.3	5.1	1.0	51.5	21.8	48.0	78.3	126.3	62.0
	5,0 - 10,0	28.7	4.9	21.3	2.5	1.8	45.8	16.0	55.7	64.3	120.0	53.6
	10,0 - 20,0	27.2	4.8	10.3	1.6	2.4	42.9	15.3	56.7	59.9	116.5	51.4
	20,0 - 40,0	18.8	5.0	2.0	1.0	2.0	31.3	10.3	48.7	42.7	91.3	46.7
Ervilhaca peluda	0 - 2,5	37.2	6.0	23.3	8.8	0.0	59.6	34.2	28.3	102.6	130.9	78.4
	2,5 - 5,0	30.7	5.2	22.7	4.2	0.0	48.4	22.5	47.7	75.1	122.8	61.2
	5,0 - 10,0	27.2	4.8	25.7	3.6	2.2	42.3	17.2	59.3	63.1	122.4	51.5
	10,0 - 20,0	24.7	4.7	13.0	1.3	2.4	39.5	13.6	57.3	54.4	111.7	48.7
	20,0 - 40,0	16.5	4.9	1.3	0.6	2.0	26.9	9.1	45.0	36.6	81.6	44.9
Nabo forrageiro	0 - 2,5	38.5	5.4	28.0	9.4	0.0	57.6	27.9	42.3	94.8	137.2	69.1
	2,5 - 5,0	30.9	5.0	14.3	6.6	1.0	40.5	19.8	60.0	66.9	126.9	52.7
	5,0 - 10,0	29.5	4.5	22.0	3.2	5.2	36.4	14.6	77.3	54.1	131.5	41.2
	10,0 - 20,0	26.2	4.6	7.3	1.5	3.6	40.4	12.0	66.3	53.8	120.2	44.8
	20,0 - 40,0	18.1	4.9	1.3	0.5	2.4	26.6	12.7	49.0	39.8	88.8	44.8

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com os tratamentos arranjados em esquema de parcela subdividida, com seis repetições. As parcelas foram constituídas pelas culturas antecessoras ao milho: aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.); ervilhaca peluda (*Vicia Villosa* Roth.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. oleiferus Metzg.) e as subparcelas por seis doses de nitrogênio em cobertura (zero, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹).

As culturas utilizadas como antecessoras ao milho foram semeadas em sucessão à cultura de soja. A área de cada parcela foi de 10,8 metros de largura por 36 metros de comprimento, e as sub-parcelas foram demarcadas dentro da parcela, constituídas por quatro linhas de milho, com cinco metros de comprimento e espaçamento de 0,90 metros (Figura 2), sendo a colheita realizada nas duas linhas centrais de cada subparcela, deixando-se na extremidade das linhas 0,5 m como bordadura.

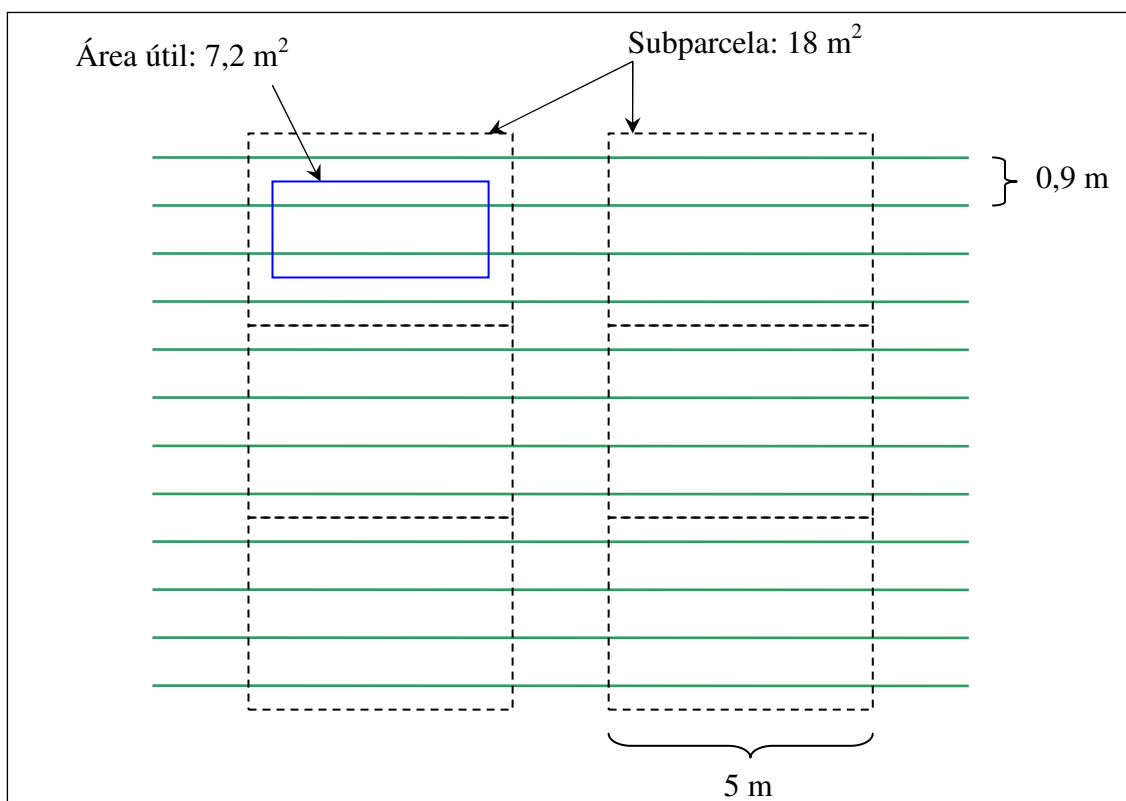


Figura 2. Detalhe das subparcelas dentro de uma parcela. Na parcela três culturas antecessoras e na subparcela seis doses de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Na data do manejo das culturas foram feitas determinações de produção de massa seca da parte aérea e teor de nitrogênio no material vegetal da parte aérea (Quadro 2). Estes valores serviram como base para estimar a quantidade de nitrogênio que cada cultura coloca na superfície do solo.

Quadro 2. Teor de nitrogênio, massa seca e nitrogênio total em três culturas antecessoras ao milho. Dourados – MS, 2001/02.

Cultura antecessora	Teor de N (g kg ⁻¹)	Massa seca (kg ha ⁻¹)	Nitrogênio total (kg ha ⁻¹)
Aveia preta	26,0	5.500	133
Nabo forrageiro	27,0	4.500	122
Ervilhaca peluda	41,5	3.200	143

A semeadura do híbrido triplo DKB-350 foi realizada no dia 15 de setembro de 2001, utilizando-se uma semeadora-adubadora, marca Seed Max, equipada para plantio direto, com duas linhas espaçadas entre si de 0,9 m. A densidade de semeadura foi de cinco plantas por metro linear, e foram utilizados na adubação de base 300 kg ha⁻¹ de um adubo formulado com 2% de N, 20% de P₂O₅ e 20% de K₂O.

No dia 05 de novembro de 2001, quando as plantas de milho apresentavam seis folhas completamente desenvolvidas, realizou-se a adubação de cobertura utilizando-se uréia como fonte de nitrogênio (45% de N), que foi colocada próximo à linha de semeadura e na superfície do solo. O solo se encontrava com umidade adequada, o que minimizou as perdas de nitrogênio por volatilização.

Foram feitas duas pulverizações de inseticidas para o controle da Lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), utilizando-se o produto Lufenuron na dose de 15 g ha⁻¹ de ingrediente ativo. Foi feita adubação foliar de zinco juntamente com a primeira pulverização na dose de 550 g ha⁻¹ de zinco, na forma de carbonato de zinco.

Para o controle de plantas daninhas utilizou-se o herbicida Atrazine na dose de 1.500 g ha⁻¹ de ingrediente ativo, com adição de óleo mineral na proporção de 0,5% da calda. Para a complementação do controle de plantas daninhas foi feita uma pulverização em jato dirigido nas parcelas onde houve reinfestação, utilizando-se o herbicida Paraquat na dose de 240 g ha⁻¹ de ingrediente ativo com adição de espalhante aniônico na proporção de 0,1% da calda.

3.2 Avaliações realizadas

Altura de planta e diâmetro de colmo

A altura da planta de milho foi determinada com régua graduada em centímetros, tomando-se a distância entre o nível do solo e a inserção da folha bandeira. O diâmetro do colmo foi determinado através de paquímetro graduado em milímetros, colocando-o no terceiro nó da planta a partir do solo. Ambas as avaliações foram realizadas na fase de grão duro, sendo que os valores correspondem à média de cinco plantas tomadas ao acaso na subparcela.

Nitrogênio no tecido foliar

A amostragem foi feita na emissão da inflorescência feminina, coletando-se a primeira folha oposta imediatamente abaixo da espiga. Foram coletadas cinco folhas em cada subparcela, secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, até peso constante. Após a secagem, as folhas foram moídas para determinação do teor de nitrogênio pelo método de semi-micro Kjeldahl, citado por Malavolta *et al.* (1997).

Nitrogênio nos grãos

A amostragem foi feita logo após a colheita do milho. Os grãos foram moídos e colocados em estufa com circulação forçada de ar a 65° C, por 72 horas. O teor de nitrogênio foi então determinado pelo método semi-micro Kjeldahl, citado por Malavolta *et al* (1997).

Número de grãos por espiga

Após a colheita realizou-se a contagem do número de fileiras por espiga e o número de grãos em uma das fileiras. O resultado da multiplicação destes dois valores correspondeu a uma estimativa do número de grãos por espiga. Foram utilizadas cinco espigas por subparcela.

Comprimento e diâmetro de espigas

As determinações de diâmetro e comprimento de espigas foram realizadas após a colheita manual das espigas. Para o diâmetro de espiga utilizou-se paquímetro graduado em milímetros, tomando-se a medida na parte central da espiga. Para comprimento de espiga utilizou-se régua graduada em milímetros, tomando-se a distância entre a base e a ponta da espiga. Ambas as avaliações foram feitas em cinco espigas sem palha escolhidas ao acaso em cada subparcela.

Massa de 100 grãos

Após a debulha das espigas realizou-se a contagem de 100 grãos por subparcela, que foram pesados em balança com precisão de três casas decimais e o resultado foi ajustado para 13% de umidade.

Índice de Colheita (IC)

Na maturação fisiológica foram coletadas cinco plantas ao acaso por subparcela e determinada a massa seca total e de grãos. A relação entre massa seca de grão e massa seca total da parte aérea representa o IC. Conforme Durães *et al.* (2002) o índice de colheita é influenciado pela densidade de plantas, disponibilidade de água e nutrientes. Segundo Moreira *et al.* (1999) o índice de colheita representa a eficiência com que a planta converte o rendimento biológico (produção de fitomassa acima do solo) em rendimento de grãos (parte colhida).

Produtividade de grãos

Foi determinada após a debulha das espigas colhidas dentro da área útil, correspondendo às duas linhas centrais com quatro metros de comprimento (0,5 m de cada extremidade eliminados) de cada subparcela, pesando-se os grãos em balança de precisão de duas casas decimais, corrigindo-se o grau de umidade para 13%, com os valores expressos em kg ha^{-1} .

Análise estatística

Os dados das avaliações anteriormente citadas foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa computacional SAEG-5. Quando o F foi significativo ($P < 0,05$) para cultura antecessora foi feita a comparação das médias por cultura antecessora, pelo teste de Duncan a 5% de significância. Quando o F foi significativo ($P < 0,05$) para dose de nitrogênio foi feita a análise de regressão das doses.

Quando o F foi significativo ($P < 0,05$) para a interação cultura antecessora x dose de nitrogênio foi feito o desdobramento da interação, realizando a análise de regressão das doses de nitrogênio em cada cultura antecessora e a comparação de médias por culturas antecessoras dentro de cada dose de nitrogênio. Quando não se encontrou nenhum modelo de regressão que se ajustasse aos dados, considerou-se que os valores estimados foram iguais à média dos valores observados ($\hat{y} = \bar{y}$).

Máxima eficiência técnica

A máxima eficiência técnica (MET) representa a dose onde a produtividade é máxima, dentro da curva de produção obtida pela análise de regressão. Quando a equação de produção em função da dose de nitrogênio é um polinômio de 2º grau ($\hat{y} = a + bx + cx^2$), a MET é obtida igualando-se a derivada da equação a zero ($b + 2cx = 0$).

Equivalência em nitrogênio mineral

Para estimar a equivalência em N mineral da ervilhaca peluda e do nabo forrageiro, utilizou-se a equação de produtividade de milho em função das doses de N após aveia preta. Substituindo-se as produtividades de milho sem o uso de N, nas sucessões ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho pelo “y” daquela equação é possível estimar “x”, que representa a equivalência em nitrogênio mineral. Este valor indica quanto de nitrogênio é necessário adicionar ao milho cultivado em sucessão a aveia preta, para que a produtividade seja igual a do milho cultivado em sucessão a ervilhaca peluda ou nabo forrageiro sem adubação nitrogenada (Aita *et al.*, 2001).

Eficiência econômica da adubação

Segundo a lei dos incrementos decrescentes, a cada quantidade de nutriente adicionada sucessivamente, corresponde um incremento de produtividade cada vez menor, apesar de que o custo do nutriente aumenta linearmente. O ponto onde a diferença entre o incremento de produção e custo do adubo é máxima é chamado de ponto de máxima eficiência econômica (MEE). A máxima eficiência econômica é calculada igualando-se a derivada da equação de produção à relação de preços entre adubo e produto, ambos na mesma unidade (Raj, 1991).

A máxima eficiência econômica é mais interessante que a máxima eficiência técnica (MET), pois leva em consideração os preços do produto colhido e do adubo utilizado. A MEE é sempre menor que a MET, porque para se alcançar a MET são necessários grandes aumentos de adubação a partir da MEE para poucos aumentos na produtividade, devido a lei dos incrementos decrescentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características morfológicas da planta de milho

A análise de variância para altura de planta foi significativa ($P < 0,05$) para a cultura antecessora, dose de nitrogênio e para a interação cultura antecessora x dose de nitrogênio (Quadro 3). O modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados de altura de planta foi o raiz quadrada, quando a cultura antecessora foi aveia preta e nabo forrageiro, porém nenhum modelo testado se ajustou aos dados quando a cultura antecessora foi ervilhaca peluda (Figura 3). Para a sucessão aveia preta/milho, a altura máxima de planta, obtida com a aplicação de 200 kg ha^{-1} de nitrogênio, foi de 1,82 m. O milho semeado após o nabo forrageiro não atingiu um ponto de máximo dentro das doses de N utilizadas, sendo que a altura obtida na dose de 250 kg ha^{-1} foi de 1,86 m.

Quadro 3. Resumo das análises de variância para altura de planta e diâmetro de colmo, em função da cultura antecessora e dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Fontes de Variação	Quadrados médios	
	Altura de planta	Diâmetro de colmo
Bloco	0,0043	3,0975
Cultura antecessora.	0,0897 *	0,5137 ns
Resíduo a	0,0039	2,2981
Doses de nitrogênio	0,0202 *	4,3384 *
Cult. Antecessora x Doses de N	0,0139 *	2,1390 ns
Resíduo b	0,0066	1,1367
CV (a)	3,42 %	8,49 %
CV (b)	4,45 %	5,97 %

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, (ns) Não significativo.

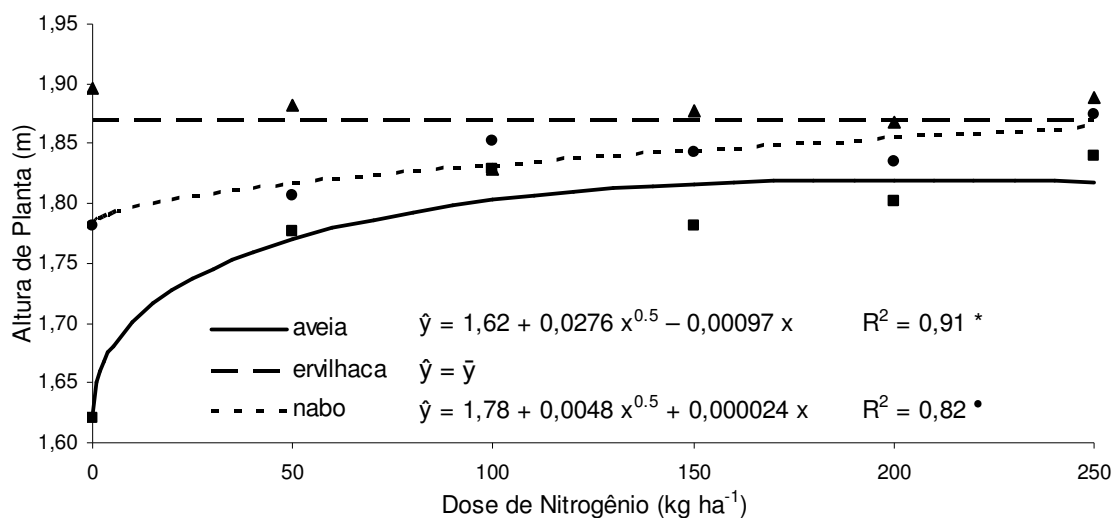


Figura 3. Altura de planta de milho em função da dose de nitrogênio e da cultura antecessora. Dourados-MS, 2001/02.

Comparando-se as culturas antecessoras dentro de cada dose de nitrogênio observa-se que houveram diferenças nas doses zero, 50 e 150 kg ha⁻¹, sendo a maior altura de planta foi obtida quando o milho foi semeado após a ervilhaca peluda e a menor após aveia preta (Quadro 4). Segundo Rajj (1991) plantas deficientes em nitrogênio tem o seu desenvolvimento reduzido. O menor desenvolvimento da planta de milho semeado em sucessão a aveia preta pode ser devido à maior imobilização de nitrogênio pelos microorganismos do solo, já que esta espécie apresentou a maior quantidade de N em seus resíduos (Quadro 2).

Quadro 4. Altura de planta (m) em função da cultura antecessoras, comparações dentro de cada dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Cultura antecessora	Dose de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
aveia preta	1,62 c	1,78 b	1,83 a	1,78 b	1,80 a	1,84 a
ervilhaca peluda	1,90 a	1,88 a	1,83 a	1,88 a	1,87 a	1,89 a
nabo forrageiro	1,78 b	1,81 ab	1,85 a	1,84 ab	1,84 a	1,88 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%.

O maior desenvolvimento da planta de milho quando a cultura antecessora foi o nabo forrageiro possivelmente se deve à menor imobilização de nitrogênio, pois as quantidades de nitrogênio nos resíduos são maiores na aveia preta do que no nabo forrageiro (Quadro 2).

Quando a cultura antecessora foi a ervilhaca peluda, além de seus resíduos possuírem relação C/N abaixo de 25, que favorece a mineralização do N, esta leguminosa adiciona grandes quantidades de nitrogênio ao solo através da fixação simbiótica. Portanto, os teores de nitrogênio do solo devem ter sido suficientes para o bom desenvolvimento da planta.

Segundo Fassio *et al.* (1998) a altura de planta é uma característica que determina o grau de desenvolvimento da cultura e tem alta relação com o acúmulo de reservas. A produtividade foi a característica que teve a maior correlação com a altura de planta (Quadro 5), podendo-se inferir que para o mesmo híbrido plantas maiores tendem a ser mais produtivas, provavelmente porque sofrem menos estresse durante o seu desenvolvimento e acumulam maiores quantidades de reservas.

Quadro 5. Correlações simples entre as características avaliadas. Dourados-MS, 2001/02.

	Altura	Diâm. colmo	Nitrog. na folha	Nitrog. no grão	Grão / espiga	Compr. espiga	Diâm. espiga	Massa 100 gr
Diâm. colmo	0,29 *	1	-	-	-	-	-	-
N na folha	0,34 *	0,26 *	1	-	-	-	-	-
N no grão	0,37 *	0,22 *	0,65 *	1	-	-	-	-
Grãos / espiga	0,34 *	0,31 *	0,53 *	0,45 *	1	-	-	-
Compr. espiga	0,21 *	0,43 *	0,42 *	0,46 *	0,42 *	1	-	-
Diâm. espiga	0,16 *	0,37 *	0,31 *	0,32 *	0,39 *	0,57 *	1	-
Massa 100 gr.	0,25 *	0,43 *	0,40 *	0,47 *	0,43 *	0,50 *	0,52 *	1
Produtividade	0,47 *	0,50 *	0,56 *	0,57 *	0,73 *	0,61 *	0,56 *	0,66 *

* significativo a 5% de probabilidade

A análise de variância para o diâmetro de colmo não foi significativa ($P < 0,05$) para a cultura antecessora nem para a interação cultura antecessora x dose de nitrogênio, mas foi significativa para dose de nitrogênio (Quadro 3). Através da análise de regressão pode-se concluir que o modelo quadrático foi o que mostrou melhor ajuste aos dados, alcançando o valor máximo (18,2 mm) na dose de 180 kg ha^{-1} de nitrogênio (Figura 4).

Como o nitrogênio é constituinte da molécula de clorofila e faz parte dos aminoácidos e aminoácúcares, as plantas bem supridas por este nutriente podem realizar bem a fotossíntese e acumular maiores quantidades de reservas no colmo (Faquin, 1994).

Segundo Fornasieri Filho (1992) o colmo da planta de milho é um órgão de sustentação e também reserva de fotoassimilados. Plantas com colmos fracos são mais sujeitas ao quebramento, o que pode levar a perdas de espigas pelo apodrecimento no

contato com o solo e perdas na colheita mecânica. As plantas bem supridas de nitrogênio apresentaram diâmetros de colmo maiores que aquelas que sofreram deficiência do elemento.

Segundo Magalhães *et al.* (2002) após a polinização ocorre a translocação dos fotoassimilados armazenados no colmo para os grãos. Neste experimento o diâmetro do colmo e produtividade tiveram uma correlação positiva e significativa ($r = 0,50^*$), indicando que as plantas de colmos mais grossos tem maior quantidade de reservas para o enchimento de grãos (Quadro 5).

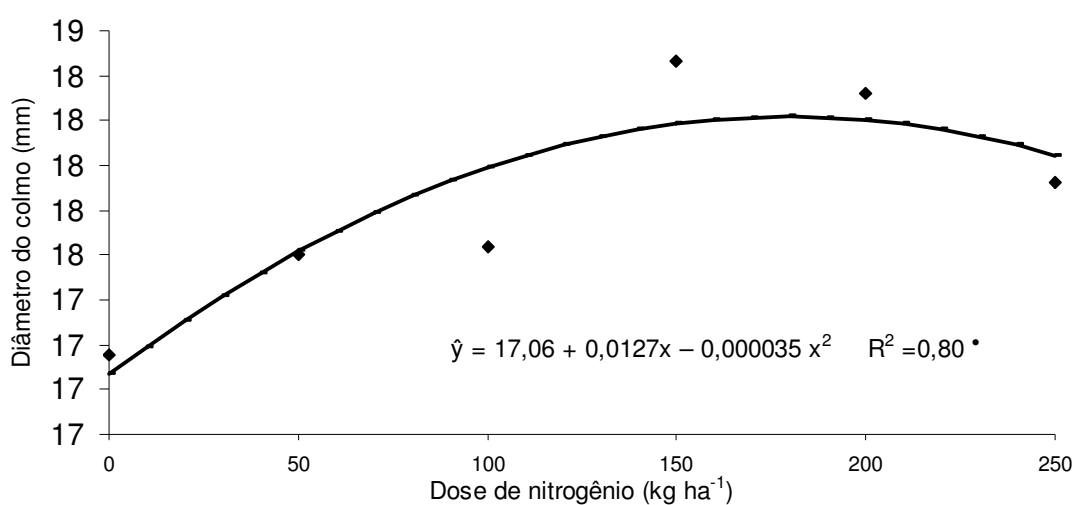


Figura 4. Diâmetro do colmo em função da dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

4.2 Teores de N nas folhas e nos grãos

A análise de variância do teor de nitrogênio foliar foi significativa ($P < 0,05$) para a cultura antecessora, doses de N e para a respectiva interação (Quadro 6). Na análise de regressão o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados. O teor máximo de nitrogênio acumulado nas folhas de milho foi de $29,4 \text{ mg g}^{-1}$ na sucessão aveia preta/milho, $29,9 \text{ mg g}^{-1}$ para ervilhaca peluda/milho e $30,6 \text{ mg g}^{-1}$ para nabo forrageiro/milho, obtido nas doses de 220, 170 e 205 kg ha^{-1} respectivamente (Figura 5).

Na sucessão ervilhaca peluda/milho ocorreu a absorção máxima com uma menor dose de nitrogênio, devido provavelmente aos maiores teores do nutriente no solo cultivado com esta leguminosa. Quando a cultura antecessora foi aveia preta foram necessários 50 kg ha^{-1} de N a mais para acumular a mesma quantidade de nitrogênio que

na sucessão ervilhaca peluda/milho, possivelmente porque há uma maior imobilização de N na decomposição dos resíduos da aveia preta. Demétrio *et al.* (1998) observaram que a adição de nitrogênio ao solo, através da incorporação de feijão de porco, proporcionou ao milho uma absorção foliar de N equivalente a 560 kg ha⁻¹ de adubação mineral.

Quadro 6. Resumo das análises de variância para teor nitrogênio nas folhas e nos grãos, em função da cultura antecessora e dose de nitrogênio. Dourados, 2001/02.

Fontes de Variação	Quadrados médios	
	Nitrogênio na folha	Nitrogênio nos grãos
Bloco	4,3824	1,3980
Cultura antecessora.	91,5263 *	24,4724 *
Resíduo a	3,2965	0,3949
Dose de nitrogênio	83,0271 *	43,6713 *
Cult. Antecessora x Dose de N	9,9228 *	0,8339 ns
Resíduo b	2,7835	0,5948
CV (a)	6,45 %	4,29 %
CV (b)	5,93 %	5,26 %

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, (ns) Não significativo.

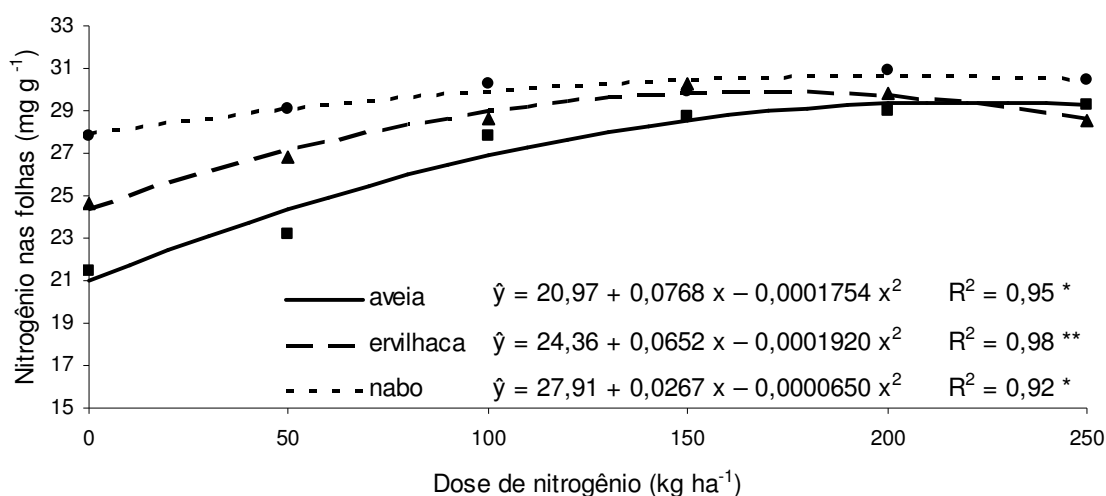


Figura 5. Nitrogênio nas folhas em função da cultura antecessora e dose de N. Dourados-MS, 2001/02.

O milho semeado após o nabo forrageiro apresentou maiores teores foliares de N em relação as demais culturas antecessoras, porém não houve diferenças significativas nas doses acima de 150 kg ha⁻¹ (Quadro 7). Os maiores teores de N foliar proporcionados pela sucessão nabo forrageiro/milho em comparação com ervilhaca peluda/milho, pode ser devido à menor relação C/N do nabo forrageiro, como citado por

Sá (1993) e por Hernani *et al.* (1995), já que a ervilhaca peluda apresentou maiores quantidades de N total nos resíduos (Quadro 2).

Com relação C/N menor, os resíduos de nabo forrageiro se decompõe mais rapidamente do que os resíduos de ervilhaca peluda, disponibilizando nitrogênio mais cedo. A alta quantidade de N na fase inicial se reflete nos teores de N nas folhas, pois estas são coletadas no início do florescimento feminino, onde ocorre uma maior demanda desse nutriente pela planta.

Quadro 7. Teor de nitrogênio nas folhas (mg g^{-1}) em função da cultura antecessora, comparações dentro de cada dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Cultura antecessora	Dose de nitrogênio (kg ha^{-1})					
	0	50	100	150	200	250
aveia preta	21,42 c	23,15 c	27,81 b	28,70 a	28,98 a	29,31 a
ervilhaca peluda	24,59 b	26,83 b	28,67 ab	30,29 a	29,77 a	28,51 a
nabo forrageiro	27,86 a	29,12 a	30,24 a	29,91 a	30,94 a	30,43 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%.

Coelho e França (1995) consideram como teores adequados de nitrogênio na análise foliar 27,5 a 32,5 mg g^{-1} . Quando a cultura antecessora foi o nabo forrageiro, em todas as doses os teores se mostraram adequados e nas demais culturas antecessoras, ocorreu nas doses acima de 100 kg ha^{-1} de N.

O teor de nitrogênio na folha teve uma correlação positiva e significativa ($r = 0,56^*$) com a produtividade de grãos, mostrando que plantas bem supridas deste nutriente provavelmente serão mais produtivas. Observou-se este comportamento também entre o teor de N foliar e o teor de N nos grãos de milho ($r = 0,65^*$). Ferreira *et al.* (2001) e Torbert *et al.* (2001) também encontraram alta correlação entre teor de nitrogênio foliar e produtividade.

Pela análise de variância, o teor de nitrogênio nos grãos apresentou resultado significativo ($P < 0,05$) para dose de nitrogênio e para cultura antecessora (Quadro 6). O teor de nitrogênio nos grãos é muito importante pois reflete a quantidade de proteína. Fernandes *et al.* (1999) relataram que 70% do nitrogênio da planta de milho está contido nos grãos e assim é exportado, portanto maiores produtividades exigem quantidades adequadas de N.

Pela análise de regressão, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados, com um coeficiente de determinação de 0,97. Na média das três sucessões, o teor de N nos grãos aumentou com o aumento das doses de nitrogênio, no entanto esse

modelo não mostrou ponto de máximo dentro do intervalo estudado, sendo que na dose de 250 kg ha⁻¹ o teor de N nos grãos foi de 16,4 mg g⁻¹, o que representa 33% de aumento em relação à dose zero (Figura 6). Entretanto Marques *et al.* (2000) encontraram para as doses de N aplicadas aumento de até 40% na proteína dos grãos e Araújo *et al.* (1999) observaram que o teor de N nos grãos aumentou linearmente com a adubação nitrogenada.

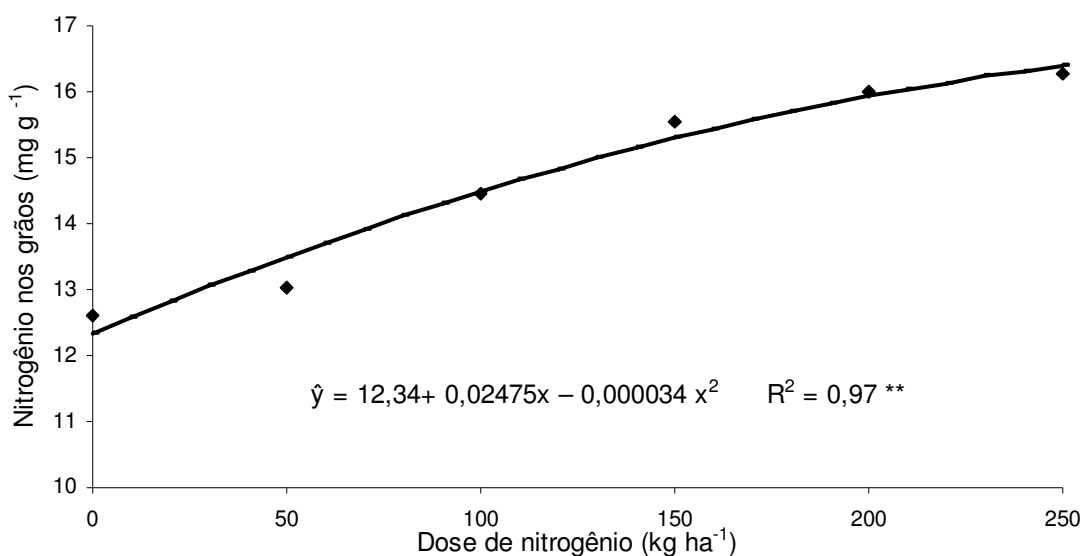


Figura 6. Nitrogênio nos grãos em função de dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Entre as culturas antecessoras ao milho, a aveia preta proporcionou acúmulo de 13,7 mg g⁻¹ de N nos grãos, enquanto nabo forrageiro e ervilhaca peluda não diferiram estatisticamente entre si, tendo valores de 15,2 e 15,6 mg g⁻¹ respectivamente (Figura 7). Ohland (2002) utilizando como cultura antecessora o nabo forrageiro e ervilhaca peluda, encontrou diferença significativa entre estas espécies no acúmulo de nitrogênio nos grãos, sendo que a sucessão ervilhaca peluda/milho acumulou em média 16,3 mg g⁻¹ e a sucessão nabo forrageiro/milho 14,9 mg g⁻¹.

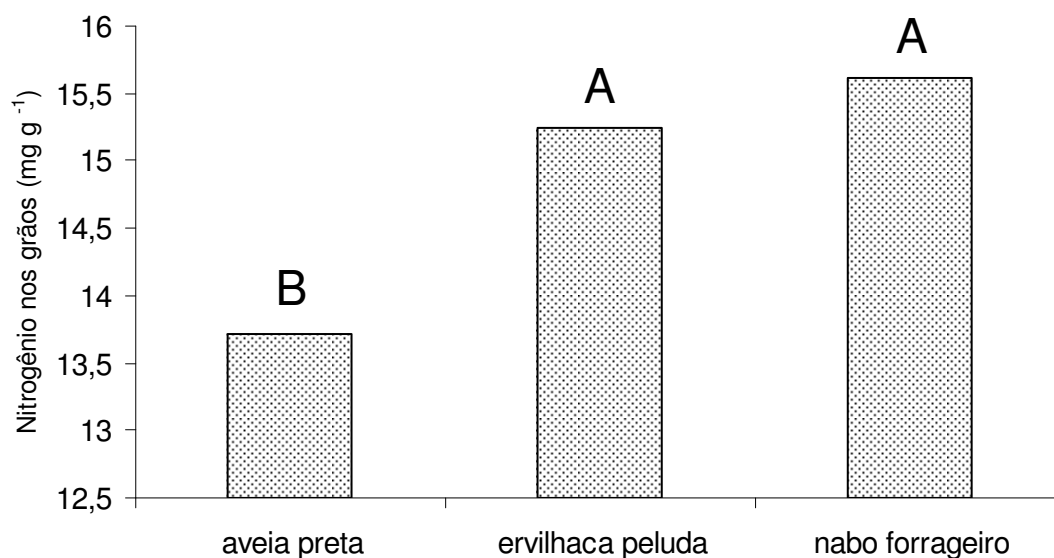


Figura 7. Teor de nitrogênio nos grãos em função da cultura antecessora. Dourados-MS, 2001/02.

(Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%)

4.3 Componentes de produção

O número de grãos por espiga foi significativo ($P < 0,05$) para a cultura antecessora, dose de nitrogênio e para a interação (Quadro 8). Verifica-se na figura 8 que para o milho em sucessão à aveia preta, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados, com a máxima resposta de 496 grãos por espiga na dose de 230 kg ha^{-1} de N. Quando a cultura antecessora foi ervilhaca peluda e nabo forrageiro não houve resposta da adubação nitrogenada e as médias foram 451 e 467 grãos por espiga, respectivamente.

Quadro 8. Resumo das análises de variância referentes aos componentes de produção, em função da cultura antecessora e dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

FV	Quadrados médios				
	Grãos por espiga	Comprimento da espiga	Diâmetro da espiga	Massa de 100 grãos	Índice de colheita
Bloco	2.824,86	4,1422	1,7008	10,5025	0,0066
Cult. antecess.	3.516,34 *	0,6178 ns	1,0670 ns	9,5180 ns	0,0064 ns
Res. a	642,96	1,8427	1,7568	9,8143	0,0060
Dose de N	10.730,30 *	11,2216 *	5,5622 *	28,1419 *	0,0022 ns
Cult.x Dose N	4.913,46 *	3,2687 *	2,5368 ns	6,6207 *	0,0026 ns
Res. b	1.000,77	1,3428	1,7481	3,0589	0,0026
CV (a)	5,57 %	7,84 %	2,89 %	8,89 %	14,59 %
CV (b)	6,95 %	6,70 %	2,88 %	4,97 %	9,66 %

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, (ns) Não significativo.

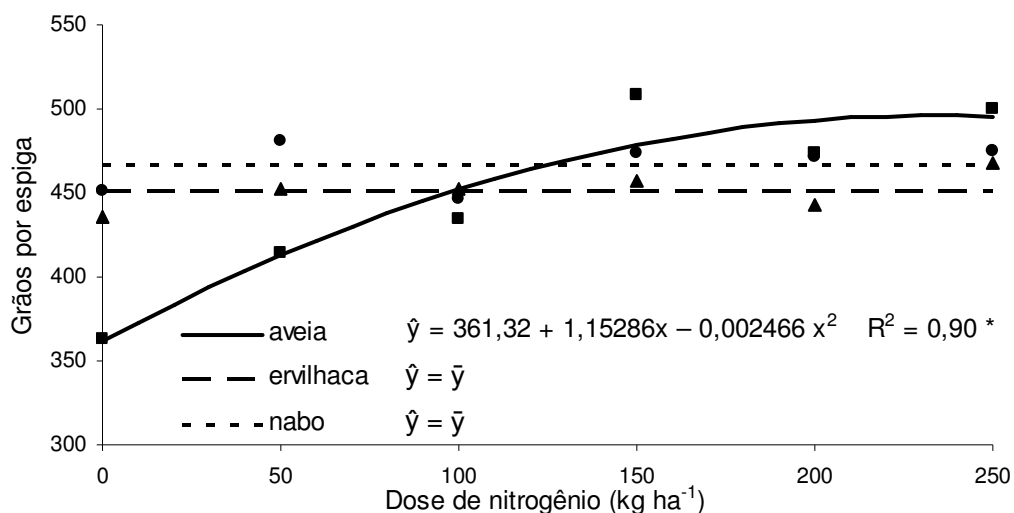


Figura 8. Número de grãos por espiga em função da dose de N. Dourados-MS, 2001/02.

Apesar das diferenças entre as sucessões de cultura, a comparação dentro de cada dose de nitrogênio mostra que entre as sucessões ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho não houve diferença significativa em nenhuma das doses estudadas, enquanto que a sucessão aveia preta/milho não diferiu destas a partir da dose de 100 kg ha⁻¹ de N (Quadro 9).

Portanto diferenças no número de grãos por espiga podem ocorrer em situações de deficiência de nitrogênio mais severa, principalmente quando a cultura antecessora é uma gramínea associada a baixa adubação nitrogenada. Nestes casos a adição de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio é suficiente para que o número de grãos por espiga atinja o potencial da planta, ou seja, é uma quantidade que permite que a maioria dos óvulos fecundados se desenvolvam.

Quadro 9. Número de grãos por espiga em função da cultura antecessora, comparações dentro de cada dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Cultura antecessora	Dose de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
aveia preta	362,8 b	414,1 b	434,7 a	507,8 a	474,2 a	499,8 a
ervilhaca peluda	436,1 a	451,9 a	452,2 a	457,1 b	442,7 a	467,4 a
nabo forrageiro	451,2 a	481,2 a	447,0 a	474,4 ab	471,9 a	474,9 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%.

Büll (1993) associa deficiência inicial de nitrogênio à redução do número de grãos e conseqüente redução da produtividade. Bortolini *et al.* (2001) cita que o número de grãos por espiga é a característica que mais se associa ao rendimento de grãos de milho.

Este relacionamento pode ser observado neste experimento, pela correlação positiva e significativa ($r = 0,73^*$) entre o número de grãos por espiga e a produtividade.

A análise de variância para o comprimento de espiga foi significativa ($P < 0,05$) para dose de nitrogênio e para a interação cultura antecessora x dose de nitrogênio (Quadro 8). Observa-se que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou ao dados de comprimento de espiga na sucessão aveia preta/milho, com comprimento máximo de 18,35 cm obtido na dose de 200 kg ha^{-1} de N. Para a sucessão ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho não houve respostas à dose de nitrogênio (Figura 9). Mendonça *et al.* (1999) também observaram aumentos no comprimento da espiga com maiores doses de nitrogênio, em um sistema sem utilização de leguminosas.

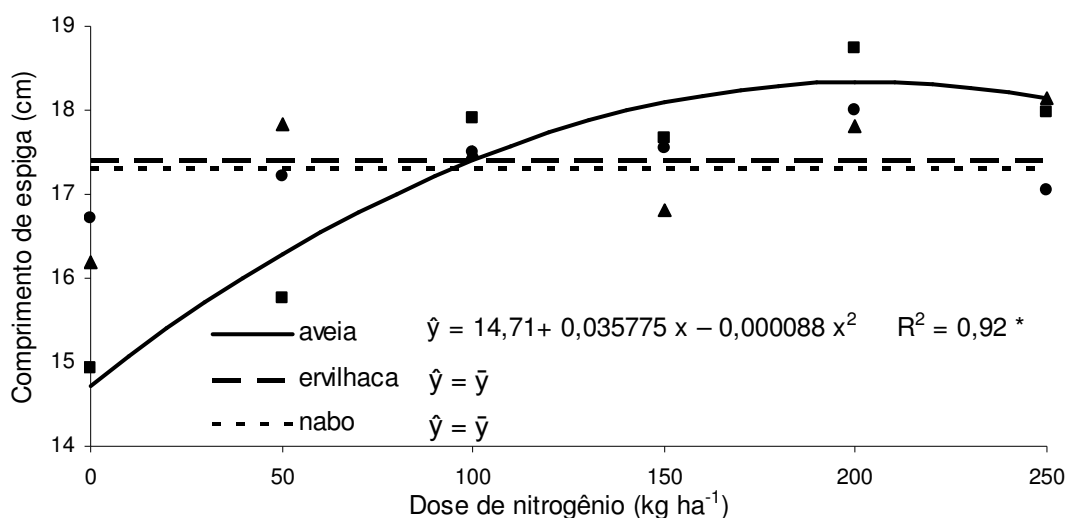


Figura 9. Comprimento de espiga em função da dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Na comparação das culturas antecessoras dentro das doses de nitrogênio, não houve diferença no comprimento da espiga entre a sucessão ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho. O comprimento de espiga na sucessão aveia preta/milho foi menor que nas outras sucessões nas doses zero e 50 kg ha^{-1} (Quadro 10).

Em situações de deficiência de nitrogênio, assim como o número de grãos por espiga, o comprimento da espiga é reduzido (Coelho e França, 1995). Esta redução no comprimento da espiga pode comprometer o rendimento de grãos, pois é uma característica que apresentou uma correlação positiva e significativa com a produtividade ($r = 0,61^*$).

Quadro 10. Comprimento da espiga (cm) em função da cultura antecessora, dentro de cada dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Cultura antecessora	Dose de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
aveia preta	14,92 b	15,77 b	17,90 a	17,67 a	18,75 a	17,97 a
ervilhaca peluda	16,18 ab	17,83 a	17,50 a	16,80 a	17,82 a	18,13 a
nabo forrageiro	16,72 a	17,22 a	17,50 a	17,55 a	18,00 a	17,05 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%.

A análise de variância para o diâmetro da espiga foi significativa ($P < 0,05$) apenas para as doses de nitrogênio (Quadro 8). O modelo quadrático se ajustou bem aos dados ($R^2 = 0,94$). Com o aumento das doses de nitrogênio houve aumento desta característica, sem alcançar o ponto de máximo dentro do intervalo estudado. Na dose de 250 kg ha⁻¹ de nitrogênio o diâmetro da espiga foi de 46,4 mm (Figura 10). Ohland (2002) utilizando doses de nitrogênio e as sucessões ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho, encontrou efeito significativo ($P < 0,05$) das sucessões de culturas, sendo que a leguminosa proporcionou maiores valores do diâmetro de espiga.

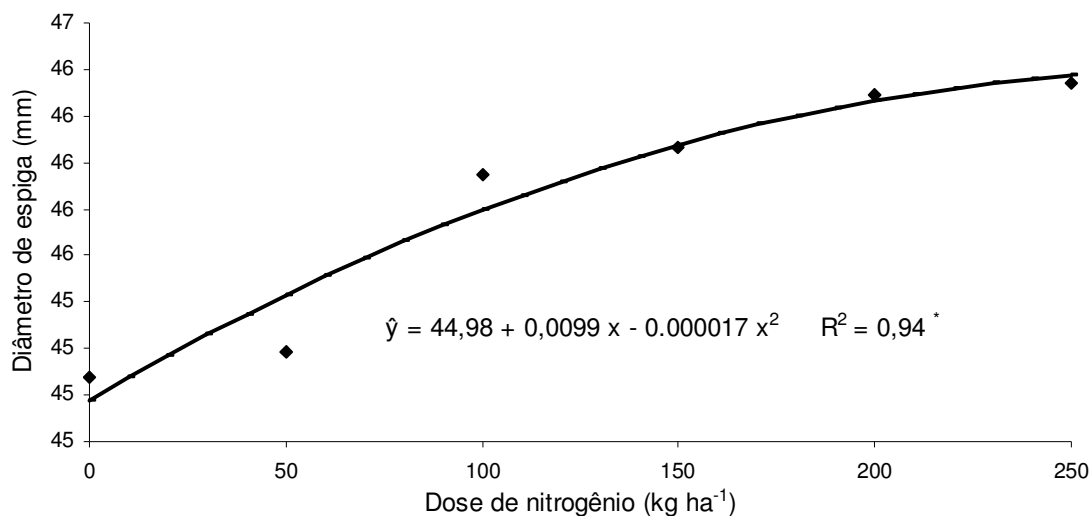


Figura 10. Diâmetro da espiga em função da dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

O diâmetro de espiga teve uma correlação positiva e significativa ($r = 0,52^*$) com a massa de 100 grãos, provavelmente porque o maior acúmulo de fotoassimilados nos grãos fez com que o tamanho do grão aumentasse, o que se reflete no aumento do diâmetro da espiga, considerando que para o mesmo híbrido deve ocorrer pouca variação no diâmetro do sabugo. A produtividade também se correlacionou

positivamente com o diâmetro da espiga ($r = 0,56^*$), mostrando que espigas mais grossas proporcionam maior produtividade.

A análise de variância para a massa de 100 grãos foi significativa ($P < 0,05$) para dose de nitrogênio e para a interação cultura antecessora x doses de nitrogênio (Quadro 8). Pela análise de regressão o modelo linear foi o que se ajustou aos dados nas sucessões ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho, sendo que os valores obtidos na dose de 250 kg ha^{-1} foram 37,4 e 35,8g, respectivamente. Para a sucessão aveia preta/milho o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados, atingindo o valor máximo da massa de 100 grãos (36,6 g) na dose de 215 kg ha^{-1} de N (Figura 11).

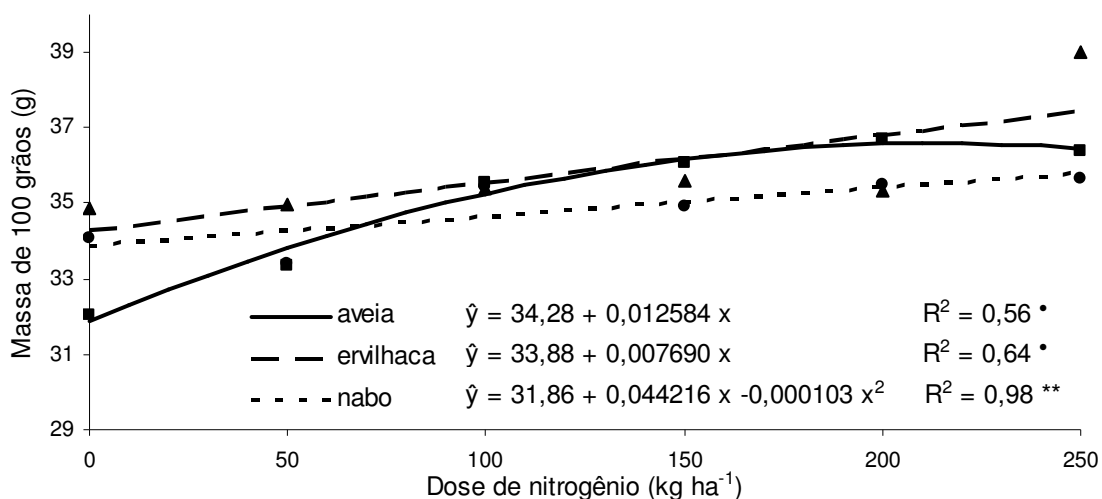


Figura 11. Massa de 100 grãos em função da dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Mendonça *et al.* (1999) trabalhando com adubação nitrogenada e irrigação encontraram aumento da massa de 100 de grãos com o aumento da dose de nitrogênio, sendo que o maior valor (27,9 g) foi obtido com a aplicação de 320 kg ha^{-1} de N. Ohland (2002) utilizando o híbrido DKB 350 em sucessão a ervilhaca peluda e nabo forrageiro encontrou valores máximos de 35,9 e 35,5 g respectivamente, quando adicionou 200 kg ha^{-1} de nitrogênio. Casagrande e Fornasieri Filho (2002), trabalhando com dois híbridos e adubação nitrogenada não encontraram efeito significativo da dose de nitrogênio, encontrando diferenças somente entre os híbridos, com valores de 22,9 e 29,6 g para o híbrido C444 e C333B, respectivamente.

Na comparação entre as culturas antecessoras dentro de cada dose de nitrogênio, na maioria das doses não houve diferença significativa entre as sucessões, com exceção das doses zero e 250 kg ha⁻¹, onde a sucessão ervilhaca peluda/milho apresentou maiores valores da massa de 100 grãos. Ohland (2002) encontrou na dose zero valores de 34,4 e 31,1g para as sucessões ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho respectivamente. Neste trabalho não houveram diferenças entre as mesmas sucessões na dose zero (Quadro 11).

A massa de 100 grãos é um parâmetro muito importante, pois a partir de um mesmo número de óvulos fecundados pode-se obter maior produtividade, apenas com o aumento das reservas acumuladas nos grãos. Neste estudo houve uma correlação positiva e significativa ($r = 0,66^*$) entre a massa de 100 grãos e a produtividade, concordando com os resultados Pereira *et al.* (1999), onde este componente de produção foi o que mais se correlacionou com a produtividade.

Quadro 11. Massa de 100 grãos (g) em função da culturas antecessora, comparações dentro de cada dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Cultura antecessora	Dose de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
aveia preta	32,05 b	33,35 a	35,57 a	36,07 a	36,70 a	36,38 b
ervilhaca peluda	34,86 a	34,99 a	35,38 a	35,59 a	35,32 a	39,03 a
nabo forrageiro	34,10 ab	33,42 a	35,46 a	34,92 a	35,51 a	35,65 b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%.

A análise de variância para o índice de colheita não teve efeito significativo das culturas antecessoras, das doses de nitrogênio nem da interação culturas antecessoras x doses de nitrogênio. Casagrande e Fornasier Filho (2002) utilizando adubação nitrogenada em milho não encontraram respostas significativas do índice de colheita.

Apesar de não terem sido encontradas diferenças entre os tratamentos o valor médio foi de 0,53, o que significa que os grãos corresponderam a 53% da massa seca total da planta. Em comparação com os resultados da literatura este valor pode ser considerado alto. Segundo Durães *et al.* (2002) o índice de colheita máximo para o milho está próximo de 0,60 e é obtido em regiões temperadas. Estes autores citam que em Sete Lagoas-MG, a cultivar BR-201 apresentou índice de colheita de 0,55.

4.4 Produtividade

A análise de variância dos dados de produtividade foi significativa ($P < 0,05$) para a dose de nitrogênio e para a interação cultura antecessora x dose de nitrogênio (Quadro 12). Na sucessão ervilhaca peluda/milho nenhum dos modelos avaliados na análise de regressão se ajustou aos dados, mostrando que não houve resposta da produtividade à adubação nitrogenada. Deve-se ressaltar no entanto que mesmo na dose zero de N a produtividade foi de 7.660 kg ha^{-1} , enquanto na sucessão nabo forrageiro/milho e aveia preta/milho as produtividades na dose zero foram 5.092 e 7.067 kg ha^{-1} (Figura 12).

A melhor produtividade na ausência de N quando a cultura antecessora foi ervilhaca peluda, se deve provavelmente ao nitrogênio incorporado ao solo pelo processo de fixação simbiótica, que é realizada por esta leguminosa. Kanthack *et al.* (1991), utilizando milho em sucessão a tremoço, também não encontraram respostas à adubação com N. Spagnollo *et al.* (2001) relatam que o uso de leguminosas promoveu respostas ao nitrogênio em menor magnitude em comparação com o uso de gramíneas.

Quadro 12. Resumo da análise de variância para produtividade de grãos, em função da cultura antecessora e dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Fontes de Variação	Quadrados médios
Bloco	636.611,6
Cultura antecessora.	2.317.862,5 ns
Resíduo a	1.224.875,0
Dose de nitrogênio	6.562.238,0 *
Cult. antecess x Dose de N	2.395.562,0 *
Resíduo b	406.202,3
CV (a)	14,69 %
CV (b)	8,46 %

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, (ns) Não significativo.

Quando a cultura antecessora foi nabo forrageiro e aveia preta o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados de produtividade. Para a sucessão aveia preta/milho a máxima eficiência técnica (MET) foi de 8.280 kg ha^{-1} , obtida com a aplicação de 205 kg ha^{-1} de N. Quando o milho foi semeado após nabo forrageiro a produtividade também aumentou com a adubação, com valor da MET de 8.020 kg ha^{-1} obtido na dose de 175 kg ha^{-1} de N (Figura 12).

Segundo Hernani *et al.* (1995) o nabo forrageiro é uma cultura muito eficiente em reciclar nutrientes e por ter uma relação C/N baixa, decompõe-se rapidamente

forneendo estes nutrientes para as culturas subseqüentes. Vyn *et al.* (2000) relatam que resíduos de nabo forrageiro proporcionam melhores resultados em milho que resíduos de aveia e centeio, quando não se utiliza adubação nitrogenada.

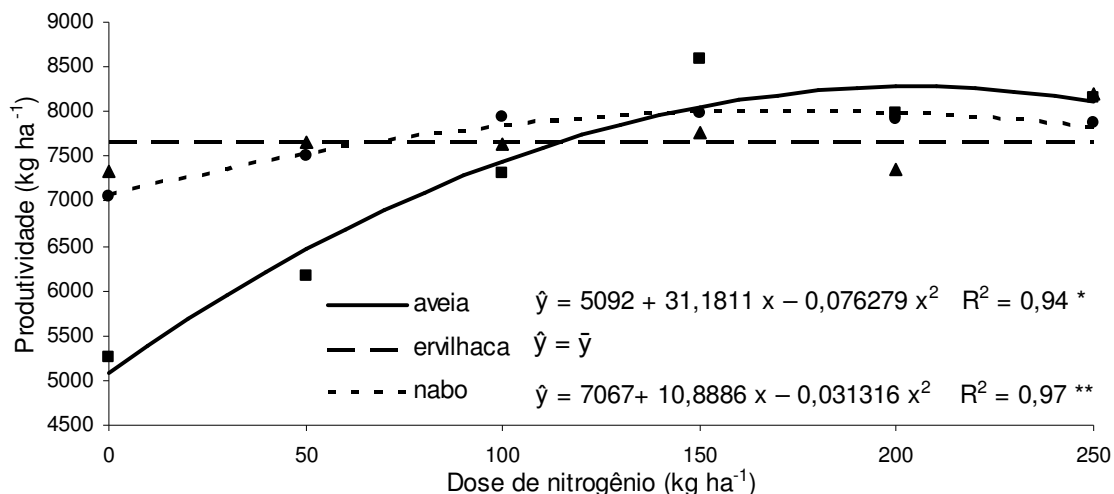


Figura 12. Produtividade de milho em função da dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Por outro lado, quando se compara as espécies dentro de cada dose de nitrogênio observa-se que as diferenças são significativas apenas nas doses zero e 50 kg ha⁻¹ (Quadro 13). Aita *et al.* (2001) utilizando várias culturas antecessoras ao milho, observaram que as leguminosas proporcionam melhores produtividades quando os teores de N são baixos, porém quando se adiciona altas doses do elemento as produtividades são estatisticamente iguais.

Ohland (2002) trabalhando com o híbrido DKB-350 não encontrou diferenças significativas de produtividade entre as sucessões ervilhaca peluda/milho e nabo forrageiro/milho, sendo que os valores médios foram 9.808 kg ha⁻¹ e 9.446 kg ha⁻¹, respectivamente.

Quadro 13. Produtividade de milho (kg ha⁻¹) em função da cultura antecessora, comparações dentro de cada dose de nitrogênio. Dourados-MS, 2001/02.

Cultura antecessora	Dose de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	250
aveia preta	5253,29 b	6173,36 b	7307,34 a	8588,27 a	7972,53 a	8156,55 a
ervilhaca peluda	7343,46 a	7659,90 a	7628,43 a	7772,88 a	7349,13 a	8204,66 a
nabo forrageiro	7057,47 a	7509,91 a	7932,27 a	7979,61 a	7909,50 a	7879,06 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%.

Apesar das diferenças encontradas entre as culturas antecessoras em favor da ervilhaca peluda e nabo forrageiro, a produtividade do milho cultivado em sucessão a aveia preta e sem adubação nitrogenada não foi baixa (5.253 kg ha^{-1}). Na safra 2001/02, a mesma deste experimento, a produtividade de milho de 1ª safra no Mato Grosso do Sul foi de 5.300 kg ha^{-1} (IBGE, 2003),

A boa produtividade se deve às condições da área experimental, que na época estava com cinco anos sob plantio direto, tempo em que o sistema já começa a se estabilizar. Segundo Kurihara *et al.* (1998) em sistema de plantio direto após quatro anos observa-se acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais do solo, principalmente nos primeiros 5 centímetros. O não revolvimento, a redução da erosão e a deposição dos resíduos vegetais na superfície do solo, fazem com que os nutrientes se acumulem na camada superficial.

Seguindo as recomendações de Tomé Júnior (1997) os teores de matéria orgânica foram altos até a profundidade de 20 cm, mas com valores bem maiores nas camadas mais superficiais. Os valores de fósforo foram altos até os 20 centímetros. Os teores de potássio e de cálcio estiveram entre médios e altos e de magnésio todos altos, mantendo a tendência de maiores valores nas camadas superficiais. O alumínio trocável nas camadas superficiais foi nulo e aumentou com a profundidade, porém a saturação em relação à CTC efetiva foi sempre baixa. Os valores da saturação de bases foram altos até a profundidade de 5 centímetros e valores médios até os 20 cm (Quadro 1).

Os teores de matéria orgânica podem ter contribuído para o fornecimento de nitrogênio na sucessão aveia preta/milho. A matéria orgânica do solo é a principal fonte de nitrogênio nos sistemas onde não há adubação nitrogenada e teores altos devem ser levados em conta como fonte do nutriente (Coelho e França, 1995 e Wiethölter, 2001).

As condições climáticas também foram favoráveis para o bom desenvolvimento da cultura. Apesar de certa variação nos volumes de precipitação entre os decêndios em todos eles houve chuva, evitando déficits hídricos acentuados (Figura 1). No período de dez dias após a emergência houve 150 mm de chuva proporcionando um bom desenvolvimento inicial. No estágio de seis folhas, quando foi realizada a adubação de cobertura, houve bons volumes de chuva e 190 mm no decêndio seguinte.

Nos quinze dias antes e quinze dias após o pendoamento houve boa distribuição de chuvas. Esta fase é muito importante pois segundo Fancelli (2001) a deficiência de água neste período causa as maiores reduções de produtividade. A precipitação acumulada

entre a data da semeadura e a maturação fisiológica foi de 784 mm, acima dos 600 mm indicados como suficientes para a cultura por Magalhães *et al.* (2002).

As temperaturas máximas não ultrapassaram os 32° C, sendo muito favorável para o desenvolvimento da planta de milho. Segundo Fancelli (2001) temperaturas acima de 35° C podem reduzir o rendimento e alterar a composição protéica dos grãos. As temperaturas mínimas se mantiveram acima dos 16° C o que segundo o mesmo autor não compromete o desenvolvimento da planta (Figura 1).

Equivalência em N mineral (EqN)

Para estimar a equivalência em N mineral da ervilhaca peluda e do nabo forrageiro em relação à aveia preta, utilizou-se a equação de produtividade na sucessão aveia preta /milho ($\hat{y} = 5.092 + 31,18x - 0,076 x^2$). Para a substituição do “ \hat{y} ” da equação utilizaram-se os rendimentos de milho, sem adubação nitrogenada, nas sucessões ervilhaca peluda/milho (7.660 kg ha⁻¹) e nabo forrageiro/milho (7.067 kg ha⁻¹).

Os valores de EqN encontrados foram 115 e 78 kg ha⁻¹ de N para ervilhaca peluda e nabo forrageiro respectivamente. Estes valores indicam que o milho cultivado em sucessão a aveia preta necessita de 115 kg ha⁻¹ de N, para ter uma produtividade igual a do milho cultivado em sucessão a ervilhaca peluda e de 78 kg ha⁻¹ de N, para ter uma produtividade igual a do milho cultivado em sucessão a nabo forrageiro, quando estas duas sucessões não recebem adubação nitrogenada.

A utilização de uma destas duas culturas pode trazer grande economia ao sistema de produção e reduzir os custos da cultura do milho, que tem aumentado nos últimos anos. Segundo Melo Filho e Richetti (2001, 2002, 2003) o custo de produção de milho em Dourados/MS, foi de R\$ 906,00 na safra 2001/02, passou para R\$ 973,00 na safra 2002/03 e chegou a R\$ 1.372,00 na safra 2003/04.

No trabalho de Pöttker e Roman (1994) a equivalência em N mineral para a ervilhaca comum foi de 128 kg ha⁻¹ em relação à aveia preta e 46 kg ha⁻¹ em relação ao pousio. Amado *et al.* (2000) encontraram para ervilhaca comum EqN próximo de 180 kg ha⁻¹ quando comparada com aveia preta. Aita *et al.* (2001) encontraram EqN igual a 137 kg ha⁻¹ para ervilhaca comum comparada com o pousio e 147 kg ha⁻¹ comparada à aveia preta. No trabalho de Spagnollo *et al.* (2001) as leguminosas feijão de porco, guandu anão e mucuna cinza, sem adubação nitrogenada proporcionaram

produtividades de milho semelhantes às aquelas conseguidas com adubações entre 60 e 120 kg ha⁻¹ no tratamento sem leguminosas.

Máxima eficiência econômica (MEE)

Para a realização destes cálculos, consideraram-se os preços de milho e de uréia, tomados no comércio varejista de Dourados/MS na data de 05/01/2004, como sendo de R\$ 14,00 por saca e R\$ 880,00 por tonelada respectivamente. Com estes valores pode-se calcular o preço do quilo de milho como de R\$ 0,23 e o preço do quilo de nitrogênio como de R\$ 1,96, desta maneira a relação adubo/milho é igual a 8,38.

Tomando-se o custo de produção da cultura e o custo do nitrogênio, ambos representados em kg ha⁻¹ de milho, pode-se visualizar em gráficos o lucro ou prejuízo em cada sucessão de culturas. Para a construção destes gráficos foi considerada a estimativa do custo de produção de milho 1ª safra no sistema plantio direto em Dourados/MS, para a safra 2003/04 (Melo Filho e Richetti, 2003).

Igualando-se as equações de produção à relação adubo/milho obtém-se a máxima eficiência econômica na dose de 150 kg ha⁻¹ para a sucessão aveia preta/milho, que representa 55 kg ha⁻¹ a menos de nitrogênio em comparação com a MET. Na dose de 25 kg ha⁻¹ de N pode-se observar que há prejuízo no empreendimento, pois o custo total é maior que a produtividade (Figura 13). Pöttker e Roman (1994) encontraram máxima eficiência econômica em milho cultivado em sucessão a aveia preta na dose 175 kg ha⁻¹ de N.

Na sucessão nabo forrageiro/milho a MEE foi obtida na dose de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio, o que representa 135 kg ha⁻¹ a menos de nitrogênio que a MET. Pode-se observar que não há prejuízo quando não se faz adubação nitrogenada e a diferença no lucro é pequena. Até a dose de 100 kg ha⁻¹ de N não há grandes diferenças no lucro, pois as curvas de produtividade e custo total são quase paralelas (Figura 14).

Para ervilhaca peluda não houve resposta a adubação nitrogenada, portanto pode-se considerar que a máxima eficiência econômica foi na dose zero, pois é neste ponto que há a maior diferença entre a produtividade e a linha de custo. Com o aumento da adubação nitrogenada os custos diminuem, até a dose de 250 kg ha⁻¹ de N, onde o lucro é zero (Figura 15). Pöttker e Roman (1994) encontraram máxima eficiência econômica para milho cultivado em sucessão a ervilhaca comum na dose de 84 kg ha⁻¹ de N.

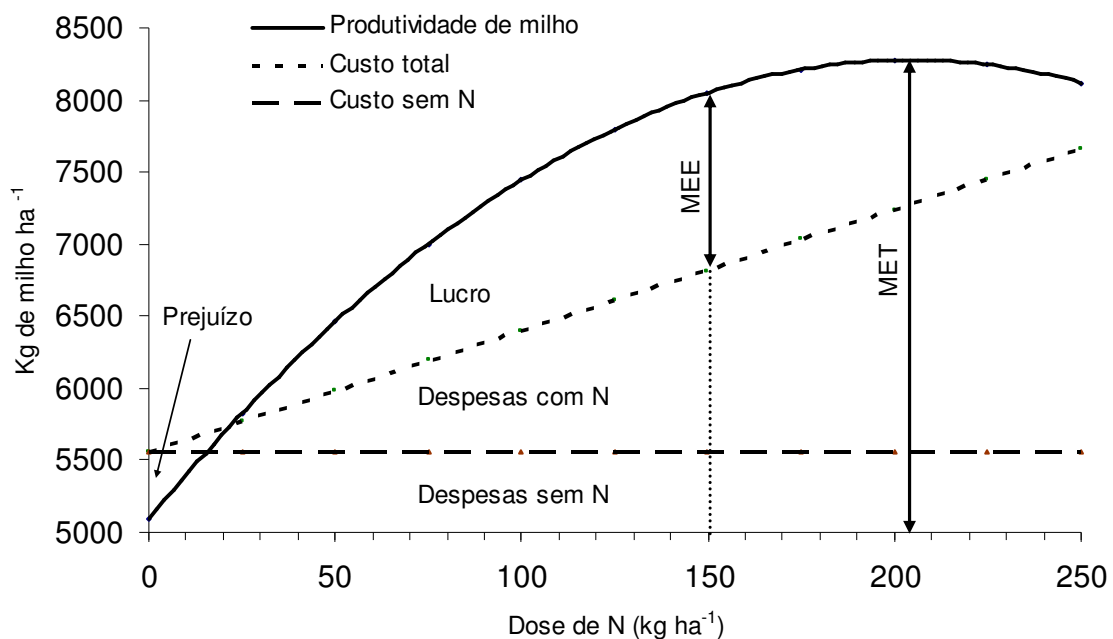


Figura 13. Curva de produtividade e custos de milho cultivado após aveia preta, com indicação dos pontos de MEE e MET. Dourados-MS, 2001/02.

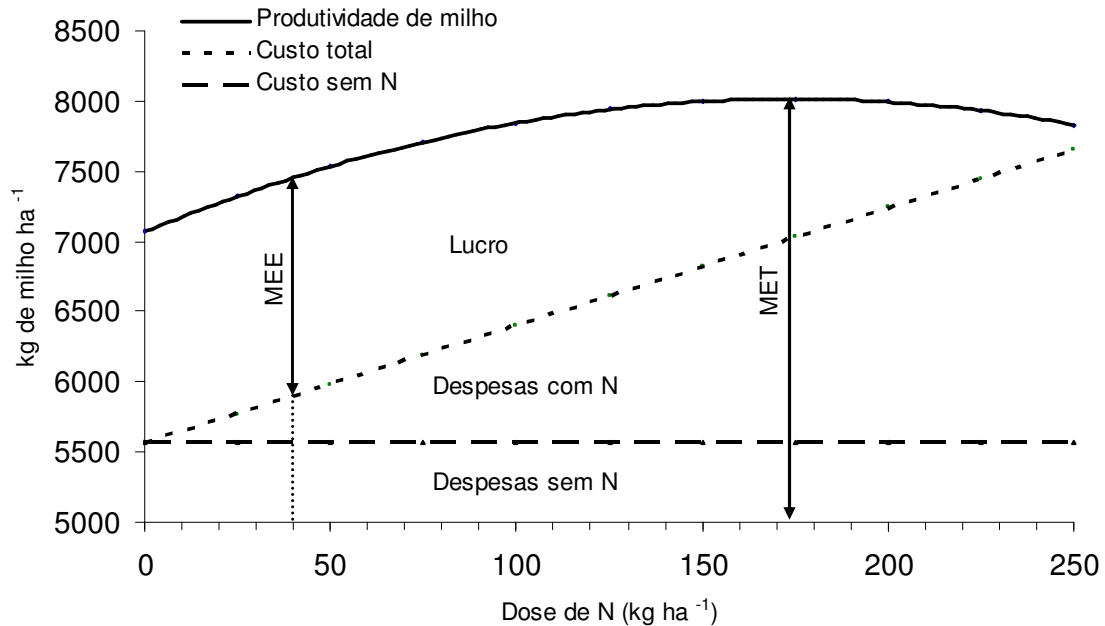


Figura 14. Curva de produtividade e custos de milho cultivado após nabo forrageiro, com indicação dos pontos de MEE e MET. Dourados-MS, 2001/02.

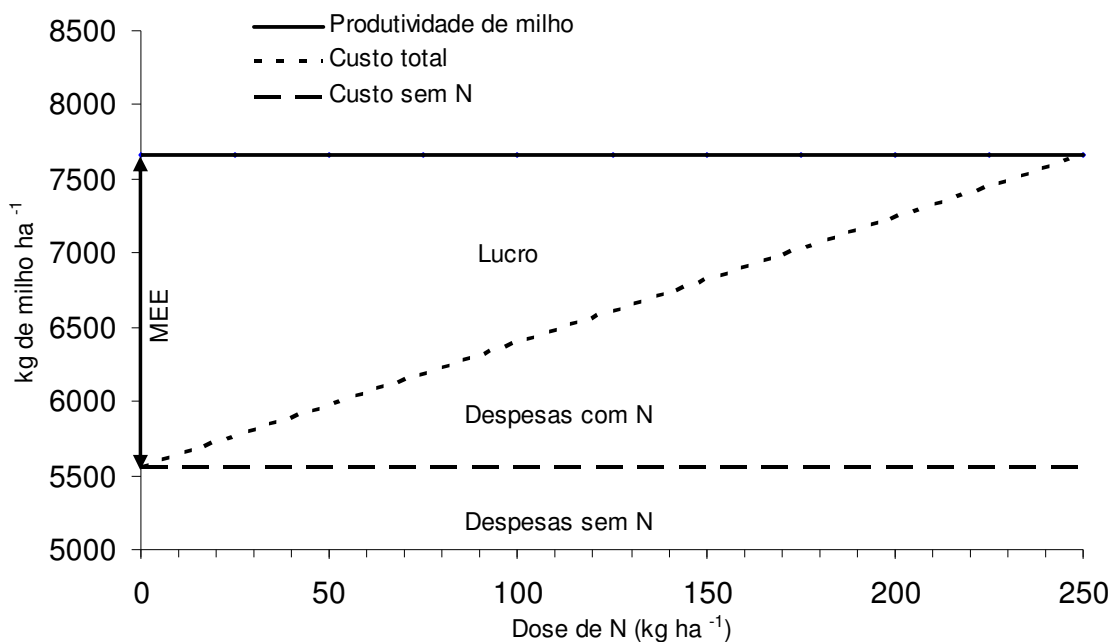


Figura 15. Produtividade e custos de milho cultivado após ervilhaca peluda, com indicação do ponto de MEE. Dourados-MS, 2001/02.

A máxima eficiência econômica é um valor que pode ter variações de um ano para o outro, ou mesmo dentro de um mesmo ano, pois está sujeita às variações do mercado de insumos e de grãos. Observa-se, no entanto, que quando o milho é cultivado após espécies que disponibilizam nitrogênio, seja pela reciclagem e rápida mineralização, como o nabo forrageiro, ou pela fixação simbiótica como a ervilhaca peluda, a necessidade de adubação com o nutriente é menor para alcançar a MEE e tem-se maior lucro por área, principalmente porque há boas produtividades em doses menores de nitrogênio.

A máxima eficiência econômica é um valor interessante porém de pouca sensibilidade, sendo que desvios moderados em torno dela causam reduzidas conseqüências práticas (Raij, 1991). Pode-se observar no quadro de eficiência e retorno econômico da adubação que variações em torno da MEE causam pequenas variações no lucro total. Na sucessão aveia preta/milho entre 125 e 175 kg ha⁻¹ de N a variação é de 0,82% no lucro total. Na sucessão nabo forrageiro/milho entre 25 e 75 kg ha⁻¹ de N a variação é de 0,55% no lucro total (Quadro 14).

Quando o milho foi cultivado em sucessão a ervilhaca peluda a dose zero foi a que proporcionou maior lucro, porém, a aplicação de 25 kg ha⁻¹ de N, por exemplo, causa uma redução de apenas 2,7% no lucro. Por outro lado altas doses de nitrogênio na

sucessão ervilhaca peluda/milho, causam grande diminuição do lucro. A aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N reduz o lucro de 27,38% para 16,43% (Quadro 13).

Quadro 14. Eficiência do fertilizante e lucro total da adubação nitrogenada em milho nas três sucessões de cultura. Dourados-MS, 2001/02.

Dose	Produtividade (kg ha ⁻¹).			Eficiência do fertilizante (kg de milho/ kg de N)			Lucro total (kg milho ha ⁻¹)		
	AP	NF	EP	AP	NF	EP	AP	NF	EP
0	5092,3	7067,9	7659,7	0,0	0,0	0,0	-470,54	1505,04	2096,88
25	5824,2	7320,5	7659,7	29,3	10,1	0,0	51,79	1548,16	1887,36
50	6460,7	7534,0	7659,7	25,5	8,5	0,0	478,77	1552,13	1677,84
75	7001,8	7708,4	7659,7	21,6	7,0	0,0	810,40	1516,96	1468,31
100	7447,6	7843,6	7659,7	17,8	5,4	0,0	1046,68	1442,64	1258,79
125	7798,1	7939,7	7659,7	14,0	3,8	0,0	1187,62	1329,18	1049,26
150	8053,2	7996,6	7659,7	10,2	2,3	0,0	1233,20	1176,57	839,74
175	8213,0	8014,3	7659,7	6,4	0,7	0,0	1183,44	984,82	630,22
200	8277,4	7993,0	7659,7	2,6	-0,9	0,0	1038,32	753,92	420,69
225	8246,4	7932,4	7659,7	-1,2	-2,4	0,0	797,86	483,87	211,17
250	8120,1	7832,8	7659,7	-5,1	-4,0	0,0	462,04	174,68	1,64

AP: Sucessão aveia preta/milho; NF: sucessão nabo forrageiro/milho; EP: sucessão ervilhaca peluda/milho

Portanto o uso da MEE não deve ser entendido com precisão matemática, mas sim considerado dentro do contexto da propriedade e do ano agrícola, que são muito variáveis. Em situações de instabilidade de clima, de preços ou falta de recursos pode-se utilizar doses um pouco mais baixas, sem grandes prejuízos. Em anos com boa expectativa de preços e clima favorável, pode-se aumentar um pouco as doses.

Outro aspecto da adubação é a eficiência da adubação nas diferentes doses utilizadas. A eficiência do nitrogênio é calculada pela relação entre o incremento na produção pelo incremento na adubação, ambos em kg de milho por hectare.

A melhor eficiência dos adubos acontece nas menores doses. Para a sucessão aveia preta/milho na dose de 25 kg ha⁻¹ por exemplo, a eficiência foi de 29 kg de milho por kg de nitrogênio, enquanto na dose de 150 kg ha⁻¹ a eficiência foi de 10 kg de milho por kg de nitrogênio. Por outro lado a comparação entre as culturas antecessoras mostra que a eficiência do adubo é menor nas que disponibilizam mais nitrogênio. Na sucessão aveia preta/milho a dose de 25 kg ha⁻¹ proporcionou uma eficiência de 29 kg de milho por kg de N, enquanto que no nabo forrageiro a eficiência na mesma adubação foi de 10 kg de milho por kg de nitrogênio. Na sucessão ervilhaca peluda/milho não houve eficiência da adubação nitrogenada porque o aumento das doses não proporcionou incrementos na produtividade (Quadro 14).

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi conduzido, pode-se concluir que:

- A cultura antecessora tem efeito diferenciado sobre o milho cultivado no sistema plantio direto.
- A indicação da quantidade de adubo nitrogenado a ser aplicado, visando maiores produtividades ou maiores lucros, deve levar em conta os efeitos da cultura antecessora

6 BIBLIOGRAFIA

ADEGAS, F. S. Manejo integrado de plantas daninhas. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 2. Passo Fundo, 1997. **Resumos**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1997. p 17-26.

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETA, C. A. GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. In: **R. Bras. Ci. Solo**, **25**: 157-165, 2001.

ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. de; GONÇALVES, M. C.; CARVALHO, D. F. de. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, **7** (2): 191-196. 2003.

AMADO, T. J. C. e MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. In: **R. Bras. Ci. Solo**, **24**: 553-560, 2000.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. In: **R. Bras. Ci. Solo**, **25**: 189-197, 2001.

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. In: **R. Bras. Ci. Solo**, **24**: 179-189, 2000.

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. de. Irrigação e adubação nitrogenada em milho. In: **Scientia Agrícola**, **56** (4): 909-914, 1999.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; RIZZARDI, M. A.; BARUFFI, M. J.; BEHEREGARAY NETO, V. Manejo do nitrogênio no milho em semeadura direta em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno e em dois locais. I – Efeito sobre a absorção de N. **Ciência Rural**, **29** (4): 577-586, 1999.

- BINDER, D. L.; SANDER, D. H.; WALTERS, D. T. Maize response to time nitrogen application as affected by level of nitrogen deficiency. In: **Agron. J.**, **92**: 1228-1236, 2000.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia preta em resposta à adubação nitrogenada e regime hídrico. In: **Pesq. Agropec. Bras.**, **36** (9): 1101-1106, 2001.
- BRANDÃO, V. dos S.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. da. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 98p.
- BRANDSÆTER, L. O.; OLSMO, A.; TRONSMO, A. M.; FYKSE, H. Freezing resistance of winter annual and biennial legumes at different developmental stages. In: **Crop Science** **42**: 437-443, 2002.
- BREDEMEIER, C. e MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, **30** (2): 365-372, 2000.
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T. e CANTARELLA, H. (ed.) **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.
- CALEGARI, A. Culturas de cobertura para plantio direto em solos argilosos. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 2. Passo Fundo, 1997. **Resumos**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1997. p 51-62.
- CALEGARI, A.; HECKLER, J. C.; SANTOS, H. P.; PITOL, C.; FERNANDES, F. M.; HERNANI, L. C.; GAUDÊNCIO, C. A. Culturas, sucessões e rotações. In: SALTON, J.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema plantio direto. O produtor pergunta, a embrapa responde**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p 59-80.
- CASAGRANDE, J. R. R. e FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. In: **Pesq. Agropec. Bras.**, **37** (1): 33-40, 2002.
- COELHO, A. M. e FRANÇA, G.E.de. **Seja doutor do seu milho: nutrição e adubação**. São Paulo: POTAFOS, 1995. (Informações Agronômicas, 71).
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da Agropecuária**, **12** (12), 2003. 60p.
- DEBARBA, L. e AMADO, T. J. C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no sul do Brasil com características de sustentabilidade. In: **R. Bras. Ci. Solo**, **21**: 473-480, 1997.
- DEMÉTRIO, R.; GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. de A.; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H.; CAMARGO, F. A. de O. Absorção de nitrogênio do solo pelo milho influenciada pela adição de diferentes resíduos de culturas. In: **Pesq. Agrop. Bras.**, **33** (4), 1998.

DENARDIN, J. E. e KOCHHANN, R. A. Requisitos para a implantação e manutenção do sistema. In: **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p 19-28.

DENTI, E. A. e REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência das podridões da base do colmo e no rendimento de grãos de milho. In: **Fitopatol. Bras.**, **26** (3): 635-639, 2001.

DERPSCH, R. e CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80p.

DERPSCH, R.; RITH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U.; KRAUSE, R.; BLANKEN, J. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Londrina: IAPAR, 1991. 269 p.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, A. C. de. Índice de colheita genético e as possibilidades da genética fisiológica para melhoramento do rendimento de milho. In: **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, **1** (1): 33-40, 2002.

FANCELLI, A. L. Fisiologia das plantas de milho em condições de safrinha. In: SHIOGA, P. S. e BARROS, A. S. do R. Seminário nacional de milho safrinha, 6. Londrina, 2001 (**Anais...**). Londrina: IAPAR, 2001. p 11-31.

FANCELLI, A. L. e DOURADO NETO, D. **Milho: Fisiologia da produção**. Piracicaba: ESALQ, POTAFOS, 1996. 29p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESALQ: FAEP, 1994. 227p.

FASSIO, A.; CAPRIQUIRY, A. I.; JOJO, C.; ROMERO, R. **Maiz: Aspectos sobre fenología**. Montevideo: INIA La Estanzuela, 1998. 51p. (Serie tecnica, 101).

FERNANDES, L. A.; VASCONCELLOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. de A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. In: **Pesq. Agrop. Bras.**, **34** (9): 1691-1698, 1999.

FERREIRA, A. C. de B.; ARAÚJO, G. A. de A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. In: **Scientia Agricola**, **58** (1): 131-138, 2001.

FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F. de; OLIVEIRA, V. de; SILVA, H. O. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. In: **Revista brasileira de milho e sorgo**, **1** (1): 105-111. 2002.

FORNASIERI FILHO, D. A. **A cultura do milho**. UNESP/FUNEP: Jaboticabal, 1992. 273 p.

- GAZZONI, D. L. e YORINORI, J. T. **Manual de identificação de pragas e doenças das soja**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 128p.
- HECKLER, J. C. e SALTON, J. C. **Palha: fundamento do sistema plantio direto**. Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2002. 26p. (Coleção Sistema Plantio Direto, 7).
- HERNANI, L. C. e SALTON, J. C. Conceitos. In: SALTON, J.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema plantio direto. O produtor pergunta, a embrapa responde**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p.15-20.
- HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C.; SALTON, J. C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 93p. (Documentos, 4).
- IBGE . Levantamentos sistemáticos de produção agrícola. Disponível: site SIDRA-sistema IBGE de recuperação automática (2003). URL: <http://www.sidra.ibge.gov.br> Consultado em 20 de junho de 2003.
- JACOBI, U. S. e FLECK, N. G. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo. In: **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **35** (1): 11-19. 2000.
- JACOBI, U. S. e FLECK, N.G. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no final do ciclo. In: **Planta daninha** **16** (2): 187-208. 1998.
- KANTHACK, R. A. D.; MASCARENHAS, H. A. A.; CASTRO, O. M. de; TANAKA, R. T. Nitrogênio aplicado em cobertura no milho após tremoço. In: **Pesq. Agropec. Bras.**, **26** (1): 99-104, 1991.
- KARLEN, D. L.; KRAMER, L. A.; LOGSDON, S. D. Field-scale nitrogen balances associated with long-term continuous corn production. In: **Agron. J.**, **90**: 644-650, 1998.
- KATSWAIRO, T. W. and COX, W. J. Tillage x rotation x management interactions in corn. In: **Agron. J.**, **92**: 493-500, 2000.
- KURIHARA, C. H.; FABRÍCIO, A. C.; PITOL, C.; STAUT, L. A.; KICHEL, A. N.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. e WIETHOLTER, S. Adubação. In: SALTON, J. C. **Sistema plantio direto. O produtor pergunta, a embrapa responde**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p.21-36.
- MAEDA, S.; KURIHARA, C.H.; FABRÍCIO, A.C. Calagem e adubação In: EMBRAPA-CPAO. **Milho: informações técnicas** (circular técnica, 5), Dourados, 1997. pp 68-83.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2002. 23p. (Circular técnica, 22).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. .C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

- MAR, G. D. do. **Efeitos de doses e épocas de aplicação de uréia no milho safrinha.** Dourados: UFMS, 2001. 66f. (Dissertação de mestrado)
- MARQUES, T. C. L. L. de S. e M.; VASCONCELLOS, C. A.; PEREIRA FILHO, I.; FRANÇA, G. E. de; CRUZ, J. C. Envolvimento de dióxido de carbono e mineralização de nitrogênio em latossolo vermelho escuro com diferentes manejos. In: **Pesq. Agrop. Bras.**, **35** (3): 581-589, 2000.
- MELLO, F. A. F. ; BRASIL S., M. O. C ; ARZOLLA, S. ; SILVEIRA, R.I. ; NETTO, A. C. ; KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo.** São Paulo: Nobel, 1989. 400p.
- MELO FILHO, G.A.de. e RICHETTI, A. **Estimativa de custo de produção de milho 1ª safra, 2001/02, em Mato Grosso do Sul.** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 2001. 4 p. (Comunicado Técnico 42).
- MELO FILHO, G.A.de. e RICHETTI, A. **Estimativa de custo de produção de milho 1ª safra, 2002/03, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 2002. 6 p. (Comunicado Técnico 57).
- MELO FILHO, G.A.de. e RICHETTI, A. **Estimativa de custo de produção de milho 1ª safra, 2003/04, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 2003. 6 p. (Comunicado Técnico 79).
- MENDONÇA, F. C.; MEDEIROS, R. D. de; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, A. Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. In: **Scientia Agricola**, **56** (4): 1035-1044, 1999.
- MERCANTE, F. M. **Os microorganismos do solo e a dinâmica da matéria orgânica em sistemas de produção de grãos e pastagem.** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 2001. 14p. (Coleção Sistema Plantio Direto, 5).
- MOREIRA, M. A.; ANGULO FILHO, R.; RUDORFF, B. F. T. Eficiência do uso da radiação e índice de colheita em trigo submetido a estresse hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento. In: **Sci. Agric.**, **56** (3): 597-603, 1999.
- NIEVES, H. F. e NERVÁREZ, C. G. **El maíz em Venezuela.** Caracas: Fundacion Polar, 2000. 529 p.
- OHLAND, R. A. A. **Adubos verdes e nitrogênio em cobertura na cultura do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto.** Dourados: UFMS, 2002. 41f. (Dissertação de mestrado).
- PEDROSA, E. M. R. e MOURA, R. M. Efeito do plantio contínuo de genótipos resistentes de soja na recuperação de *Meloidogyne arenaria* raça 1. In: **Fitopatol. Bras.**, **26** (1): 93-94, 2001.
- PEREIRA, S. L.; ARAÚJO, G. A. de A.; SEDIYAMA, C. S.; VIEIRA, C.; MOSQUIM, P. R. Efeito da adubação nitrogenada e molibídica sobre a cultura do milho. In: **Ciênc. Agrotec.**, **23** (4): 791-799, 1999.
- PITOL, C. Espécies para cobertura do solo no Mato Grosso do Sul. In: **Plantio direto no Brasil.** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p 163-166.

- PÖTTKER, D. e ROMAN, E. S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. In: **Pesq. Agrop. Bras.**, **29** (5): 763-770, 1994.
- RAIJ, B. van., **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba : Ceres; Potafós, 1991. 343p.
- RANGEL, M. A. S.; MARANHO, E.; SILVA, F. de O. **Utilização da aveia preta para fenação ou cobertura do solo: implicações no sistema de produção**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 2001. 4p. (Circular técnica 8).
- REIS, E. M. Recomendações para o manejo de culturas visando o controle de doenças sob plantio direto. In: Conferência anual de plantio direto, 1. Passo Fundo, 1996. **Resumos**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1996. p 57-58.
- REIS, E. M. e FORCELINI, C. A. Controle cultural. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1. p 710-716.
- SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo. In: **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p 37-60.
- SAINJU, U. M.; SINGH, B. P.; WHITEHEAD, W. F. Cover crop root distribution and its effects on soil nitrogen cycling. In: **Agron. J.**, **90**: 511-518, 1998.
- SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; WOBETO, C. Riscos de sistemas de rotação de culturas de inverno e verão sob plantio direto. **Ciência Rural**, **30** (1): 37-42, 2000.
- SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; IGNACZAK, J. C.; SCHNEIDER, G. A. Conversão e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, **31** (2): 191-198, 2001.
- SILVA, C. G. da. **Perdas de solo e água em sistemas de plantio direto e convencional**. Dourados: UFMS, 2003. (Dissertação de Mestrado).
- SINDIRAÇÕES. Sindicato nacional da indústria de alimentação animal. Disponível: site SINDIRAÇÕES 2003. URL: <http://www.sindiracoes.com.br/estat/index.asp> Consultado em 30 de novembro de 2003.
- SPAGNOLLO, E.; BAYER, C.; WILDNER, L. P.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A.; NADAL, R. Análise econômica do uso de leguminosas estivais intercalares à cultura do milho, na ausência e na presença de adubação nitrogenada, no oeste de Santa Catarina. In: **R. Bras. Ci. Solo**, **25**: 709-715, 2001.
- TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Editora Agropecuária, 1997. 247 p.
- TORBERT, H. A.; POTTER, K. N.; MORRISON Jr., J. E. Tillage system, fertilizer nitrogen rates, and timing effects on corn yields in the Texas blackland prairie. In: **Agron. J.**, **93**: 1119-1124, 2001.

TORBERT, H. A.; REEVES, D. W.; MULVANEY, R. L. Winter legume cover crop benefits to corn: rotation vs. fixed-nitrogen effects. In: **Agron. J.**, **88**: 527-535, 1996.

TRENTO, S. M.; IRGANG, H. H.; REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. In: **Fitopatol. Bras.**, **27** (6): 609-613, 2002.

VYN, T. J.; FABER, J. G.; JANOVIECEK, K. J.; BEAUCHAMP, E. G. Cover crop effects on nitrogen availability to corn following wheat. In: **Agron. J.**, **92**: 915-924, 2000.

WIETHÖLTER, S. Nitrogênio no solo sob plantio direto. **Revista plantio direto** **58**: 38-42, 2001.

ANEXO

Dados originais coletados em cada sub-parcela

Bloco	Parcela	Sub-Parcela	altura de planta	Díâmetro de colmo	índice de colheita	produtividade	grãos por espiga	comprimento da espiga	díâmetro da espiga	massa de 100 grãos	nitrogênio na folha	nitrogênio nos grãos
1	1	1	1,64	17,80	0,49	6256,36	451,20	17,60	45,80	34,20	21,00	13,44
1	1	2	1,76	20,00	0,48	6330,01	423,20	17,50	47,40	36,52	21,84	12,60
1	1	3	1,79	18,20	0,56	7812,90	475,20	18,40	46,40	38,47	29,96	15,12
1	1	4	1,75	18,80	0,53	9428,65	491,20	18,90	47,40	37,08	28,28	14,84
1	1	5	1,76	18,60	0,51	5963,53	433,20	18,40	46,60	37,18	29,40	14,84
1	1	6	1,84	21,00	0,51	8453,86	492,40	18,50	46,20	39,33	27,16	15,96
1	2	1	1,87	18,20	0,50	8638,10	469,60	16,90	45,60	36,79	24,64	14,56
1	2	2	1,89	20,20	0,56	7642,27	474,40	18,20	44,40	34,73	26,60	14,56
1	2	3	1,94	19,20	0,58	7815,19	500,00	16,90	44,20	36,44	28,84	14,56
1	2	4	1,96	19,20	0,47	7853,90	474,40	17,90	45,20	38,28	31,92	17,08
1	2	5	1,81	19,40	0,53	7383,16	409,60	18,00	47,40	36,49	29,96	15,40
1	2	6	1,86	17,80	0,58	8490,54	478,00	18,30	48,00	37,89	26,32	17,64
1	3	1	1,75	15,40	0,54	7065,25	504,80	18,70	46,60	32,10	28,56	13,44
1	3	2	1,74	17,60	0,55	7367,92	488,80	17,70	46,60	33,03	28,00	13,44
1	3	3	1,78	19,20	0,57	8074,84	408,00	18,30	47,40	36,62	29,96	14,56
1	3	4	1,96	18,80	0,59	7045,82	473,60	18,10	46,40	33,86	31,08	15,68
1	3	5	1,73	17,80	0,55	6935,90	464,40	18,70	45,40	36,97	30,80	17,64
1	3	6	1,92	18,40	0,57	7639,44	460,80	17,50	46,00	34,82	30,24	17,08
2	1	1	1,79	16,20	0,49	6365,08	423,60	14,40	44,80	37,07	24,92	12,88
2	1	2	1,73	17,00	0,50	5731,27	376,40	15,50	43,20	33,10	23,52	12,04
2	1	3	1,71	16,60	0,49	8322,75	468,00	18,90	46,20	37,58	27,72	13,72
2	1	4	1,82	20,60	0,44	9355,54	500,40	19,60	47,80	38,01	27,72	13,72
2	1	5	1,55	18,80	0,48	8163,72	473,20	20,80	49,40	39,45	33,32	15,12
2	1	6	1,88	18,80	0,50	8178,02	498,80	17,50	44,40	34,71	29,40	15,68
2	2	1	1,93	18,00	0,48	7785,92	457,60	16,50	46,00	36,07	25,20	13,44
2	2	2	1,82	18,60	0,60	8236,02	424,40	18,80	46,20	36,78	28,00	12,88
2	2	3	1,73	17,40	0,56	7190,96	453,60	17,40	45,20	35,99	29,12	14,84
2	2	4	1,94	20,60	0,43	8922,84	490,40	16,90	47,00	35,83	31,08	15,40
2	2	5	1,78	17,00	0,54	7426,87	451,20	18,90	47,00	35,29	29,40	17,08

Continuação

Bloco	Parcela	Sub-Parcela	altura de planta	Diâmetro de colmo	índice de colheita	produtividade	grãos por espiga	comprimento da espiga	diâmetro da espiga	massa de 100 grãos	nitrogênio na folha	nitrogênio nos grãos
2	2	6	1,92	18,00	0,62	8759,90	468,40	17,90	46,20	46,78	29,68	15,12
2	3	1	1,83	15,80	0,54	6673,01	458,80	15,20	44,80	33,79	26,60	11,76
2	3	2	1,91	18,40	0,63	7289,83	523,20	16,10	45,20	33,03	31,92	12,60
2	3	3	1,74	16,20	0,61	7482,30	457,60	17,10	45,20	34,62	30,80	14,84
2	3	4	1,89	17,20	0,48	7424,98	460,40	17,80	44,20	32,06	29,96	15,96
2	3	5	1,71	18,80	0,61	7537,06	478,00	17,40	44,40	37,39	32,76	16,52
2	3	6	1,90	17,00	0,56	7495,65	484,00	16,40	47,60	33,66	32,48	15,96
3	1	1	1,47	17,40	0,53	4974,85	321,20	14,40	41,20	28,11	17,36	11,20
3	1	2	1,83	17,40	0,44	7034,09	402,40	17,70	44,60	33,56	23,80	12,60
3	1	3	1,78	16,20	0,50	7722,12	456,00	17,30	46,20	35,34	27,44	13,44
3	1	4	1,79	19,00	0,60	8207,70	506,40	16,90	47,40	35,59	28,00	14,56
3	1	5	1,94	18,60	0,48	8873,20	494,00	20,90	47,40	37,85	25,20	14,56
3	1	6	1,78	16,40	0,49	8744,93	551,60	18,00	47,60	38,80	30,80	15,40
3	2	1	1,93	16,80	0,41	6655,48	437,60	14,50	42,40	32,24	25,20	12,60
3	2	2	1,94	18,80	0,49	8664,95	494,00	17,90	47,20	38,29	25,20	13,72
3	2	3	1,85	17,40	0,56	7047,71	426,80	18,90	46,60	33,44	-	14,84
3	2	4	1,89	18,20	0,53	7772,57	445,60	16,80	44,40	35,26	31,36	17,08
3	2	6	1,87	17,00	0,56	8219,70	514,80	18,20	46,20	38,81	29,40	16,52
3	3	1	1,72	17,60	0,52	7289,69	475,20	16,60	45,20	36,52	29,40	12,60
3	3	3	1,99	18,20	0,50	8193,40	488,00	16,90	47,20	35,50	32,20	15,96
3	3	4	1,88	18,20	0,58	8694,35	448,40	17,40	47,20	37,43	32,48	16,24
3	3	5	1,92	17,20	0,48	7847,43	506,80	17,50	45,20	31,79	29,96	15,12
3	3	6	1,87	17,20	0,51	7974,35	492,80	15,50	45,60	36,83	25,48	16,24
4	1	1	1,65	17,80	0,49	5139,54	324,40	15,40	45,20	31,90	24,92	11,48
4	1	2	1,78	17,20	0,47	6640,64	407,60	15,80	44,60	34,22	26,04	12,04
4	1	3	1,96	19,00	0,71	7215,24	411,20	18,00	47,00	34,83	29,68	11,76
4	1	4	1,81	19,80	0,51	8681,67	479,20	17,60	46,40	36,17	28,56	14,00
4	1	5	1,91	19,20	0,54	9118,15	506,40	18,40	46,20	36,55	30,24	16,52
4	1	6	1,92	20,00	0,48	8440,50	494,40	19,80	48,20	36,29	28,00	15,40
4	2	1	1,88	15,80	0,60	6501,58	416,00	17,30	47,60	34,30	23,52	13,72
4	2	2	1,88	16,20	0,63	7181,52	444,00	15,80	44,80	33,82	26,04	14,00
4	2	3	1,91	17,00	0,54	7247,74	417,20	16,90	46,20	33,81	28,00	15,40
4	2	4	1,84	17,20	0,55	6971,37	436,80	17,50	44,40	34,80	28,84	15,68
4	2	5	1,86	18,20	0,58	7204,45	461,60	19,10	45,00	34,63	28,00	16,24
4	2	6	1,90	18,20	0,55	8402,74	436,80	19,60	46,80	37,09	27,44	15,96
4	3	1	1,72	18,60	0,63	7224,41	436,40	17,70	46,00	34,34	28,00	12,32
4	3	2	1,83	15,80	0,58	7100,59	402,80	16,40	44,40	32,24	29,96	12,60
4	3	3	1,87	17,00	0,53	7002,93	443,20	16,80	44,20	32,27	27,16	14,28
4	3	4	1,76	17,60	0,56	7936,58	472,80	17,50	46,00	34,63	28,28	15,96
4	3	5	1,84	18,80	0,55	7443,05	434,80	18,50	45,00	34,49	31,64	16,24
4	3	6	1,91	17,60	0,57	7514,13	438,40	17,70	43,80	35,79	30,80	17,64
5	1	1	1,65	15,40	0,48	4283,31	321,60	13,00	43,80	30,20	19,32	12,04
5	1	2	1,76	16,40	0,47	4759,04	405,20	12,40	43,80	30,29	21,28	10,08
5	1	3	1,94	18,20	0,58	7224,41	443,20	18,10	46,40	33,15	26,04	12,88
5	1	4	1,82	21,40	0,50	9133,26	570,40	17,40	48,40	36,24	29,96	14,56
5	1	5	1,75	17,00	0,54	7195,68	455,60	16,40	46,00	33,59	28,28	14,84
5	1	6	1,80	16,60	0,51	7905,02	476,40	19,50	47,00	35,00	29,40	16,80

Continuação

Bloco	Parcela	Sub-Parcela	altura de planta	Diâmetro de colmo	índice de colheita	produtividade	grãos por espiga	comprimento da espiga	diâmetro da espiga	massa de 100 grãos	nitrogênio na folha	nitrogênio nos grãos
5	2	1	1,84	18,80	0,59	7444,00	415,20	16,60	45,00	35,23	24,92	12,32
5	2	2	1,87	17,80	0,55	7196,76	440,00	18,00	43,60	33,15	26,88	14,28
5	2	3	1,84	18,00	0,56	7694,88	420,40	18,70	45,60	35,13	28,00	14,56
5	2	4	1,80	15,60	0,75	7976,10	446,00	16,70	45,40	33,82	27,16	16,24
5	2	5	1,95	17,80	0,52	7604,91	400,80	16,50	46,40	36,30	29,68	17,92
5	2	6	1,86	17,00	0,50	7926,33	420,00	17,20	46,80	36,91	29,40	17,36
5	3	1	1,91	18,20	0,49	7672,22	429,60	17,20	44,80	35,01	27,72	12,60
5	3	2	1,67	17,20	0,48	7106,66	485,20	17,60	44,80	34,63	28,00	13,44
5	3	3	1,82	17,40	0,50	8364,16	459,20	17,80	48,20	37,60	31,64	16,24
5	3	4	1,76	18,60	0,52	8533,30	478,40	15,20	47,00	36,63	28,56	16,52
5	3	5	1,87	18,80	0,53	8871,58	480,40	17,50	45,80	36,41	29,68	16,52
5	3	6	1,87	19,00	0,46	8773,66	501,20	18,60	50,00	38,79	31,36	17,08
6	1	1	1,52	15,60	0,47	4500,60	334,80	14,70	45,80	30,85	21,00	11,76
6	1	2	1,80	15,60	0,60	6545,14	470,00	15,70	45,40	32,38	22,40	11,76
6	1	3	1,79	16,60	0,54	5546,61	354,40	16,70	45,00	34,05	26,04	12,04
6	1	4	1,70	17,40	0,55	6722,78	499,20	15,60	44,40	33,35	29,68	14,56
6	1	5	1,90	19,00	0,51	8520,89	483,20	17,60	47,60	35,60	27,44	14,84
6	1	6	1,82	17,20	0,52	7216,99	485,20	14,50	44,20	34,13	31,08	14,56
6	2	2	1,89	19,20	0,50	7037,87	434,40	18,30	45,80	33,16	28,28	14,00
6	2	3	1,72	17,00	0,43	8193,40	469,60	17,60	45,00	35,52	29,40	15,12
6	2	4	1,84	17,00	0,50	7140,51	449,60	15,00	44,20	35,55	31,36	15,68
6	2	5	1,92	18,00	0,46	7195,41	459,60	17,20	45,80	36,33	29,40	16,80
6	2	6	1,92	17,60	0,58	7428,75	486,80	17,60	44,60	36,68	28,84	16,80
6	3	2	1,79	16,20	0,48	7646,59	480,40	16,90	44,20	34,35	28,84	12,88
6	3	3	1,91	18,40	0,44	8475,98	426,00	18,10	46,20	36,13	29,68	16,24
6	3	4	1,81	17,20	0,52	8242,63	512,80	19,30	46,00	34,93	29,12	16,24
6	3	5	1,94	20,00	0,48	8821,95	467,20	18,40	47,00	36,02	30,80	15,68
6	3	6	1,78	17,80	0,51	7877,10	472,40	16,60	45,00	33,98	32,20	15,68

Legenda da coluna das parcelas

Parcelas	Cultura antecessora
1	Aveia preta
2	Ervilhaca peluda
3	Nabo forrageiro

Legenda da coluna das sub-parcelas

Sub-parcelas	Dose de N (kg ha ⁻¹)
1	zero
2	50
3	100
4	150
5	200
6	250