



UNESP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

1210001214



**Níveis e Épocas de Aplicação de Nitrogênio
na Cultura do Milho em Plantio Direto na
Região de Cerrado
Aluno: Edson Cabral da Silva
Orientador: Salatiér Buzetti**

Te.1214

**NÍVEIS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO
NA CULTURA DO MILHO EM PLANTIO DIRETO NA
REGIÃO DE CERRADO**

EDSON CABRAL DA SILVA
Engenheiro Agrônomo

**ILHA SOLTEIRA
Estado de São Paulo – Brasil
Março - 2001**

BCpIS - FEIS - UNESP



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

NÍVEIS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA
CULTURA DO MILHO EM PLANTIO DIRETO NA REGIÃO
DE CERRADO

EDSON CABRAL DA SILVA
Engenheiro Agrônomo



Prof. Dr. SALATIÉR BUZETTI
Orientador

Prof. Dr. EDSON LAZARINI

Prof. Dr. JOÃO ANTÔNIO DA COSTA ANDRADE

Prof. Dr. MARCO EUSTÁQUIO DE SÁ

Co-orientadores

Dissertação apresentada à Faculdade
de Engenharia da Universidade
Estadual Paulista, Campus de Ilha
Solteira, para obtenção do Título de
Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Sistemas de Produção.

Proc. 040/2001 - VPD 93/01

UNESP - "CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"	
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO	
13/09/01	28/09/01
Ailza	Te. 1214
Assinatura	Assinatura
Assinatura	Assinatura
R\$ 10,00	

ILHA SOLTEIRA
Estado de São Paulo – Brasil
Março – 2001

S586n Silva, Edson Cabral da
Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto na região de cerrado / Edson Cabral da Silva -- Ilha Solteira, 2001
xiii, 83p. il. ; 31cm

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de concentração: Sistemas de Produção, 2001

Orientador: Salatiér Buzetti

Co-Orientadores: Edson Lazarini, João Antônio da Costa Andrade, Marco Esutáquio de Sá

Bibliografia: p.65-76

1.Nitrogênio mineral 2.Nitrogênio total 3.Eficiência técnica 4.Eficiência econômica 5.Vegetação de cerrado 6.Milho 7.Plantio direto

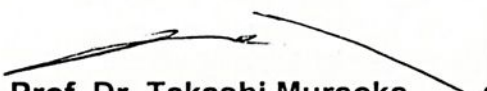
“Níveis e Épocas de Aplicação de Nitrogênio na Cultura do Milho em Plantio Direto na Região de Cerrado”

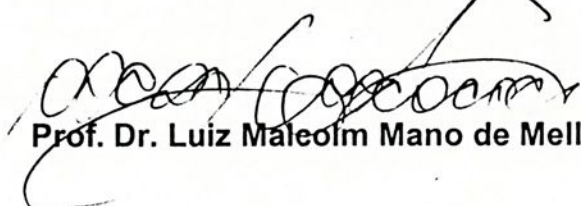
Edson Cabral da Silva

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE
ILHA SOLTEIRA – UNESP COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE MESTRE EM AGRONOMIA**

COMISSÃO EXAMINADORA:


Prof. Dr. Salatiér Buzetti
Orientador


Prof. Dr. Takashi Muraoka


Prof. Dr. Luiz Malcolm Mano de Mello

**Ilha Solteira – SP
março de 2001**

A **DEUS**, aos meus pais, **Orlando**
e **Antônia** e à minha esposa
Lázara Maria, por todo amor,
incentivo e dedicação para eu
atingir os meus ideais,

DEDICO

Aos meus irmãos Eleuza, Sebastião,
Euzamar (*in memorium*), Adelson,
Maria Helena, Edmar e a todos meus
sobrinhos e cunhados, pelo apoio,
incentivo e amizade,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Para que a presente Dissertação pudesse evoluir e ser concluída foi necessária a participação de instituições e de pessoas, às quais, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos.

Ao Professor Dr. Salatiér Buzetti, pela orientação, ensinamentos, exemplos e amizade e, acima de tudo, pelo brilhante profissionalismo demonstrado ao longo do curso;

À Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, pela concessão da vaga e pelas condições de trabalho oferecidas ao longo do curso;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da Bolsa e Reserva Técnica (Processo 98/13753-5), possibilitando a realização desta pesquisa;

A todos docentes do Programa de Pós-graduação em Agronomia da FEIS/UNESP, em especial aos professores Edson Lazarini, Marco Eustáquio de Sá e João Antônio da Costa Andrade, pelos ensinamentos e amizade;

Aos amigos da Pós-Graduação: Geovane, Horácio, Ananda, Cassiano, Maria Luíza, Zigomar, Sônia, Maria Marta, Fernando, Ricardo, Cláudio Ricardo, Fernando Azevedo, Ary Gertes, Fabiano Andrei, José Weselli, Vicente, Daniela Campos, Daniela Zanetta, Neli Cristina, Flávia, Simone, Simão, Pedro, Adriana Junqueira, André Luiz, Alessandra, Débora, Cristiane, Wilson e Arnaldo, pelo companheirismo e pelos bons momentos que me proporcionaram, fundamentais ao êxito do curso;

À minha grande amiga Patrícia Kompier e sua família, pelo apoio, incentivo e amizade;

Aos meus colegas de Gradação em especial a Anderson Gonzales, Paulo Scariot e Rita Aparecida, pelo apoio e amizade;

Aos Professores da Escola Agrotécnica Federal de Rio Verde-GO, pelos ensinamentos, exemplos e amizade;



Aos Professores e Funcionários da Escola Superior de Ciências Agrárias de Rio Verde-GO, pelos ensinamentos, amizade e apoio ao longo da minha caminhada Acadêmica;

Aos técnicos de laboratório da FEIS/UNESP: André, Carlinhos, João, Ricardo e Valdivino, pela ajuda ao longo do curso;

Aos funcionários da Biblioteca Central da FEIS/UNESP, pelo excelente atendimento;

A Arlindo Avanso Urzulin e Maria de Fátima Sabino, da Seção de Pós-graduação da FEIS/UNESP, pelo bom atendimento e amizade;

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da FEIS/UNESP, companheiros nos trabalhos de campo, por tudo que contribuíram na realização desta pesquisa;

A Ilha Solteira, por tudo de bom que me proporcionou durante o curso;

A todos que direto ou indiretamente contribuíram para realização dessa Dissertação, meus sinceros agradecimentos.



SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 - Nitrogênio no solo, na planta e utilização da uréia.....	3
2.2 - Manejo da adubação nitrogenada na cultura milho no sistema plantio direto...6	
2.3 - Dinâmica das formas de nitrogênio no solo sob sistema plantio direto.....9	
2.4 - Plantas de cobertura no sistema plantio direto.....	14
2.5 - Atributos físicos do solo no sistema plantio direto.....	15
3 - MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Localização e caracterização da área experimental.....	18
3.2. Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos	18
3.3. Instalação e condução do experimento.....	21
3.4. - Parâmetros avaliados.....	22
3.4.1. Estado nutricional da planta	22
3.4.2. Stand inicial e final	23
3.4.3. Altura de planta e altura de inserção da espiga.....	23
3.4.4. Acamamento	23
3.4.5. Número de fileiras de grãos/espiga e número de grãos/fileira	23
3.4.6. Ocorrência de doenças	23
3.4.7. Massa média de 1000 grãos.....	24
3.4.8. Produtividade de grãos.....	24
3.4.9. Teor de N nos grãos	24
3.4.10. Avaliações químicas e físicas do solo.....	24
3.4.11. Teor de N total no solo	25
3.4.12. Teor de N mineral no solo	25
3.4.13. Avaliação da produtividade de matéria seca do milheto.....	25
3.5. Análise estatística dos dados.....	26



4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5 – CONCLUSÕES	64
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
Anexo 01.....	78
Anexo 02.....	81

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
01. Teores médios de P, K, Ca, Mg e S da análise foliar na época do florescimento, referentes a níveis e épocas de aplicação de N, cultivo 1998/99.....	38
02. Teores médios de P, K, Ca, Mg e S da análise foliar na época do florescimento, referentes a níveis e épocas de aplicação de N, cultivo 1999/00.....	38
03. Teores médios de B, Cu, Fe, Mn e Zn da análise foliar na época do florescimento, referentes a níveis e épocas de aplicação de N, cultivo 1998/99.....	39
04. Teores médios de B, Cu, Fe, Mn e Zn da análise foliar na época do florescimento, referentes a níveis e épocas de aplicação de N, cultivo 1999/00.....	39
05. Dados de produtividade de matéria seca do milho na época do florescimento, Novembro de 1999.....	40
06. Dados de produtividade de matéria seca do milho na época do florescimento, Novembro de 2000.....	41
07. Médias de NO_3^- no solo referentes ao desdobramento de ano versus níveis de N, cultivo 1998/99.....	48
08. Médias de NO_3^- no solo referentes ao desdobramento de ano versus níveis de N, cultivo 1999/00.....	48
09. Médias de N mineral no solo referentes ao desdobramento de ano versus níveis de N, cultivo 1998/99.....	49
10. Médias de N mineral no solo referentes ao desdobramento de ano versus níveis de N, cultivo 1999/00.....	49

NÍVEIS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO EM PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE CERRADO

AUTOR: Edson Cabral da Silva

ORIENTADOR: Prof. Dr. Salatiér Buzetti

RESUMO

O manejo do nitrogênio no sistema plantio direto passa, necessariamente, pelo planejamento racional do uso dos resíduos vegetais, visando a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Com objetivo de avaliar o melhor nível e época de aplicação do N, na forma de uréia, na cultura do milho em plantio direto, durante dois anos (safra 1998/1999 e 1999/2000) com cultivo de milheto na entressafra produção de palha, foi conduzido um estudo na fazenda experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico originalmente recoberto por vegetação de cerrado, cultivado há 18 anos com plantio convencional e um ano no sistema plantio direto com culturas anuais (arroz, feijão, milho e soja). O delineamento experimental foi o em blocos casualizados, com 19 tratamentos e 4 repetições em um esquema fatorial incompleto $6 \times 3 +$ testemunha, ou seja, 6 combinações de épocas de aplicação de N (todo na semeadura, todo no estágio 4 a 6 folhas, todo no estágio 8 a 10 folhas, $\frac{1}{2}$ na semeadura + $\frac{1}{2}$ no estágio 4 a 6 folhas, $\frac{1}{2}$ na semeadura + $\frac{1}{2}$ no estágio 8 a 10 folhas e, $\frac{1}{2}$ no estágio 4 a 6 folhas + $\frac{1}{2}$ no 8 a 10 folhas) e, 4 níveis de N: 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹. Para solo foram avaliadas as camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, estudando-se as características químicas (pH, MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, CTC, V%, B, Cu, Fe, Mn, Zn, NH₄⁺, NO₃⁻, N mineral e N total) e físicas (macro, micro, porosidade total e densidade do solo) e para planta o estado nutricional na época do florescimento (macronutrientes e B, Cu, Fe, Mn e Zn), ocorrência de doenças, altura de plantas, altura de espigas, índice de acamamento, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa de 1000 grãos, estande inicial e final, teor de N no grão e produtividade de grãos. Houve aumento no valor de pH e nos teores de cálcio, magnésio, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação



de bases, em função da calagem superficial. Observou-se uma redução na macroporosidade e aumento na densidade do solo, sendo mais acentuado na camada de 0 a 10 cm. Houve um incremento no teor de N total no solo no segundo ano, ocorrendo diferença significativa entre as camadas estudadas, com maior teor nas camadas superiores. O teor de NH_4^+ não diferiu nas 3 camadas estudadas, O teor de NO_3^- foi superior na camada de 0 a 10 cm, diferindo estatisticamente da camada de 10 a 20 cm e 20 a 40 cm, as quais também diferiram entre si. O teor de N mineral foi superior na camada 0 a 10 cm, diferindo estatisticamente das demais camadas estudadas, as quais não diferiram entre si. Os teores de N mineral no solo, nos dois anos avaliados, foram superiores no primeiro ano e o de NO_3^- no segundo ano. Com relação a ano o teor de NH_4^+ foi superior ao de NO_3^- , em ambos os anos, sendo mais acentuado no primeiro ano. Quanto às épocas de aplicação do N, não se observou diferença significativa entre as mesmas para todas as formas de N no solo. Para os níveis de N no solo os dados se ajustaram à equação quadrática para NH_4^+ , NO_3^- e N mineral e linear para N total. Houve interação de ano versus níveis de N para NO_3^- e N mineral e, ambos os dados se ajustaram a uma equação quadrática. A produtividade de matéria seca do milho foi de 4,7 t ha⁻¹ no ano 1999 e de 6.4 t ha⁻¹ no ano 2000. Para os componentes de planta e produção avaliados, só não foi observado efeito significativo de níveis de N para o estande inicial e final. Para épocas de aplicação do N foi observado efeito significativo para altura de planta, altura de espiga, teor de N na folha e produtividade de grãos. Quanto a ano nas variáveis avaliadas, só não foi observado efeito significativo para o teor de N nos grãos. Todos componentes de planta e produção, exceto o estande inicial, tiveram correlação significativa e positiva com a produtividade de grãos. Como resultado da produtividade de grãos verificou-se que a melhor época de aplicação de N foi ½ na semeadura e o restante no estágio 4 a 6 folhas não diferindo estatisticamente da aplicação de ½ na semeadura e o restante no estágio 8 a 10 folhas e, todo N no estágio 4 a 6 folhas. Para níveis de N os dados se ajustaram a equação quadrática e a dose 166 kg ha⁻¹ proporcionou a máxima eficiência técnica para produtividade de grãos, sendo que a máxima eficiência econômica, considerando a relação preço do fertilizante/preço do produto de 9,25/1 foi alcançada com a dose de 126 kg ha⁻¹ de N.

Palavras chave: nitrogênio mineral, nitrogênio total, eficiência técnica, eficiência econômica, vegetação de cerrado, milho.

NITROGEN RATE AND TIMES OF APPLICATION ON CORN IN NO TILLAGE SYSTEM IN CERRADO SOIL

AUTHOR: Edson Cabral of Silva

ADVISOR: Prof. Dr. Salatiér Buzetti

SUMMARY

For the management nitrogen in no tillage system the crop residues should be used rationally in order to improve the physical, chemical and biological characteristics of the soil. With the aim of evaluating rate and application times of nitrogen, as urea, on corn cropped in no tillage system under cerrado soil, for two agricultural years (1998/1999 and 1999/2000) and millet grown during the fallow to provide straw, this study was set up at Experimental Station of FEIS/UNESP – Ilha Solteira campus, located in Selvíria county – MS. Soil is a clayey dystrophic dark red latosol, previously under cerrado vegetation and cropped for 18 years in the conventional system of soil management and one year in no tillage system, with annual crops (rice, bean, corn and soybean). The experimental design was a randomized complete blocks, with 19 treatments and 4 replications in an incomplete factorial $6 \times 3 + \text{control}$, being 6 combinations of N application times (total at seeding, total at 4 to 6 leaf stage, total at 8 to 10 leaf stage, $\frac{1}{2}$ at seeding + $\frac{1}{2}$ at 4 to 6 leaf stage, $\frac{1}{2}$ at seeding + $\frac{1}{2}$ at 8 to 10 leaf stage and, $\frac{1}{2}$ at 4 to 6 leaf stage + $\frac{1}{2}$ at 8 to 10 leaves) and, 4 rates of N: 0, 60, 120, 180 kg.ha⁻¹. To soil samples were taken from the layers of 0-10, 10-20 and 20-40 cm for evaluation of chemical characteristics (pH, OM, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, CTC, V%, B, Cu, Fe, Mn, Zn, NH₄⁺, NO₃⁻, mineral-N and total-N), physics characteristics (macroporosity, microporosity, total porosity and bulk density). Plants were analyzed for nutrient contents at flowering time (macronutrients and B, Cu, Fe, Mn and Zn), occurrence of diseases, plant height, ear height, falling index, grain lines per ear, grains per ear, mass of 1000 grains, initial and final stand, N content in the grains and grain yield. There was increase in the pH value, calcium and magnesium content, sum of bases, cation change capacity and base saturation, as a function of surface liming. Reduction was observed for macroporosity and increase in bulk density, being



more evident in the 0 to 10 cm layer. Total-N in the soil was increased in the second year, occurring significant difference among the studied layers, with higher value in the upon layers. The NH_4^+ content did not differ in the 3 studied layers. The NO_3^- content was highest in the upon layer, and the 10 to 20 cm layer presented higher value than the 20 to 40 cm layer. Mineral N was highest in the 0 to 10 cm layer, but no differences in the other layers. The N mineral in the soil was higher in the first year, and the NO_3^- in the second year. Within the year, the NH_4^+ was higher than the NO_3^- , in both years, being more accentuated in the first year. There was no significant difference among application times for all the forms of N in the soil. The data of NH_4^+ , NO_3^- and mineral N affected by N rates adjusted to a quadratic equation, and to linear function the total-N. There were interaction years versus rates of N to NO_3^- and mineral-N and both data adjusted to a quadratic equation. The productivity of dry matter of the millet was 4.7 t ha^{-1} in the 1999, and of 6.4 t ha^{-1} , in the 2000. Among the plant components and grain yield, significant effect of N rate was only not observed to initial and final stand. The N application times significantly affected the plant height, ear height, N content in the leaf and grain yield. With respect to year, significant effect was only not observed for N content in the grains. All plant components and yield, except the initial stand, had significant and positive correlation with the grain yield. Considering the grain yield the best N application time was $\frac{1}{2}$ at seeding and the remaining in the stage of 4 to 6 leaves, although it did not differ statistically with the application $\frac{1}{2}$ at seeding and the remaining at stage from 8 to 10 leaves and total N application at 4 to 6 leaf stage. For the N rate the data fit to a quadratic function and the maximum technical efficiency of grain yield was reached with 166 kg ha^{-1} of N, and the maximum economical efficiency, considering the fertilizer cost and corn price ratio of 9.25 1 reached with 126 kg ha^{-1} of N. -

Key words: mineral-N, total N, economical efficiency, technical efficiency, cerrado vegetation, corn.



1 – INTRODUÇÃO

A adoção do sistema plantio direto (SPD) no Brasil teve um aumento exponencial na década de 90, chegando na atualidade a uma abrangência de aproximadamente 13 milhões de hectares, dos quais, 3,5 milhões encontram-se em solo originalmente recoberto por vegetação de cerrado. A grande aceitação desse sistema de cultivo levanta importantes desafios para pesquisadores, técnicos e aos próprios produtores, no que se refere ao manejo quantitativo e qualitativo de nutrientes, principalmente o nitrogênio, visando aumentar a eficiência dos adubos com maior utilização pelas plantas, reduzindo as perdas nos sistemas conservacionistas. Isto é parte fundamental do conceito de “Agricultura Sustentável”.

Os solos de cerrado, em condições naturais, apresentam baixa produtividade devido à elevada saturação de alumínio, baixos teores da maioria nutrientes minerais de plantas, baixos teores de matéria orgânica, conferindo-lhes baixa CTC, e alta capacidade de fixação de fósforo. O emprego efetivo do SPD, em função de suas prerrogativas básicas, mostra-se muito importante e eficiente para as regiões tropicais e subtropicais exploradas com agricultura, possibilitando uma eficiente ciclagem biológica, levando à maior conservação de nutriente no solo.

A formação e manutenção da cobertura morta nos trópicos, com destaque para o cerrado, são alguns dos principais obstáculos encontrados para o estabelecimento do SPD. Altas temperaturas, associadas à adequada umidade, promovem a rápida decomposição dos resíduos vegetais incorporados ao solo e, presumivelmente, dos mantidos na superfície. A utilização da cultura do milho tem assegurado a reposição e manutenção da palhada para a cobertura do solo. Entretanto, na utilização dessa cultura no SPD, deve-se estar atento ao

manejo da adubação nitrogenada, principalmente, quando a palhada da cultura anterior for gramínea, cuja decomposição dos resíduos é lenta, podendo ocorrer imobilização temporária do N mineral presente no solo pelos microrganismos heterotróficos.

A produtividade média da cultura do milho no Brasil está em torno de $2,7 \text{ t ha}^{-1}$, muito inferior à capacidade produtiva da cultura e ao obtido em outros países, como por exemplo os EUA, onde a média está ao redor de 9 t ha^{-1} . Não se pode comparar diferentes países, pois há diferenças no nível de tecnologia, além do clima e solo, entretanto, dados de pesquisa têm demonstrado que é possível dobrar a média brasileira considerando apenas alguns requisitos fundamentais da cultura, quais sejam, manter um bom estande até a colheita, usar o híbrido ideal para a região e adotar um programa de adubação condizente com as condições de solo e a expectativa de produtividade da cultura.

Alguns pesquisadores investigam no Brasil um método seguro que relacione algum parâmetro da análise de solo com os níveis de N que devam ser aplicado. Em alguns Estados, a recomendação é relacionada com os teores de matéria orgânica da análise, outros levam em conta a produtividade esperada, outros, o histórico da gleba a ser usada, ou ainda, o preço do fertilizante nitrogenado.

A média de recomendações de N para milho no Brasil ainda é baixa, muitas vezes igual ou inferior a $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$. Isso é aproximadamente 50 a 60% do que é aplicado nos EUA, ou em países desenvolvidos da Europa. Produtores de regiões brasileiras, de melhores níveis tecnológicos no milho, têm usado maiores quantidades de N ($120 \text{ a } 160 \text{ kg.ha}^{-1}$), dentro de um programa equilibrado de nutrição, com bom retorno econômico.

O elevado custo energético para obtenção dos fertilizantes nitrogenados e os danos ambientais, inerente à contaminação dos recursos hídricos devido à mobilidade no solo via fluxo de massa, representa um fator complicador para a sustentabilidade dos sistemas de produção, sendo por isso de suma importância determinar a fonte, quantidade e a época de aplicação, principalmente na cultura do milho, onde a adubação nitrogenada é a parte mais desafiante e limitante da produção. Trabalhos que demonstram a resposta da cultura do milho ao N em solo de cerrado no SPD são poucos, com isso, o presente trabalho teve como objetivo determinar a melhor dose e época de aplicação de N na cultura do milho, cultivado no SPD na região de cerrado.



2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Nitrogênio no solo, na planta e utilização da uréia

O nitrogênio é um dos elementos mais abundantes na natureza, constituindo cerca de 78% dos gases inertes da atmosfera. Porém, na forma de N_2 o mesmo não está diretamente disponível às plantas. A maior parte do N no solo (95% ou mais) encontra-se em combinações orgânicas e, pequena fração na forma mineral como $N-NO_3^-$ ou $N-NH_4^+$, apresentando bastante variação no solo (MALAVOLTA, 1980; MELLO et al., 1987).

A alta solubilidade em água das formas minerais que contém N no solo, torna este elemento muito suscetível às perdas, não permitindo acumulação no solo em quantidades para atender adequadamente as necessidades das plantas na maioria dos solos tropicais (MELLO et al., 1989).

O N é um elemento essencial para o crescimento das plantas, pois é parte de cada célula viva, sendo constituinte de moléculas de proteína, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila (BÜLL, 1993). As plantas exigem grandes quantidades deste nutriente e geralmente, a maior parte de suas exigências em N é absorvida na forma de nitrato ou amônio (RAIJ, 1991). De acordo com FANCELLI & FAVARIN (1989) no SPD não há revolvimento do solo, e isto condiciona a maior probabilidade de perdas de N na forma nítrica, movido por processos de imobilização microbiana, lixiviação e desnitrificação.

O N é o elemento absorvido em maiores quantidades pela cultura do milho e o que tem maior influência na produtividade, com inúmeras funções relevantes nas suas atividades

fisiológicas. Sua disponibilidade afeta diretamente o desenvolvimento da área foliar, a taxa de fotossíntese, o crescimento do sistema radicular, tamanho das espigas, número e massa de grãos, sanidade da planta e qualidades do grão (PIONEER, 1995; YAMADA, 1996).

A produtividade do milho está associada com a atividade metabólica do N, tendo este um papel direto na acumulação de matéria seca nos grãos (MACHADO et al., 1992). Segundo GROVE et al. (1980) e COELHO et al. (1992) a concentração de N na planta de milho, considerada como adequada para a produção máxima, está em torno de 10 g kg^{-1} . Assim, para uma produtividade de 9 t ha^{-1} de grãos somados aos restos culturais, a cultura extrai do solo em torno de 160 kg ha^{-1} de N. (BARBER & OLSON, 1968) observaram que para cada tonelada de grãos de milho foram extraídos $12,77\text{ kg}$ de N que somando com os restos culturais chegava a $18,88\text{ kg}$. Essa extração corresponde a 67,6% de N nos grãos e 32,4 % nos restos culturais. No trabalho de marcha de absorção do N em milho realizado por HANWAY (1963) do total de N absorvido, 65% estavam nos grãos, 18% nas folhas, 10% nos colmos, 3,5% nas raízes e 3,5% nos sabugos.

O aumento na dose aplicada de N, na maioria das vezes, proporciona aumento no rendimento da cultura do milho (RAIJ et al., 1981, LANTMANN et al., 1986 e CANTARELLA & RAIJ, 1986). YAMADA (1995) citou que a adubação nitrogenada tem boa probabilidade de respostas ao uso de $30\text{--}40\text{ kg de N ha}^{-1}$ na adubação de semeadura, com cobertura nitrogenada feita logo após a semeadura e sendo recomendável uma segunda cobertura em solos de textura mais arenosa. COELHO et al. (1992), testando doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados em um Latossolo Vermelho-Escuro, observaram aumento de 80% no rendimento de grãos, quando comparando a dose 0 com 120 kg ha^{-1} de N. Trabalhando com doses de N em cobertura na cultura do milho em 2 épocas de semeadura, ESCOSTEGUY et al. (1997) concluíram que a dose de 160 kg ha^{-1} de N proporcionou maior rendimento de grãos quando comparada com 80 kg ha^{-1} de N.

Pesquisas com adubação nitrogenada em milho mostram efeito positivo sobre a produtividade, no índice de área foliar, na massa de 100 grãos, no número de grão/espigas, na altura da planta, bem como no rendimento de biomassa e índice de colheita (ULGER et al. 1995). BOQUET (1988) afirmou que o rendimento, massa de grãos individual, massa específica, número de grãos, massa/espiga e conteúdo de proteína no grão de milho aumentou

com o aumento do nível de N aplicado (0-250 kg ha⁻¹) e que a dose ótima para todas as densidades testadas foi estimada em 100 kg ha⁻¹.

Para CERETTA (1997), o manejo da adubação nitrogenada sempre teve como características a falta de parâmetros analíticos, para subsidiar com sucesso a decisão do técnico sobre a quantidade a aplicar de N e as dúvidas quanto ao fracionamento, devido às incertezas sobre o comportamento do fertilizante aplicado e do N no solo.

A uréia ao ser adicionada ao solo é hidrolisada pela ação da enzima urease produzida por bactérias e actinomicetes presentes no solo, depois sofre amonificação, provocando uma forte elevação do pH próximo ao local onde ocorrem as reações, podendo haver perdas por volatilização de NH₃. No final deste processo o N se transforma na forma amoniacal (MELLO, 1987). O íon NH₄⁺, por ser um cátion, pode ser retido temporariamente e superficialmente no complexo coloidal, passando depois para a solução do solo, podendo ser absorvido pelas plantas, lixiviado ou transformado em nitrito pelas bactérias do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrosococcus* e rapidamente a nitrato pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*. Esse processo promove acidificação do meio, devido ao saldo positivo de H⁺ liberado.

A nitrificação do N-NH₄⁺, na maioria dos solos brasileiros, é relativamente rápida. Segundo MALAVOLTA (1981) cerca de 60 a 70% do N aplicado sofre nitrificação em cinco semanas. Porém, esse período tem relação direta com a fonte de N, o sistema de manejo do solo e as condições intrínsecas do mesmo. Estudando duas fontes de N, VALE et al. (1991) verificaram que, independente da dose de N aplicada, a taxa de nitrificação foi maior para o NH₄⁺ proveniente da uréia, em relação ao do sulfato de amônio, tal fato foi atribuído à elevação do pH no solo em função da hidrólise da uréia. A uréia é um fertilizante de uso relativamente recente, porém, nas duas últimas décadas tornou-se de forma incontestável uma das melhores opções como fertilizante nitrogenado, em função do menor preço por kg de nutriente e de apresentar maior concentração de N, o que reflete diretamente no custo de transporte, armazenagem e aplicação do fertilizante. Atualmente, a uréia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil e no mundo.

No sistema solo-planta-atmosfera, segundo YAMADA (1996), o balanço do N é avaliado pela diferença entre ganhos e perdas no sistema, onde os ganhos de N são originados de adubação nitrogenada, mineralização da matéria orgânica, fixação biológica e chuvas; e as

perdas de N são ocasionadas por extração pelas culturas, volatilização, lixiviação, erosão e imobilização biológica. Portanto, quanto maior for essa diferença, maior será a disponibilidade de N para a nutrição das plantas, porém, também serão maiores os riscos de perdas.

2.2 - Manejo da adubação nitrogenada na cultura milho no sistema plantio direto

O sistema plantio direto baseia-se em rotação de culturas e caracteriza-se pelo cultivo em terreno coberto por palha e em ausência de preparo de solo, por tempo indeterminado. Nesse sistema utiliza-se semeadora apropriada para o corte da palha, abertura de pequeno sulco e deposição de sementes e adubos. Realiza-se controle químico das plantas daninhas e um conjunto de outras práticas conservacionistas, que permitem manter uma cobertura morta sobre o solo em quantidade e qualidade adequadas para melhorar a sustentabilidade de todo o ecossistema (EMBRAPA, 1997).

A utilização de sistemas de produção com mínimo ou nenhum revolvimento do solo promove melhoria da estrutura, porosidade, retenção e infiltração de água (BAYER, 1996); atividade biológica (CATTELAN & VIDOR, 1990); conteúdo de carbono orgânico e N total do solo, capacidade de troca de cátions e conteúdo de nutrientes (BAYER & MIELNICZUK, 1997). Na cultura do milho, cultivado sob SPD, o manejo do N deve levar em conta o correto planejamento das culturas a serem utilizadas no sistema. A seqüência de culturas com predominância de gramíneas (alta relação C/N) pode, pelo menos nos primeiros anos de SPD, ocasionar a imobilização do N, o que poderá acarretar queda significativa na produtividade do milho, a menos que se realize a fertilização nitrogenada para balancear essa relação (RIZZARDI, 1995). Além das perdas de N por imobilização da biomassa microbiana, podem ocorrer perdas por processos de lixiviação e de volatilização. MUZILLI (1983) observou maiores perdas de N por lixiviação no SPD do que no convencional. Essas maiores perdas de N em profundidade foram relacionadas ao movimento mais intenso descendente de água, em função do aumento da capilaridade no SPD do que no convencional. SÁ (1993) afirmou que essa maior perda de N pode ser compensada pela liberação lenta e gradual desse elemento, ao longo dos anos, através da mineralização do material orgânico que parece equilibrar a oferta e a demanda pelas culturas. Já as perdas de N pelo processo de volatilização ficam limitadas às condições de solo e de ambiente e tendem a ser menores no SPD do que no convencional,



principalmente em função da menor variação de temperatura neste sistema. Essas condições de menor ou maior volatilização condicionarão o manejo da adubação nitrogenada em cobertura e, também, poderão influenciar a escolha da fonte de N a ser utilizada (RIZZARDI, 1995).

Para tornar disponível, o N orgânico precisa ser convertido a N inorgânico por meio da atividade microbiana, a qual é dependente da temperatura, umidade, pH, nutrientes, N total do solo e manejo do solo (relação C/N do material, estabilidades da matéria orgânica e tempo de adoção do SPD). ALEXANDER (1980) citou que a taxa ideal de mineralização do N no solo é aquela em que o N mineralizado supre as necessidades da planta e de imobilização pelos microrganismos, não permanecendo na forma mineral, por esta ser suscetível a perdas.

Segundo CANTARELLA (1993), no SPD quando a fonte de N a ser utilizada for a uréia, esta deverá ser incorporada de 5 a 10 cm de profundidade, evitando com isso, perdas por volatilização de amônia, visto que os restos culturais na superfície promovem a rápida hidrólise desse fertilizante pela ação da urease e dificultam a retenção da amônia produzida.

AMADO & MIELNICZUK (2000), avaliando a mineração do N no sistema convencional, preparo reduzido e SPD, observaram que a mineralização do N total do solo durante o ciclo do milho foi maior no sistema convencional e preparo reduzido que no SPD, sendo que a disponibilidade de N das culturas de cobertura foi influenciada pela quantidade total de N na fitomassa e relação C/N da mesma.

SOUZA & MELO (2000), avaliando os teores de N no solo e nas frações da matéria orgânica no SPD e convencional, observaram que o sistema de semeadura convencional apresentou menor teor de N total na fração solúvel em água e disponibilizou maior quantidade de nitrato na camada superficial do solo (0-20cm), sendo que os teores de nitrato no solo não diferiram nas camadas de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm. Quando há pouca mobilização do solo, existe a tendência de menor disponibilidade de N, devido a menor mineralização da matéria orgânica e a imobilização pela biomassa microbiana (VARGAS & SCHOLLES, 1998)

BASSO & CERETA (2000), avaliando a dinâmica do N mineral no solo nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm em função das aplicações em pré-semeadura, semeadura e cobertura, observaram que no período de florescimento do milho os teores no solo foram uniformes em quase todas profundidades evidenciando a alta mobilidade do N



mineral. Os autores ainda citaram que a aplicação em pré-semeadura é uma atitude de risco e recomendaram aplicação em semeadura e cobertura.

Segundo MUZILLI (1985), dentre os aspectos envolvidos nas mudanças ocorridas com a instalação do SPD destacam-se as alterações de temperatura e umidade na camada superior do solo, onde seus efeitos vão interferir na atividade biológica, responsável pela mineralização da matéria orgânica, tendo influência nos processos de solubilização e liberação dos nutrientes nela contidos; favorece a maior homogeneidade estrutural, a estabilização de agregados e a uniformização do sistema capilar por onde flui a água, resultando na maior infiltração e no armazenamento de água por períodos mais prolongados, alterando assim, os mecanismos de movimentação e redistribuição dos compostos de alta solubilidade, principalmente o N.

O suprimento inadequado de N às plantas no sistema de plantio direto, comparativamente ao convencional, deve-se à maior perda de nitrato pela lixiviação, menor decomposição dos restos de culturas, maior volatilização de amônia e maior imobilização microbiana (ARGENTA et al., 1997; SALET et al., 1997; WIETHOLTER, 1997). Uma alternativa para minimizar esse problema, segundo EBELHAR et al (1984) e GONÇALVES et al. (2000), é manter sempre o solo com cobertura vegetal, com a função de reciclagem de nutrientes na sua biomassa e cobertura do solo.

Para diminuir a imobilização microbiana do fertilizante nitrogenado SALET et al. (1997) propuseram aumento nas doses de N na semeadura, aplicada logo abaixo da semente e incorporação do fertilizante de cobertura a 3 cm abaixo da superfície do solo, por máquinas adaptadas. ARGENTA et al. (1997) complementam citando que a aplicação de doses mais elevadas de N na semeadura poderia compensar a imobilização inicial causada pelos microorganismos, liberando este nutriente mais rapidamente para o solo e permitindo maior absorção pelas plantas.

Diversos autores têm proposto valores críticos de relação C/N, por volta de 30 a 40:1 (VIGIL & KISSEL, 1988; CANTARELLA et al., 1992), e por volta de 15 e 25:1 (ENWEZOR 1976), que separam o predomínio da mineralização ou da imobilização do N, durante a decomposição.

SANGOI & ALMEIDA (1994), trabalhando com doses e épocas de aplicação de N,

verificaram que quando houve stress hídrico, houve menor produtividade e efeito de dose de N em termos de percentagem no rendimento de grãos, devido à instabilidade e distribuição das precipitações pluviais, o milho não respondeu (tendo até um efeito negativo) aos diferentes níveis de N aplicados em um Podzólico Vermelho-Amarelo, recomenda-se, portanto, o parcelamento da adubação nitrogenada levando-se em consideração a fenologia (estágios de definição da produção e a marcha de absorção de N) da cultura, às condições climáticas e o tipo de solo.

FERNANDES et al. (1998), trabalhando em 3 sistemas de preparo (SPD, aiveca e arado de disco) e 4 doses de N em cobertura (0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹), verificaram que os dados de produtividade de grãos e de palhada se ajustaram a funções quadráticas em relação às doses de N e que doses de 70 a 71 kg ha⁻¹ de N foram suficientes para a obtenção de 90% da produtividade máxima de grãos, sendo de 147 a 168 kg ha⁻¹ de N, dependendo do sistema, o que atingiria produtividades de 4640 a 6177 kg ha⁻¹ de grãos. Para a produtividade de palhada as doses de N foram respectivamente de 31 a 51 kg ha⁻¹ de N e 131 a 178,5 kg ha⁻¹, para a produtividade máxima, respectivamente. A produtividade máxima de palhada variou de 3832 a 5338 kg ha⁻¹, dependendo do sistema de plantio. CARDOSO & MELO (1998), testando 5 doses de N (0, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹) sendo 1/3 na semeadura e o restante por volta dos 40 dias após a emergência das plantas, verificaram, através do ajuste, que a produtividade máxima obtida (5713 kg ha⁻¹) correspondeu a 107 kg ha⁻¹ de N. O acréscimo em relação à testemunha foi de 57%, indicando que o N foi um fator limitante. O número de grãos por espiga e a massa de grãos foram os componentes de produção que mais contribuíram para a maior produtividade de grãos. KURAMOTO & FERNANDES (1998) concluíram que a dose de 120 kg ha⁻¹ de N combinada com aplicações no plantio e cobertura afetou significativamente o número de espiga/planta e o estande final.

2.3 - Dinâmica das formas de nitrogênio no solo sob sistema plantio direto

A imobilização biológica do N é também de grande relevância na redução da disponibilidade de N-mineral na solução do solo. Deste modo, SALET (1994) estudou a dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao SPD e observou que a maior imobilização microbiana do fertilizante nitrogenado pode ser a responsável pela menor



absorção de N no sistema de plantio estabelecido. Idênticas constatações foram feitas também por MUZILLI (1983), HEINZMANN (1985) e SÁ (1993). Isto porque a relação C/N das culturas em uma rotação influi na taxa de mineralização dos resíduos orgânicos, na imobilização e na liberação de N no solo. A decomposição é inversamente proporcional ao teor de lignina e à relação C/N dos resíduos, ou seja, quanto maior a relação C/N, mais lenta será a decomposição dos resíduos depositados na superfície. Assim, resíduos com relação C/N maiores que 25, por serem mais resistentes à mineralização, formam coberturas mais estáveis no solo, enquanto valores menores que 25 favorecem a mineralização (SÁ, 1993), implicando na boa perspectiva de se usar gramíneas neste sistema.

SÁ (1995) avaliou semanalmente o conteúdo de N mineral (NO_3^- e NH_4^+), em amostras coletadas de várias profundidades de um Latossolo Vermelho-Escuro, sob SPD e preparo convencional, em Carambeí - Castro (PR), e incubadas durante 10 semanas. Verificou um comportamento diferenciado para os sistemas de manejo: na camada de 0-7 cm, o N mineral foi basicamente representado pelo N-NO_3^- , porém o teor encontrado no SPD foi 2,2 superior ao preparo convencional no final do período, indicando maior atividade dos microorganismos nitrificadores, pois nessa camada do perfil, a umidade, a temperatura, o teor de carbono, o pH e a disponibilidade de nutrientes são mais favoráveis para a atividade desses agentes no SPD do que no preparo convencional; já abaixo da camada de 30 cm, tanto no SPD quanto no preparo convencional, houve predominância da forma NH_4^+ , apesar da ocorrência da outra forma, NO_3^- , na profundidade de 21-40 e 40-60 cm, indicando neste caso, que a elevação da acidez, a redução do teor de carbono e menor disponibilidade de nutrientes seriam os fatores que limitariam a atividade dos nitrificadores, porém não impedindo a amonificação. Ainda, nas mesmas amostras, o mesmo autor avaliou a quantidade de N orgânico e o mineralizado neste período e constatou que o conteúdo de N-orgânico e N-mineralizado no SPD foi superior ao do preparo convencional, na camada de 0-7 cm. Isto pode ser explicado, pois além do maior conteúdo de N-orgânico no SPD, houve condições mais favoráveis no SPD, já citados anteriormente, aliados ao efeito dinâmico no tempo, em função dos resíduos de outras culturas.

HEINZMANN (1985) acompanhou em um Latossolo Roxo no Norte do Paraná a dinâmica de N após o corte de adubos verdes de inverno (aveia preta, nabo forrageiro, ervilhaca peluda, tremoço e trigo) em nove datas, para avaliar a influência destas sobre as

culturas de verão (soja, milho e feijão). Observou menores teores de NO_3^- no solo nas parcelas com aveia preta (cerca de 30 kg ha^{-1}) durante o corte e os maiores teores foram encontrados nas parcelas com pousio (cerca de 90 kg ha^{-1}). Porém, após 20 dias do corte os teores de NO_3^- elevaram-se sensivelmente, atingindo valores de 60, 90 e 110 kg ha^{-1} de N, nas parcelas com aveia preta, tremoço branco e nabo forrageiro, respectivamente.

Segundo CAMPBELL et al. (1981), o processo de mineralização/imobilização do N ocorre de maneira equilibrada, de modo que muitas vezes não se percebe nenhuma mudança nos níveis de N mineral no solo. DOUGLAS et al. (1980) afirmaram que durante o processo de decomposição ocorre a liberação do CO_2 para a atmosfera e o N fica imobilizado na biomassa microbiana, promovendo uma redução na relação C/N inicial do solo. Quando a relação C/N se encontra em torno de 20:1, começa a ocorrer a mineralização do N através da decomposição da biomassa microbiana, e esta se estabiliza com um valor em torno de 10 e 12:1. Portanto, quando a necessidade dos microrganismos em N não é suprida pode haver prejuízo temporário ou definitivo deste elemento para a cultura em campo, devido à sua imobilização (KIEHL, 1985).

BLEVINS et al. (1983), estudando a influência de 10 anos de SPD e convencional nas propriedades químicas de um solo anteriormente com pastagem, observaram que na profundidade de 0 a 5 cm, o N orgânico foi 2 vezes maior do que o encontrado no preparo convencional.

CARTER & RENNIE (1983), estudando os efeitos do SPD e convencional nas propriedades químicas do solo sob cultivo a 2, 4, 12 e 16 anos, observaram que, exceto na área há 2 anos sob SPD, o carbono e o N da biomassa microbiana e o potencial de mineralização do N e do carbono foram significativamente maiores na superfície do solo. A maiores profundidades, no entanto, ocorreu uma reversão da situação, quando no convencional o carbono e o N da biomassa se distribuíram igualmente em profundidade, e no SPD se concentraram na superfície, devido à presença da palhada.

STINNER et al. (1983) constataram que no SPD ocorreram maiores teores de amônio do que nitrato no solo, e que houve maior concentração destes na camada superficial. Eles relataram valores de 3,8 e $1,2 \text{ mg kg}^{-1}$ de N na forma nítrica e 24,4 e $9,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de N na forma amoniacal, respectivamente nas profundidades de 0-10 e de 10-20 cm. CAMPBELL &



ZENTNER (1993), monitorando rotações de culturas durante 24 anos e estudando a reciclagem de N da palhada do milho, confirmaram estes resultados, quando observaram que o aumento nas quantidades de palhada na superfície do solo, promoveu aumento na quantidade de N total na superfície do solo e, conseqüentemente, maiores concentrações de N nas formas amoniacal e nítrica.

WOOD et al. (1990) constataram que 4 anos após a implementação do SPD em solos anteriormente cultivados convencionalmente, houve alteração na distribuição do carbono e N orgânico, além do nitrato do solo, quando os teores na superfície (0-2,5 cm) tornaram-se maiores, e os da camada de 2,5-5,0 cm mantiveram-se iguais. Concluíram que o retorno de grandes quantidades de resíduos vegetais pode promover a manutenção de grandes teores de carbono e N orgânico e níveis mais baixos de nitrato no solo. SIDIRAS & PAVAN (1986) mencionaram a existência de maiores teores de N orgânico nas camadas mais superficiais do solo no SPD, tal fato foi atribuído à maior concentração de raízes nas camadas superficiais à proximidade da palhada, o que promoveu uma maior atividade de microrganismos.

UNGER (1991) e VITTI et al. (1999) afirmaram que em solos com resíduos na superfície ocorre maior imobilização do N na biomassa, devido ao maior consumo do nitrato pelos microrganismos, ocorrendo, portanto, menores teores de N nesta forma. Por outro lado, sob preparo convencional ocorrem maiores teores devido à maior mineralização causada pelas melhores condições de oxidação, promovidas pelo revolvimento do solo. De acordo com os mesmos autores, é uma vantagem do SPD a maior presença da forma amoniacal, pois esta sendo um cátion, pode ser retida pelos minerais do solo, evitando assim a lixiviação e fazendo com que o N permaneça por mais tempo no solo.

VITTI et al. (1999) citaram que a intensidade de nitrificação é maior quando o pH do solo estiver próximo da neutralidade e que o processo agrícola seria beneficiado se fosse desenvolvido em pH mais ácido, com isso, reduziria a intensidade de mineralização da matéria orgânica, obtendo maior teor de C-orgânico em equilíbrio e permitiria a utilização de qualquer fonte nitrogenada. Teria ainda as vantagens de menores riscos de contaminação dos recursos hídricos pelo nitrato em função da predominância do N amoniacal e maior aproveitamento dos micronutrientes metálicos existentes no solo ou fornecidos via adubação.

LERA et al. (2000), estudando épocas de aplicação do ^{15}N -uréia, 45 dias antes da



semeadura do milho e no estágio 6 folhas observaram que o N inorgânico aplicado antecipadamente na época da semeadura concentrava-se principalmente na camada de 0 a 10 cm, na forma de nitrato. No estágio 6 folhas a maior parte ainda permanecia na camada de 0 a 20 cm; no entanto, no estágio 12 folhas quase todo N aplicado antecipadamente encontrava-se abaixo de 20 cm e o aplicado em cobertura encontrava-se acima de 20 cm. Apesar das diferenças nos teores do elemento no solo, não foi observada diferença na produtividade de matéria seca e teores de N na parte aérea, raízes e grãos.

Segundo Thomas et al. (1973), citados por HOLTZ (1995), em trabalho sobre o movimento do nitrato e a produtividade do milho sob plantio direto e convencional, os menores teores deste ânion encontrados no solo sob o primeiro sistema se deram por 2 principais razões: menor evaporação no solo com cobertura e maior infiltração da água e conseqüentemente, lixiviação do nitrato, devido a maior capilaridade deste solo no SPD. Observaram ainda, que após chuva pesada, enquanto no preparo convencional houve redistribuição do nitrato em profundidade, no plantio direto houve grandes perdas de nitrato por lixiviação. Além disso, no preparo convencional, devido à ocorrência de maior evaporação, o nitrato pode ascender para as camadas mais superficiais, havendo, portanto, um aumento em seus teores.

Sabe-se que a absorção de N (ou de qualquer outro nutriente) é determinada pela velocidade de sua absorção por unidade de superfície de raiz, pela extensão e morfologia do sistema radicular. Usando modelo mecanístico-matemático, BARBER (1984) mostrou, em análise de sensibilidade, que a absorção de N aumentava linearmente com a taxa de crescimento das raízes, com o aumento do diâmetro médio das raízes (dois parâmetros relacionados com a área do sistema radicular), e com o aumento da velocidade máxima de absorção de N por metro de raiz. Assim, a eficiência máxima na absorção de N deve ser encontrada em plantas que tenham alta velocidade máxima de absorção e um sistema radicular extenso e em contínua expansão ao longo do desenvolvimento da cultura. Na prática, foi observado, no entanto, que a velocidade de absorção de N por metro de raiz diminuía com a idade da planta. MENGEL & BARBER (1974) observaram que o fluxo de N, expresso por μM de N por metro de raiz por dia, atingiu um máximo aos 20 dias e que aos 70 dias este fluxo era reduzido a apenas 0,5% do atingido aos 20 dias. Esta maior eficiência inicial permitiria que mesmo com um sistema radicular reduzido a planta absorvesse considerável

quantidade de N, cujo máximo ocorreu aos 50 dias de idade. O grande fluxo de N nas raízes das plantas jovens de milho indica que é desejável um maior teor de N no solo no início que no final do ciclo de desenvolvimento das plantas, quando a menor concentração de N na solução do solo e a menor eficiência na absorção poderão ser compensadas pela maior extensão do sistema radicular, justificando o uso de maiores doses de N no início da implantação da cultura do milho.

Estudando o acúmulo de massa seca e de N na cultura do milho irrigado FRANÇA et al. (1994) observaram que a maior parte do N na planta foi acumulada até o pendoamento, atingindo valores de 88% e 93%, nas regiões de Janaúba e Sete Lagoas, respectivamente. Estes dados corroboram com os de MENGEL & BARBER (1974), mostrando a importância de se manter altos níveis de N mineral no solo nos estádios iniciais da cultura do milho.

YAMADA et al. (1996) relataram que, apesar de pequenas exigências nutricionais do milho no estágio inicial de desenvolvimento altas concentrações de nutrientes na zona radicular são benéficas na promoção de um bom arranque inicial da planta. Neste período ocorrem as diferenciações das várias partes da planta, que começam a se desenvolver. Mesmo que a quantidade de nutrientes absorvida seja relativamente pequena, o tamanho final das folhas, espigas e outras partes da planta dependem em grande parte, de um adequado suprimento de nutrientes durante este estágio inicial de desenvolvimento da cultura.

Segundo LARA CABEZAS (1998) o manejo da adubação nitrogenada em SPD requer estudos a médio e longo prazo que envolva os processos de transformação do N inseridos dentro da planificação da rotação cultural em SPD em nível regional. Isto requer um monitoramento sistemático ao longo do tempo de áreas introduzidas no SPD, e o acompanhamento mais completo possível dos fatores que, direta ou indiretamente, estão afetando a disponibilidade do N do solo e dos adubos para as culturas de renda.

2.4 - Plantas de cobertura no sistema plantio direto

A adubação verde é componente essencial ao desenvolvimento agrossilvipastoril sustentável nas regiões Sudeste e Centro Oeste do Brasil. Um dos conceitos de adubação verde refere-se à utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, buscando a proteção, bem como a

manutenção e melhoria das suas características físicas, químicas e biológicas em todo o perfil do solo (CALEGARI et al., 1993). Para cobertura do solo e/ou suprimento inicial de palha, deve-se optar por espécies e cultivares que produzam quantidades elevadas de massa seca e que permitam manejo que retarde a decomposição. Considerar também o custo das sementes e possível retorno financeiro na comercialização dos grãos. Sendo que para minimizar a ocorrência de pragas ou doenças, considerar o tipo do inseto e/ou patógeno (EMBRAPA, 1996).

A cultura do milheto tem se expandido de forma acelerada nos solos de cerrados apresentando-se como uma ótima opção de cobertura morta no SPD, por ser uma gramínea rústica de clima tropical, com alta resistência à seca e solos ácidos, respostas satisfatórias em solos corrigidos e adubados e apresentar elevada capacidade de produção de biomassa (PITOL, 1996). GUIMARÃES (2000) relata produção de matéria seca do milheto cultivado em Selvíria-MS, superior a $7,0 \text{ t ha}^{-1}$. Semeando-se milheto em várias épocas, em Planaltina-DF, UEMURA et al. (1997) também comprovaram o grande potencial desta gramínea como alternativa de cobertura do solo, obtendo-se produção de matéria seca superior a 13 t ha^{-1} .

Segundo MELLO & CARDOSO (1998) o milheto é recomendado para produção de palha na cobertura do solo apresentando características favoráveis à reciclagem de nutrientes, devido a suas raízes vigorosas e abundantes permitirem a utilização de nutrientes que se encontram em camadas mais profundas, principalmente N e K. É uma ótima alternativa para a formação de palhada para o SPD, reduzindo as perdas de solo por erosão (SALTON & KICHEL 1998).

2.5 – Atributos físicos do solo no sistema plantio direto

O SPD tem demonstrado superioridade, comparado com o convencional, na melhoria das condições internas e externas do solo. O sistema proporciona à superfície uma cobertura residual entrepondo-se entre a atmosfera do ar e do solo, que se comporta como uma camada isolante, criando ambiente diferente do existente em solo descoberto. O manejo do solo em SPD proporciona maior tamanho de agregados estáveis em água que o preparo convencional do solo, possivelmente devido a não destruição mecânica dos agregados pelos implementos de preparo do solo, maior densidade do solo na superfície e proteção que a palha oferece sobre a



mesma (ALVARENGA et al., 1986). Ao se analisar um solo cultivado no SPD pode-se concluir que este apresenta algumas características que favorecem a infiltração, como presença de cobertura morta, maior estabilidade da estrutura, e outras que a desfavorecem, como: alta densidade do solo na camada superficial e baixo volume de macroporos. A condutividade hidráulica tem sido pouco estudada dentro dos trabalhos de preparo do solo, porém, são relatados casos de maiores valores deste parâmetro em SPD, principalmente devido à continuidade e rigidez dos poros, apesar de se apresentarem em menor volume neste sistema (VIEIRA, 1985).

Há uma tendência do solo sob SPD apresentar maiores valores de densidade do solo e microporosidade com a conseqüente redução dos volumes de poros totais e macroporos. Isto se verifica até uma profundidade aproximada de 15 cm, havendo semelhança nos valores obtidos abaixo desta camada. Resultados neste sentido foram obtidos por VIEIRA (1981), VIEIRA & MUZILLI (1984). Este fato se verifica devido a não movimentação do solo em SPD. O uso de máquinas (pulverizadores, semeadoras, colhedoras, etc.) sobre as áreas de SPD com solo em umidade inadequada, pode estar sendo um fator extremamente importante no agravamento do problema de aumento da densidade do solo em SPD.

Objetivando estudar o efeito de sistemas de preparo com arado de aivecas, arado de discos, grade pesada e plantio direto, comparativamente ao pousio, FIGUEIREDO et al. (1996) verificaram que para densidade do solo não foram observadas diferenças entre os tratamentos. O plantio direto de maneira geral, foi o sistema que manteve as propriedades físicas do solo estudadas o mais próximo daquelas apresentadas pelo pousio. Pensando-se em uma agricultura de longo prazo e com o mínimo de danos ambientais, este seria um modelo de produção viável.

O não revolvimento do solo e a manutenção dos resíduos culturais sobre a sua superfície reduzem sensivelmente o impacto dos agentes erosivos, possibilitando maior eficiência no uso dos recursos naturais. A estabilidade do agrossistema depende não somente da adoção de um conjunto de técnicas, mas principalmente, da compreensão de mecanismos resultantes da interação entre vários fatores do ambiente, que proporcionam maior amplitude nas relações solo-planta-atmosfera (SÁ, 1995).



A manutenção de resíduos culturais na superfície do solo no plantio direto, promove condições distintas às propriedades do solo em relação a sua incorporação através do preparo convencional. O não revolvimento do solo leva a uma decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, tendo como consequência alterações físicas, químicas e biológicas no solo que irão repercutir na sua fertilidade e na produtividade das culturas (MOODY et al., 1961, BAYER, 1992).

CAMPOS et al. (1995), objetivando medir o impacto de sistemas de manejo do solo sobre a estabilidade da sua estrutura, observaram que o sistema de plantio direto apresentou diâmetro médio de agregados cerca de duas vezes maior que o de plantio convencional. Essa diferença foi diretamente relacionada ao incremento de carbono orgânico e atividade microbiana observados no sistema de plantio direto.

SIQUEIRA et. al. (1996), comparando sistemas de preparo do solo (plantio direto, arado aiveca, arado de discos, grade pesada + arado aiveca, grade pesada + arado de discos e grade pesada), em Coimbra-MG, observaram que o sistema de preparo com arado de discos foi o que apresentou os menores valores para densidade do solo e os maiores para porosidade total. A menor desagregação do solo ocorreu no plantio direto e nenhum sistema de preparo sobressaiu-se, quer na manutenção das propriedades físicas do solo, quer em sua deterioração.

Neste sentido, verifica-se que a resposta da cultura do milho à aplicação de N depende muito do sistema de cultivo e o que ocorre no sistema convencional não se aplica ao SPD, devido à dinâmica do N no solo ser dependente da temperatura, umidade e microrganismo, dentre outros, e que estes dependem da porosidade e densidade do solo. O acúmulo superficial de materiais orgânicos, em vários estádios de decomposição, produz reflexos imediatos na conservação do solo e, ao longo dos anos, também na fertilidade, devido modificar a velocidade e a intensidade das reações que controlam a disponibilidade da maioria dos nutrientes no solo, principalmente o N, justificando-se modelos diferenciados entre os sistemas de cultivo. Assim, níveis e época de aplicação do elemento, nos diferentes tipos de solo e cultura, faz-se necessário para melhorar o entendimento de resposta a esta inovação tecnológica caracterizada pelo SPD e “Agricultura Sustentável”.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na fazenda experimental pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, cujas coordenadas geográficas são 51° 22' W e 20° 22' S com aproximadamente 335 m de altitude. Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 24,5°C, uma precipitação média anual de 1370 mm e uma umidade relativa média de 64,8% (HERNANDEZ et al., 1995). Os dados de precipitação, temperatura e umidade relativa, referentes ao período de cultivo 1998/99 e 1999/00, encontram-se nos Anexos 01 e 02.

O solo do local foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulinitico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (LVd) (BRASIL, 1999) e apresenta um histórico de 18 anos de plantio convencional com culturas anuais (arroz, feijão, milho, soja, e outras). Na safra 1997/98 a área foi cultivada com soja no verão e milho na “safrinha” no SPD.

3.2. Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com 19 tratamentos e 4 repetições, dispostos em um esquema fatorial incompleto: 6 x 3 + testemunha, sendo: 6 combinações de épocas de aplicação de N (todo na semeadura, todo no estádio 4 a 6 folhas, todo no estádio 8 a 10 folhas, ½ semeadura + ½ no estádio 4 a 6 folhas, ½ semeadura + ½ no



estádio 8 a 10 folhas e $\frac{1}{2}$ no estágio 4 a 6 folhas e $\frac{1}{2}$ no 8 a 10 folhas) e 4 níveis de N (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹). A unidade experimental (parcela) constituiu-se de 8 linhas de 0,85 m de largura com 7,0 m de comprimento, perfazendo uma área total de 47,6 m², sendo que considerado como área útil as 4 linhas centrais, desprezando-se um metro em cada extremidade, perfazendo uma área de 17,0 m².

Os tratamentos utilizados foram:

- 1: 00 kg.ha⁻¹ de N (testemunha);
- 2: 60 kg.ha⁻¹ de N na semeadura;
- 3: 120 kg.ha⁻¹ de N na semeadura;
- 4: 180 kg.ha⁻¹ de N na semeadura;
- 5: 60 kg.ha⁻¹ de N no estágio de 4 a 6 folhas;
- 6: 120 kg.ha⁻¹ de N no estágio de 4 a 6 folhas;
- 7: 180 kg.ha⁻¹ de N no estágio de 4 a 6 folhas;
- 8: 60 kg.ha⁻¹ de N no estágio de 8 a 10 folhas;
- 9: 120 kg.ha⁻¹ de N no estágio de 8 a 10 folhas;
- 10: 180 kg.ha⁻¹ de N no estágio de 8 a 10 folhas;
- 11: 30 kg.ha⁻¹ de N na semeadura e 30 Kg no estágio de 4 a 6 folhas;
- 12: 60 kg.ha⁻¹ de N na semeadura e 60 kg no estágio de 4 a 6 folhas;
- 13: 90 kg.ha⁻¹ de N na semeadura e 90 Kg no estágio de 4 a 6 folhas;
- 14: 30 kg.ha⁻¹ de N na semeadura e 30 Kg no estágio de 8 a 10 folhas;
- 15: 60 kg.ha⁻¹ de N na semeadura e 60 Kg no estágio de 8 a 10 folhas;
- 16: 90 kg.ha⁻¹ de N na semeadura e 90 Kg no estágio de 8 a 10 folhas;
- 17: 30 kg.ha⁻¹ de N no estágio 4 a 6 folhas e 30 Kg no estágio de 8 a 10 folhas;
- 18: 60 kg.ha⁻¹ de N no estágio 4 a 6 folhas e 60 Kg no estágio de 8 a 10 folhas;
- 19: 90 kg.ha⁻¹ de N no estágio 4 a 6 folhas e 90 Kg no estágio de 8 a 10 folhas.



Antes das semeaduras, em ambos cultivos, foram realizadas amostragens do solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, para caracterização química e física, sendo as médias dos resultados de 0-10 e 10-20 cm, utilizados para cálculo da adubação fosfatada e potássica para o milho, segundo RAIJ et al. (1996). Nas Tabelas 01 e 02 encontram-se os resultados das análises químicas, físicas e granulométricas, realizadas antes da instalação do experimento, cultivo 1998/99.

Tabela 01. Resultados da análise química do solo antes da instalação do experimento, cultivo 1998/99.

Prof. cm	P resina mg dm ⁻³	M. O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K -----mmol _c dm ³ -----	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V %
0 - 10	13,4	28	4,8	3,2	17	4,6	32,4	3,0	24,8	57,2	43
10 - 20	6,4	22	4,6	0,9	15	4,4	32,1	4,3	20,3	52,4	39
20 - 40	1,2	15	4,6	0,6	13	2,8	26,8	4,6	16,4	43,2	38

Tabela 02. Valores médios referentes à macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo e análise granulométrica, antes da instalação do experimento, cultivo 1998/99.

Profundidade cm	Macroporosidade -----m ³ m ⁻³ -----	Microporosidade -----m ³ m ⁻³ -----	Porosidade Total	Densidade do solo g kg ⁻¹
0 - 10	0,18	0,35	0,53	1,24
10 - 20	0,09	0,38	0,47	1,38
20 - 40	0,07	0,38	0,45	1,39

	Areia -----g kg ⁻¹ -----	Argila	Silte
0 - 10	420	530	50
10 - 20	405	540	55
20 - 40	340	590	70

3.3. Instalação e condução do experimento

Antes da instalação do experimento, no dia 13/11/98, realizou-se o manejo mecânico da palhada presente na área com triturador de palha e no dia 22/11/98, após um levantamento das ervas daninhas, aplicaram-se os herbicidas glifosate e 2,4 D nas doses de 4,0 e 1,2 L ha⁻¹, respectivamente. No segundo cultivo realizou-se apenas o manejo químico do milho e plantas daninhas presente na área, utilizando os herbicidas glifosate e 2,4 D, nas doses de 3,5 e 1,0 L ha⁻¹, respectivamente.

As sementeiras foram realizadas mecanicamente nos dias 07/12/98 no primeiro cultivo e 08/12/99 no segundo, com semeadora apropriada para o SPD de marca "Tatu" modelo Suprema D-44 com 4 linhas de sementeira, elementos sulcadores de disco desencontrados para a abertura do sulco de adubação, elementos sulcadores de discos defasados para abertura do sulco de deposição da semente e elementos de distribuição de sementes através do sistema pneumático. No segundo cultivo utilizou-se a mesma semeadora porém, com mecanismo rompedor de hastes para abertura do sulco de adubação. Em ambos os anos, foram utilizados sementes do híbrido simples PIONEER 30F80 de ciclo semiprecoce, grão duro alaranjado e soma térmica de 885 UC com 50% das plantas pendoadas. As sementes foram previamente tratadas com o inseticida thiodicarb na dose 700 g de ia/100 kg de sementes. Este material foi escolhido devido ser recomendado para a região e, de acordo com a qualidade fisiológica das sementes foi realizado o cálculo do número de sementes a serem colocadas por metro de sulco para a obtenção de uma população final de aproximadamente 60.000 plantas por hectare.

A adubação fosfatada e potássica de sementeira, em ambos os cultivos, foi de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, obtidas através da mistura de superfosfato simples e cloreto de potássio, sendo estes aplicados a 5 cm abaixo das sementes no momento da sementeira. A fonte de N utilizada em todos os tratamentos foi a uréia, por ser o fertilizante nitrogenado mais utilizado no País e por não ter outro nutriente na sua constituição.

A adubações em cobertura foram realizadas manualmente, incorporadas em dois sulcos superficiais a 0,20 m da linha da cultura, simulando a aplicação com implemento apropriado para o SPD, exceto nos tratamentos 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 com N na sementeira, sendo que este foi aplicado logo após a sementeira a 0,10 m da linha, em 07/12/98



no primeiro cultivo e 08/12/99 no segundo.

As coberturas nos tratamentos 5, 6, 7, 11, 12, 13, 17, 18 e 19 referentes ao estádio (4 a 6 folhas) foram realizadas em 30/12/98 e 29/12/99 e a dos tratamentos 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18 e 19 no estádio (8 a 10 folhas) foram realizadas em 12/01/99 e 11/12/00, no primeiro e segundo cultivo, respectivamente. Nos dias 30/12/98 e 29/12/99, aplicou-se também, em cobertura para todos os tratamentos 50 kg ha⁻¹ de K₂O, tendo como fonte o cloreto de potássio. No dia 08/01/99 foi aplicado chlorpyrifos na dose de 0,4 L ha⁻¹ para controle da *Spodoptera frugiperda*, sendo necessário uma outra aplicação, a qual foi realizada no dia 20/01/99 utilizando-se deltamethrine na dose de 1,3 L ha⁻¹. No segundo cultivo não houve a necessidade de controle desta praga. Os controles de planta daninhos, em pós-emergência, nos dois anos de cultivos foram realizados através da aplicação do herbicida Sanson, na dose de 1,5 L ha⁻¹.

As parcelas (tratamentos) foram colocadas no mesmo local nos dois anos de cultivo, sendo repetido a mesma dose e época de aplicação de N, nas mesmas. Realizou-se irrigação suplementar por aspersão nos períodos de estiagem prolongada.

A semeadura do milheto no ano de 1999 foi realizada no final do mês de Agosto e no ano 2000 no início de Setembro, coincidindo com as primeiras chuvas. Em ambos os anos, utilizou-se a variedade BN 2, em linhas espaçadas de 0,17 m na dose de 20 kg ha⁻¹ de semente, para formação de palhada, conforme recomendação de SALTON & KICHEL (1998).

3.4. - PARÂMETROS AVALIADOS

3.4.1. Estado nutricional da planta

Coletou-se, por ocasião do florescimento, o terço central de 20 folhas da base da espiga, dentro da área útil da parcela, segundo metodologia descrita em RAIJ et al. (1996). O material colhido foi levado ao laboratório, lavado com água corrente e detergente a 1%, seco em estufa com circulação e renovação forçada de ar a 60-70°C, sendo a seguir moído em moinho tipo Wiley para posterior determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S e B no laboratório de nutrição de plantas da FEIS-UNESP e para os micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), em ambos os anos, foram feitas as digestões nitro-perclórica e enviado os extratos para leituras no laboratório de Fertilidade do Solo do CENA/USP, segundo metodologia descrita em MALAVOLTA et al. (1997).



3.4.2. Estande inicial e final

O estande inicial foi determinado, em ambos os cultivos, 15 dias após a emergência, contando-se as plantas contidas em 2 m das duas linhas centrais da área útil da parcela e o estande final foi determinado 5 dias antes da colheita, também em 2 linhas de 2 m, da área útil da parcela.

3.4.3. Altura de planta e altura de inserção da espiga

A altura da planta foi determinada medindo-se com auxílio de uma régua graduada, por ocasião da maturação fisiológica, a distância entre o colo da planta e a inserção da última folha e, para espiga, a distância entre o colo da planta e a espiga superior, em amostras de 10 plantas seguidas em duas linhas da área útil da parcela.

3.4.4. Acamamento

Avaliou-se o acamamento através da contagem das plantas acamadas em duas linhas da área útil da parcela, 5 dias antes da colheita, atribuindo-se notas de 1 a 10, sendo 1 quando não havia plantas acamadas e 10 quando havia de 90 a 100% de plantas acamadas.

3.4.5. Número de fileiras de grãos/espiga e número de grãos/fileira

Avaliaram-se através da contagem do número de fileiras de grãos e do número de grãos por fileira em 2 amostras de 10 espigas, provenientes da área útil da parcela; separadas aleatoriamente antes da trilhagem dos grãos.

3.4.6. Ocorrência de doenças

Avaliou-se conforme descrito em ROANE et al. (1983). Quando a cultura estava no estágio de grão leitoso, em 2 m de duas linhas da área útil da parcela, atribuindo-se notas de 1 a 10 para plantas com sintomas de doenças.



3.4.7. Massa média de 1000 grãos

Avaliou-se através de duas amostragens de 1000 grãos, da produtividade obtida, com posterior pesagem em balança de precisão. Realizou-se essa avaliação no mesmo dia da pesagem da produtividade, com a transformação dos dados também para 13% de umidade.

3.4.8. Produtividade de grãos

Para obtenção da produtividade de grãos coletaram-se manualmente nos dias 24/04/99 e 26/04/2000 as espigas contidas nas 4 linhas centrais da área útil da parcela, desprezando-se 1,0 m nas extremidades. As espigas foram trilhadas mecanicamente, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha^{-1} (13% de base úmida).

3.4.9. Teor de N nos grãos

Coletou-se aleatoriamente uma amostra de 100g de cada parcela para determinação de N, segundo a metodologia descrita em MALAVOLTA et al. (1997).

3.4.10. Avaliações químicas e físicas do solo

As análises químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento e na época do florescimento no primeiro e segundo cultivo, simultaneamente às análises foliares, com o objetivo de melhor se estabelecer uma comparação entre os teores na planta com os teores no solo. As amostragens foram realizadas a 0,20 m das linhas da cultura, local este, onde se aplicou a uréia. As determinações foram realizadas nos laboratórios de Fertilidade e de Física do Solo da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP. As características químicas do solo (pH, MO, P, K, Ca, Mg, H + Al, Al e B) foram determinadas seguindo metodologia proposta por RAIJ & QUAGGIO (1983). Para os micronutrientes: o B foi determinado pelo método da extração com água quente, no laboratório de fertilidade da FEIS-UNESP e para Cu, Fe, Mn e Zn foi feita a extração usando o DTPA e enviado os extratos para leituras no laboratório da Seção de Fertilidade do CENA/USP.

Com base nos resultados da análise do solo, realizados após a colheita do primeiro



cultivo, optou-se por realizar uma calagem superficial, utilizando-se um calcário dolomítico PRNT 80%, na tentativa de se elevar a saturação por bases a 60%, no início do mês de agosto de 1999.

Através das análises físicas foram determinadas as seguintes características: macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, em amostras de solo coletadas através do método do anel volumétrico, em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-40 cm); as porosidades (macroporosidade, microporosidade e porosidade total) foram determinadas em laboratório pelo método da mesa de tensão, segundo VOMOCIL (1965) e LEANER & SHAW (1941), modificado por KIEHL (1979), e a densidade do solo, usando o método descrito por BLAKE (1965).

3.4.11. Teor de N total no solo

As análises para determinação do teor de N total no solo foram realizadas no laboratório de análises de plantas da FEIS - UNESP, em amostras de solo coletadas na época do florescimento da cultura, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, conforme metodologia descrita em BREMNER (1996).

3.4.12. Teor de N mineral no solo

As análises para determinação do teor de N mineral (N-NH_4^+ e N-NO_3^-) foram realizadas no laboratório de análises de plantas da FEIS- UNESP, em amostras de solo coletadas na época do florescimento da cultura nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, sendo a extração realizada no mesmo dia da coleta, conforme metodologia descrita em MULVANEY (1996).

3.4.13. Avaliação da produção de matéria seca do milho

No início da emissão de panículas, com auxílio de uma armação metálica, foram coletados a parte aérea das plantas contida em $1,0 \text{ m}^2$ da área útil da parcela e determinado a massa da matéria seca (estufa com circulação forçada de ar a $60-70^\circ\text{C}$, até massa constante) e os dados transformados para t ha^{-1} de matéria seca.



3.5. Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste F, comparação de médias pelo teste de Tukey (5 e 1%) e análise de regressão, utilizando para isso, o modelo de análise em parcela subdividida no tempo, considerando os 2 anos de cultivo e o fatorial para os 4 níveis de N e as 6 combinações de épocas de aplicação. Para as avaliações do N total; N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N mineral foram consideradas as camadas de 0-10; 10-20 e 20-40 cm. Foi utilizado para isso o pacote estatístico SAS.

A máxima eficiência técnica para a produtividade de grãos foi calculada com base na análise de regressão e a máxima eficiência econômica foi estimada considerando-se a relação entre o preço atual de mercado da uréia e o preço mínimo pago pelo governo na saca de 60 kg de milho.



4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 03 encontram-se os quadrados médios, médias gerais e coeficientes de variação, referentes ao estande inicial, estande final, altura de planta, altura de espiga, teor de N nas folhas, teor de N nos grãos, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos, obtidos nos cultivo 1998/99 e 1999/00. Verifica-se que houve efeito significativo dos níveis de N estudados para todas as variáveis, exceto, para o estande inicial e estande final. Quanto às épocas de aplicação do N estudadas, observa-se que houve efeito significativo para altura de planta, altura de espiga, teor de N na folha, e produtividade de grãos. Para ano, nas variáveis estudadas, só não foi observado efeito significativo, para o teor de N nos grãos. Ressalta-se, ainda, os baixos coeficientes de variação, variando de 3,10 a 9,82%, determinando a boa precisão dos dados, apesar de obtidos em condições de campo. Pode-se observar ainda que, a média geral para produtividade de grãos (6811 kg ha^{-1}), foi relativamente alta, para as condições em que foi desenvolvido o experimento, demonstrando assim a viabilidade do SPD, desde que seja bem conduzido.

Na Tabela 04 encontram-se as médias e teste de-Tukey para as épocas de aplicação do N e médias de ano (1998/99 e 1999/00) e na Tabela 05 as médias para os níveis de N, referente às avaliações estande inicial, estande final, altura de planta, altura de espiga, teor de N nas folhas, teor de N nos grãos, número de fileira de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa média de 1000 grãos e produtividade de grãos. Para as médias de ano foi observada diferença significativa com os maiores valores para o ano 1998/99 nas variáveis grãos por fileira, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos e para o ano 1999/00 houve diferença significativa com os maiores valores para estande inicial, estande final, altura de plantas, altura de espiga, teor de N na folha e fileira de grãos por espiga.



Tabela 03. Quadrados médios, médias gerais e coeficiente de variação, referente às avaliações: estande inicial, estande final, altura de plantas, altura de espiga e teor de N na folha, cultivos 1998/99 e 1999/00.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	PARÂMETROS AVALIADOS				
		Estande inicial	Estande final	Altura de planta	Altura de espiga	N na folha
		plantas/m	plantas/m	m	m	g kg ⁻¹
Blocos (B)	3	0,04667993	0,01354643	0,06681450**	0,02577741**	7,228118*
Doses (D)	3	0,00039081	0,04665979	0,06236053**	0,07494548**	155,753695**
Épocas (E)	5	0,01660111	0,00611111	0,03756292**	0,02128236**	27,644631**
DxE	10	0,01119736	0,01287444	0,00253500	0,00080903	3,826102
ExDxB	54	0,01549038	0,02965724	0,00271899	0,00252993	1,914627
Ano (A)	1	1,23907087**	1,12225671**	0,15334543**	0,41843097**	17,213664**
AxD	3	0,00587499	0,01095054	0,01393750	0,01381593	0,448739
AxE	5	0,01946278	0,02389167	0,01210736	0,00866236	2,755220
AxExD	10	0,00892069	0,01410500	0,00604444	0,00115819	2,760625
Resíduo	57	0,02600702	0,03430351	0,00555136	0,00582329	1,950390
Total	151					
Média geral		5,21	5,03	2,20	1,19	25,90
CV (%)		3,10	3,70	3,40	6,39	5,39

Obs. *e** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.



Tabela 03. (continuação) Quadrados médios, médias gerais e coeficiente de variação, referentes às avaliações: teor de N no grão, número de fileiras de grão por espiga, número de grãos por fileira, massa média de 1000 grãos e produtividade de grãos, cultivos 1998/99 e 1999/00.

CAUSAS DE VARIÇÃO	GL	PARÂMETROS AVALIADOS				
		N no grão	Fileiras de grãos/espiga	Grãos/fileira	Massa de 1000 grãos	Produtividade de grãos
		g kg ⁻¹			g	kg ha ⁻¹
Blocos (B)	3	3,1386356*	2,738608*	16,093510	266,8954	812869,9
Doses (D)	3	27,1751744**	3,018412*	121,526244**	6154,5461**	32840564,2**
Épocas (E)	5	4,1518246	0,413764	11,330208	438,4096	1349320,4*
DxE	10	0,3859404	0,991237	8,008854	253,0742	526515,2
ExDxB	54	0,7529578	0,569257	4,888388	236,7385	345262,8
Ano (A)	1	1,1593824	125,295425**	139,706904**	40131,7504**	5206389,8**
AxD	3	0,1085032	0,783903	14,630337	153,3005	1092382,0
Axé	5	2,4528579	1,464681	1,721875	147,2914	735605,5
AxExD	10	0,2654238	0,684071	5,217188	209,0217	412284,5
Residuo	57	1,063140	0,813171	7,35866	293,2691	447498
Total	151					
Média geral		13,27	14,10	36,90	305,63	6811
CV (%)		7,80	6,40	7,35	5,60	9,82

Obs. *e** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 04. Médias e teste de Tukey referentes às épocas de aplicação de N e ano, para as avaliações: estande inicial, estande final, altura de planta, altura de espiga, teor de N na folha, teor de N no grão, número de fileiras de grão por espiga; número de grãos por fileira, massa média de 1000 grãos e produtividade de grãos, cultivos 1998/99 e 1999/00.

CAUSAS DE VARIÇÃO	PARÂMETROS AVALIADOS									
	Estande inicial plantas/m	Estande final plantas/m	Altura de planta m	Altura de espiga m	N na folha g kg ⁻¹	N no grão g kg ⁻¹	Fileiras de grão	Grãos por fileira	1000 grãos g	Prod. de grãos kg ha ⁻¹
Médias de épocas										
Todo N na semeadura	5,19	5,04	2,20 ab	1,21 ab	24,50 b	13,57	14,31	37,45	305,80	6844 bc
Todo N de 4 a 6 folhas	5,21	5,04	2,22 ab	1,23 ab	27,50 a	13,38	14,24	37,81	304,90	7165 ab
Todo N de 8 a 10 folhas	5,23	5,04	2,09 b	1,09 b	25,64 ab	12,50	14,01	35,81	300,69	6659 c
½ Sem. + ½ 4 a 6 folhas	5,20	5,05	2,24 ab	1,25 a	25,93 ab	12,90	14,20	37,67	313,20	7292 a
½ Sem. + ½ 8 a 10 folhas	5,25	5,04	2,27 a	1,21 ab	26,60 ab	12,78	14,02	37,11	309,55	6948 abc
½ 4 a 6 + ½ 8 a 10 folhas	5,20	5,00	2,20 ab	1,18 ab	27,16 ab	12,27	14,02	36,96	307,84	6800 bc
Médias de ano										
1998/99	5,12 b	4,94 b	2,16 b	1,14 b	25,56 b	13,36	13,18 b	37,83 a	322,35 a	6997 a
1999/00	5,30 a	5,11 a	2,23 a	1,24 a	26,24 a	13,17	14,99 a	35,96 b	288,91 b	6625 b

Obs: Médias seguidas por letras comuns, na coluna, não diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.



Tabela 05. Médias referentes aos níveis de N e regressão para as avaliações: estande inicial, estande final, altura de plantas, altura de espiga, teor de N na folha, teor de N no grão, número de fileiras de grão por espiga, número de grãos por fileira, massa média de 1000 grãos e produtividade de grãos, cultivos 1998/99 e 1999/00.

CAUSAS DE VARIÇÃO	PARÂMETROS AVALIADOS									
	Estande inicial plantas/m	Estande final plantas/m	Altura de planta m	Altura de espiga m	N na folha g kg ⁻¹	N no grão g kg ⁻¹	Fileiras de grão	Grãos por fileira	1000 grãos g	Prod. de grãos kg ha ⁻¹
	Médias de níveis									
0	5,22	4,92 ^a	2,09 ^b	1,08 ^c	19,95 ^d	12,25 ^e	13,30 ^f	31,54 ^g	287,57 ^h	4307 ⁱ
60	5,20	5,02	2,17	1,16	24,80	12,47	13,96	35,47	294,38	6163
120	5,21	5,05	2,17	1,21	26,38	13,36	14,21	37,65	308,68	7240
180	5,21	5,04	2,26	1,22	27,51	14,18	14,24	38,30	317,94	7452

$$^aY = 4,9215 + 0,0020x - 0,00008x^2 \quad R^2 = 0,99$$

$$^bY = 2,0985 + 0,0007x - 0,0000007x^2 \quad R^2 = 0,90$$

$$^cY = 1,0795 + 0,0017x - 0,00005x^2 \quad R^2 = 0,99$$

$$^dY = 20,0910 - 0,0869x - 0,0003x^2 \quad R^2 = 0,98$$

$$^eY = 12,2130 + 0,0036x - 0,00004x^2 \quad R^2 = 0,98$$

$$^fY = 13,3100 + 0,0130x - 0,00004x^2 \quad R^2 = 0,99$$

$$^gY = 31,5510 + 0,0784x - 0,0002x^2 \quad R^2 = 0,99$$

$$^hY = 286,3300 + 0,1757x \quad R^2 = 0,98$$

$$^iY = 4002,7000 + 38,0700x - 0,1142x^2 \quad R^2 = 0,99$$

Observa-se que a produtividade de grãos foi maior no ano 1998/99, isto certamente foi devido aos maiores valores de números de grãos por fileira e massa de 1000 grãos, os quais têm relação direta com esses parâmetros. ULGER et al. (1995), avaliando adubação nitrogenada em milho, observaram efeito positivo da massa de 100 grãos, número de grão/espigas no rendimento biomassa e índice de colheita. BOQUET (1988) afirmou que o rendimento, massa de grãos individual, massa específica, número de grãos, massa/espiga e conteúdo de proteína no grão de milho aumentou com o aumento do nível de N aplicado (0-250 kg ha⁻¹) e que a dose ótima para todas as densidades testadas foi estimada em 100 kg ha⁻¹. Para comparar anos diferentes deve-se levar em conta as condições climáticas de cada ano, mas isto certamente não influenciou tanto porque estiveram dentro da média normal e os períodos de cultivo foram bem semelhantes.

Para o teor de N nos grãos não foi observado diferença significativa entre os dois anos estudados. O teor de N no grão tem relação direta com o teor de proteína no grão e diversos são os trabalhos que correlacionam positivamente o teor de proteína do milho com a adubação nitrogenada, a qual por sua vez, não se relaciona com a qualidade devido à alteração entre os aminoácidos essenciais. A quantidade de N a ser drenada para o grão, depende do ciclo, período de enchimento de grão e principalmente do material genético e, tem ainda, relação direta com o estado nutricional da planta.

Quanto às médias de épocas de aplicação do N, houve diferença significativa para altura de planta, altura de espiga, teor de N nas folhas e produtividade de grãos.

Para o estande inicial as médias variaram de 5,19 a 5,25 plantas por metro de sulco e para o estande final variaram de 5,00 a 5,04 plantas por metro de sulco, não diferindo estatisticamente entre si, indicando que os níveis e/ou épocas de aplicação de N, certamente, não afetaram a germinação das plantas e a sua permanência até o final do ciclo da cultura. Para o estande final a equação que mais se ajustou foi a quadrática. O estande final por volta de 5 plantas por metro de sulco em função do espaçamento utilizado, conferiu uma população final de aproximadamente 60.000 plantas por hectare, ideal para o híbrido utilizado (P30F80) segundo PIONEER (1999). KURAMOTO & FERNANDES (1998) observaram que a dose de 120 kg ha⁻¹ de N combinado com aplicações no plantio e cobertura, afetou significativamente o estande final. O efeito da adubação nitrogenada no estande da cultura, certamente, está ligado à distância da semente, em que o mesmo é colocado, devido aos danos que possa causar



em função do efeito salino. No presente caso o fertilizante nitrogenado, nos tratamentos que receberam N na semeadura, foi aplicado em dois sulcos superficiais a 10 cm da linha de semeadura, o que deve ter minimizado o efeito salino do mesmo.

Quanto à altura de planta a maior média foi observada quando se aplicou metade da dose na semeadura e metade no estágio 8 a 10 folhas (2,27 m), diferindo estatisticamente apenas da época em que se aplicou todo o N no estágio 8 a 10 folhas (2,09 m). Os demais tratamentos ocuparam uma posição intermediária. Quanto aos níveis de N testados os dados se ajustaram a uma equação quadrática. A mesma tendência ocorreu em relação à altura de espigas, indicando que este parâmetro está intimamente associado à altura de plantas. SANTOS & PEREIRA (1994), trabalhando com milho no SPD, também observaram comportamento semelhante entre altura de plantas e espigas. Isto certamente deve ser devido a estas características serem de alta herdabilidade genética e menos dependente do meio, a menos que a planta passe por uma deficiência muito acentuada, o que foi observado no nível 0 kg ha⁻¹ de N (2,09 m). LARA CABEZAS et al. (1997) também observaram aumento significativo na altura de plantas, o que refletiu positivamente na produtividade de grãos. SÁ (1996), estudando a combinação dos níveis de 0, 30 e 60 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 0, 60 e 120 em duas coberturas, aos 35 e 55 dias após a semeadura, também observaram redução de crescimento das plantas e sintomas de amarelecimento das folhas no nível de 0 kg de N, nas parcelas onde se aplicou 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura proporcionou melhor “arranque” e eliminação da carência inicial de N, devido à imobilização causado pela decomposição dos resíduos de aveia preta. Poucos trabalhos têm avaliado o efeito da adubação nitrogenada nestes parâmetros, mas sabe-se que a disponibilidade de N afeta diretamente o desenvolvimento da área foliar, taxa de fotossíntese, tendo atuação direta na divisão, expansão celular e tamanho da espiga (PIONEER, 1995; YAMADA, 1996). SANGOI & ALMEIDA (1994), avaliando doses e épocas de aplicação de N, também observaram que maiores doses em cobertura implicaram em maior altura de plantas.

Para o teor de N na folha, o menor valor foi observado quando se aplicou todo o N na semeadura (24,50 g kg⁻¹), o qual diferiu estatisticamente apenas da aplicação de todo o N no estágio 4 a 6 folhas. As demais épocas ocuparam posição intermediária e para níveis de N testados, os dados ajustaram-se a uma equação quadrática, ou seja, à medida que se aumentou o N aplicado houve incremento na concentração de N foliar até certo ponto. Para a maioria dos



níveis e épocas estudadas foram observados teores de N nas folhas inferiores ao descrito como adequado 27,5 a 32,5 g de N kg⁻¹ de matéria seca (MALAVOLTA et al., 1997). MELLO et al. (1988), avaliando efeito de doses e modos de aplicação da uréia observaram que o teor de N total na folha não foi influenciado pelo método de aplicação, mas houve efeito positivo e significativo da dose até 60 kg ha⁻¹ de N e os aumentos no teor de N total da folha proporcionado pela adubação nitrogenada raramente alcançaram 5 g kg⁻¹. No presente trabalho vários tratamentos com produtividades acima de 7 t ha⁻¹ não atingiram o valor considerado como adequado, indicando que talvez no SPD, devido à menor variação de temperatura e/ou umidade, os níveis adequados possam se situar um pouco abaixo dos teores adequados para cultura cultivada no sistema convencional. Ressalta-se que o sistema em uso é o SPD e que mesmo os dados estando abaixo dos citados na literatura a produtividade média do experimento (6811 kg ha⁻¹) foi relativamente alta. MUZILLI (1983), estudando efeito de preparos do solo e rotação de culturas, também, constatou menores teores de N foliar no SPD. Isto certamente está relacionado com a época de aplicação de N, o qual pode ter sido imobilizado e impossibilitado de ser absorvido pelas plantas. CARDOSO & MELO (2000), em dois experimentos sob SPD, também verificaram deficiência de N foliar no nível 0 kg ha⁻¹ de N. Nos demais níveis os teores foram satisfatórios. A capacidade do solo em fornecer N para as plantas tem relação direta com o teor de matéria orgânica do mesmo e o tipo de cultura cultivado anteriormente, principalmente em função da relação C/N, onde a mineralização é governada pelas condições climáticas. Por isso, sempre se deve estar atento quando a cultura anterior for uma gramínea para se evitar deficiência desse nutriente na fase inicial de desenvolvimento do milho, época em que ocorre a definição da produção potencial da cultura, estágio 4 folhas. No presente caso, o solo estudado tem baixo teor de matéria orgânica e foi cultivado anteriormente com uma gramínea.

Para os teores de N nos grãos observou-se que não houve diferença em função das épocas de aplicação do N. Quanto aos níveis testados os dados ajustaram-se a uma função quadrática, demonstrando que a adubação nitrogenada influenciou diretamente na qualidade nutricional dos grãos. Porém, sabe-se que esta característica é de alta herdabilidade genética e quase sempre, a adubação nitrogenada é realizada com interesse apenas de se aumentar a produtividade, tendo em vista, que o produtor recebe pela quantidade produzida e não pela qualidade do produto.

Para a avaliação do número de fileiras de grãos por espiga, os valores ficaram dentro de faixas consideradas ideais para a cultura do milho, sendo que a melhor performance foi observada quando se aplicou todo o N na semeadura (14,31), porém este não diferiu das demais épocas de aplicação. Com relação aos níveis de N testados, os dados ajustaram-se a uma função quadrática, ficando os valores dentro dos padrões para o híbrido utilizado.

Verifica-se, para número de grãos por fileira, que o menor valor (35,81) foi observado quando se aplicou todo o N no estágio 8 a 10 folhas, porém, esta não diferiu das demais épocas. Com relação aos níveis de N testados, o menor valor foi observado para o nível 0 kg ha⁻¹ (31,54) e o melhor desempenho foi para os tratamentos que receberam 180 kg ha⁻¹ de N (38,30), os demais tratamentos ficaram numa posição intermediária. Os dados se ajustaram a uma função quadrática. SANTOS & PEREIRA (1994) verificaram aumento no rendimento de grãos à medida que houve acréscimo no número de grãos por planta. DERPESCH et al (1985), comparando sistemas de manejo do solo com coberturas verdes de inverno, não observaram diferenças entre o número de grãos por espigas e o rendimento de grãos. Isto indica que a variação depende do híbrido e do manejo utilizado. BORTOLINI et al. (2000), avaliando diferentes doses e épocas de aplicação do N, verificaram que o número de grãos por espiga foi o componente mais associado ao rendimento de grãos, semelhantes aos observados SANGOI et al. (2000).

Para a massa de 1000 grãos, os tratamentos referentes à aplicação de todo o N no estágio 8 a 10 folhas foram os que mostraram os menores valores (300,69g). Os maiores valores foram obtidos nos tratamentos que receberam o N na semeadura mais estágio 4 a 6 folhas. Os demais tratamentos ficaram numa posição intermediária. Para os níveis de N, os dados ajustaram-se a uma equação linear, ou seja, à medida que se aumentou a dose de N, houve um aumento correspondente no acúmulo de massa nos grãos. Pelos valores pode-se notar uma estreita relação entre este parâmetro e a produtividade de grãos. Resultados semelhantes foram obtidos por LARA CABEZAS et al. (1997). SANGOI et al. (2000), também testando diferentes níveis, verificaram que o maior rendimento de grãos dos híbridos modernos deveu-se ao maior número de grãos por espiga, assim como, à produção de grãos mais pesados.

Para a produtividade de grãos o maior valor foi observado quando se aplicou metade do N na semeadura e metade no estágio 4 a 6 folhas (7292 kg ha⁻¹), o qual não diferiu



estatisticamente da aplicação de metade do N na semeadura + metade no estágio 8 a 10 folhas e todo N no estágio 4 a 6 folhas. O menor valor foi observado quando se aplicou todo o N no estágio 8 a 10 folhas. Os demais tratamentos ocuparam posição intermediária. Com isso pode-se observar a importância do N na fase inicial de desenvolvimento da cultura do milho, principalmente no SPD precedido de gramínea, onde pode ocorrer imobilização temporária desse nutriente. Com relação aos níveis de N testados, os dados se ajustaram a funções quadráticas e a máxima eficiência técnica para produtividade foi alcançada com a dose de 166 kg ha⁻¹ de N. CARDOSO & MELO (2000), testando os níveis de 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N, também verificaram efeito quadrático em função dos níveis aplicados. LARA CABEZAS et al. (1997) observaram que as perdas por volatilização de NH₃ entre vários fertilizantes, inclusive a uréia, não refletiram sobre a produtividade do milho. FERNANDES et al. (1998), trabalhando em 3 sistemas de preparo e 4 níveis de N em cobertura (0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹), também verificaram que os dados de produtividade de grãos se ajustaram a funções quadráticas em relação aos níveis de N e que 70 a 71 kg ha⁻¹ de N foram suficientes para a obtenção de 90% da produtividade máxima de grãos, sendo de 147 a 168 kg ha⁻¹ de N, dependendo do sistema (SPD, aiveca ou arado de disco), o que atingiria produtividades de 4640 a 6177 kg ha⁻¹ de grãos. CARDOSO & MELO (1998), por volta dos 40 dias após a emergência das plantas, verificaram através do ajuste, que a produtividade máxima obtida (5713 kg ha⁻¹) correspondeu à aplicação de 107 kg ha⁻¹. O acréscimo em relação à testemunha foi de 57%, indicando que o N foi um fator limitante. O número de grãos por espiga e a massa de grãos foram os componentes de produção que mais contribuíram para a produtividade de grãos. O intervalo de 126 a 166 kg ha⁻¹, respectivamente, para obtenção da produtividade máxima econômica e produtividade máxima está um pouco acima do preconizado por RAIJ et al. (1996) para o patamar de produtividade de 6 a 8 t ha⁻¹. Ressalta-se que as diferenças nas quantidades de N a serem utilizadas dependem, além da produtividade, do nível do elemento no solo, o que está relacionado ao histórico da área.

Com relação às avaliações do índice de acamamento e ocorrência de doenças, em ambos cultivos não foram atingidos o nível mínimo estimado como nota (até 5% de acamamento ou plantas com sintomas de doenças), indicando que provavelmente os níveis de N testados e as épocas de aplicação do mesmo, certamente, não influenciaram nessas variáveis. Com relação a acamamento, também, existem relatos, principalmente em função do

maior crescimento da planta com doses mais elevadas de N, no entanto, essa característica normalmente é mais dependente do genótipo e do meio, ou seja, maior incidência de ventos fortes.

Na Figura 01 encontram-se os teores médios de P, K, Ca, Mg e S da análise foliar na época do florescimento da cultura, cultivo 1998/99. Observa-se que os teores de P, K e Ca estão dentro das faixas consideradas adequadas para a cultura do milho, de acordo com RAIJ et al. (1996) e MALVOLTA et al. (1997). O magnésio, para alguns tratamentos, se encontrou abaixo do ideal, justificando a opção pela realização da calagem superficial utilizando-se calcário dolomítico após este cultivo. Observou-se também, que o enxofre se apresentou com teores abaixo do ideal, portanto, no cultivo subsequente foi utilizado novamente superfosfato simples como fonte também de S.

Na Figura 02 constam os teores médios de P, K, Ca, Mg e S, referentes a épocas de aplicação e níveis de N, no cultivo 1999/00. Observa-se que os teores ficaram dentro das faixas preconizadas por RAIJ et al. (1996) e MALAVOLTA et al. (1997). Observou-se que os níveis e épocas de aplicação do N praticamente não influenciaram os teores desses elementos na folha, isto pode ser devido ao solo ou mesmo a eficiência de absorção do híbrido utilizado.

Nas Figuras 03 e 04 encontram-se os teores médios de B, Cu, Fe, Mn e Zn da análise foliar, por ocasião do florescimento da cultura no cultivo 1998/99 e 1999/00, respectivamente. Observa-se que os valores estão dentro da faixa considerada adequada para cultura do milho, segundo RAIJ et al. (1996) e MALAVOLTA et al. (1997), exceto o cobre que está um pouco alto, mas certamente isso não influenciou na produtividade da cultura. O que pode ter ocorrido é um certo “consumo de luxo,” mesmo porque as plantas não apresentaram nenhum sintoma de fitotoxicidade. Pode-se observar ainda uma maior concentração de todos os micronutrientes avaliados nos níveis de 180 kg ha^{-1} de N, demonstrando que houve um sinergismo em relação aos níveis de N aplicados ao solo, quando é de se esperar que ocorra um efeito diluição. Nos solos sob cerrado, os maiores problemas com micronutrientes na cultura do milho, são para o zinco e manganês, principalmente quando se aumenta o pH do solo a valores elevados, mas como a área em estudo vem sendo cultivada há vários anos com plantio convencional e quase sempre se utilizando fórmulas NPK + micronutrientes e o pH estar em um valor não elevado, estes micronutrientes provavelmente não foram deficientes.

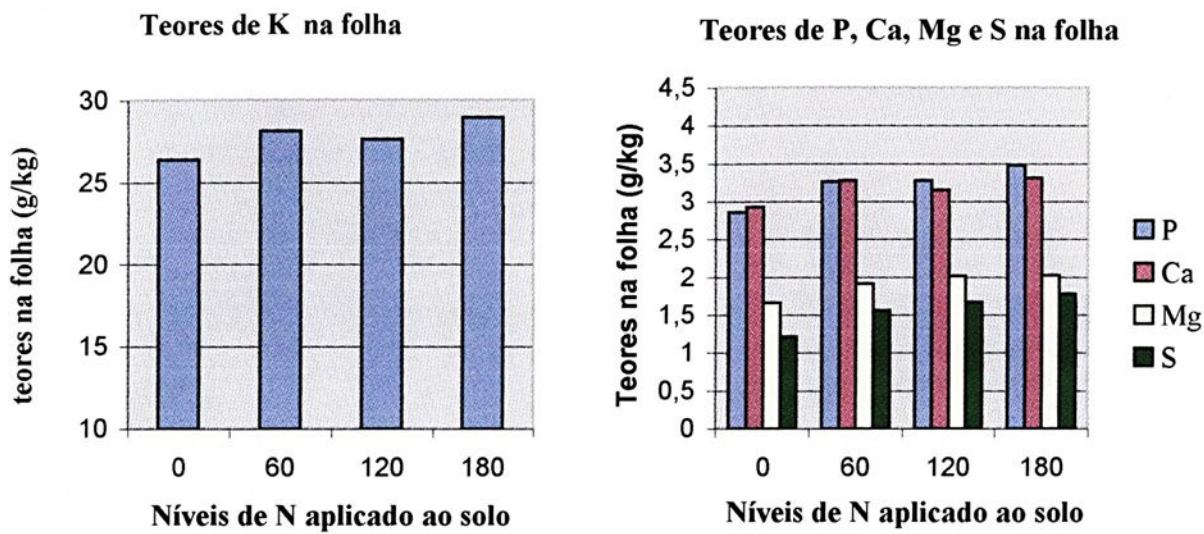


Figura 01. Teores médios de K, P, Ca, Mg e S da análise foliar na época do florescimento da cultura, referentes a níveis de N, cultivo 1998/99.

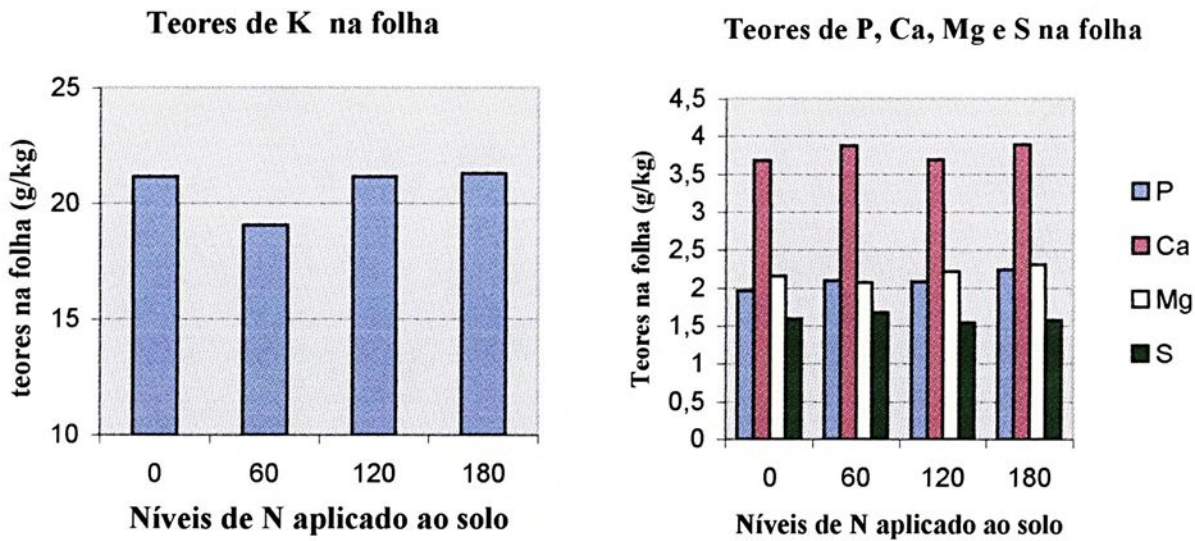


Figura 02. Teores médios de K, P, Ca, Mg e S da análise foliar na época do florescimento da cultura, referentes a níveis de N, cultivo 1999/00.

Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na folha

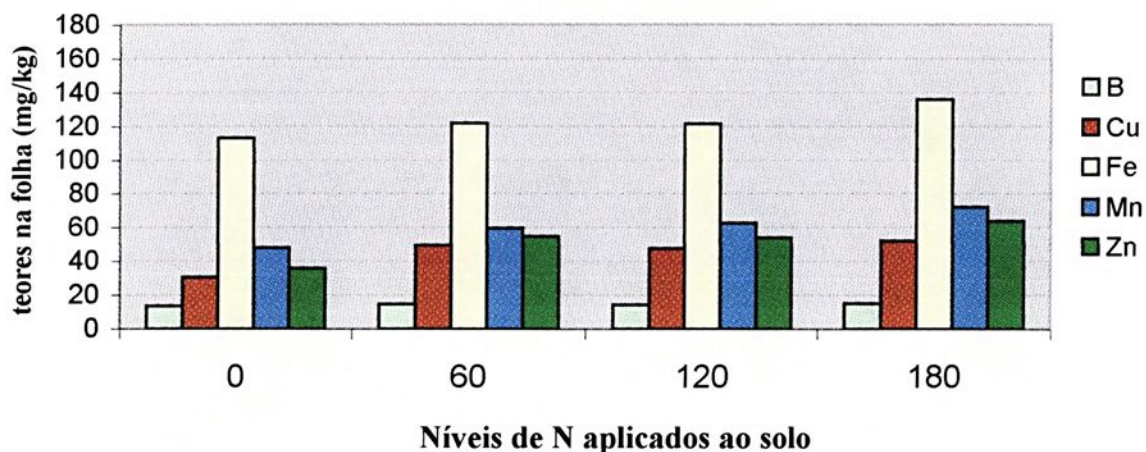


Figura 03. Teores médios de B, Cu, Fe, Mn e Zn da análise foliar por ocasião do florescimento, referentes a níveis e épocas de aplicação de N, cultivo 1998/99.

Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na folha

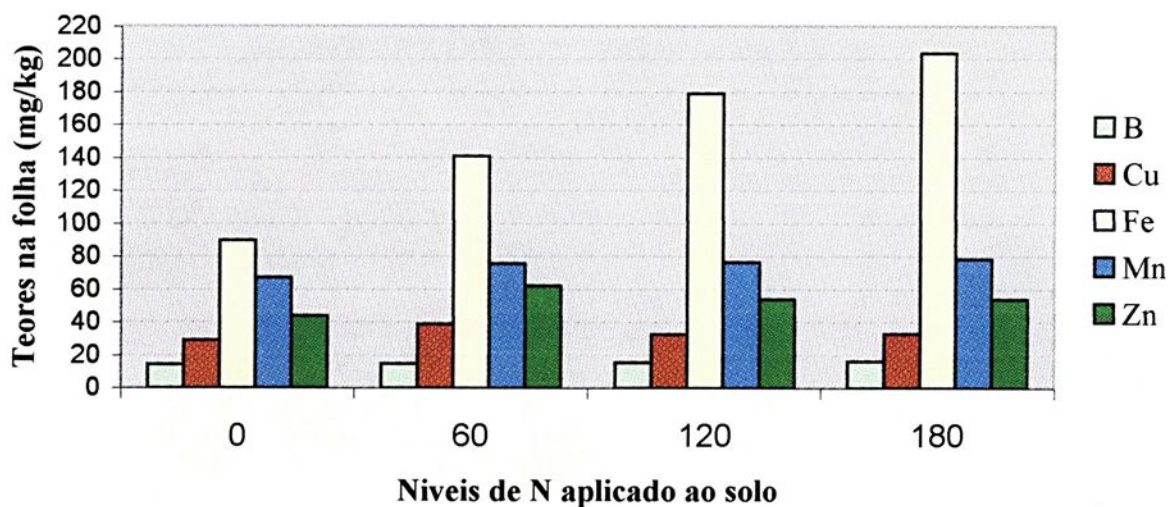


Figura 04. Teores médios de B, Cu, Fe, Mn e Zn da análise foliar por ocasião do florescimento, referentes a níveis e épocas de aplicação de N, cultivo 1999/00.

Na Figura 05 encontram-se os valores de produtividade de matéria seca do milho no início do florescimento da cultura, em Novembro de 1999, ocasião em que o mesmo foi manejado quimicamente com herbicida sistêmico, por ser a época onde a massa verde está no auge, a relação C/N é excelente (muita fibra) e a sensibilidade ao herbicida é maior, devido ao fluxo de translocação de seiva intenso entre ápice e raiz. Observa-se que as produções de matéria seca variaram entre 4,30 e 5,40 t ha⁻¹, estando dentro dos padrões para a região (HERNANI & SALTON 1997), o que proporcionou excelente cobertura do solo. Não houve grande discrepância entre os dados, isto certamente foi devido a pouca influência dos tratamentos (doses e épocas de aplicação do N no milho) no desenvolvimento da cultura, e a rusticidade da mesma, estes dados corroboram com PITOL (1996), o qual citou que o milho na região dos cerrados tem merecido grande destaque para cobertura do solo no SPD, devido ser uma gramínea rústica de clima tropical, tolerante à seca e a solos ácidos e com sistema radicular “agressivo”, possibilitando a reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas, principalmente o N e K.

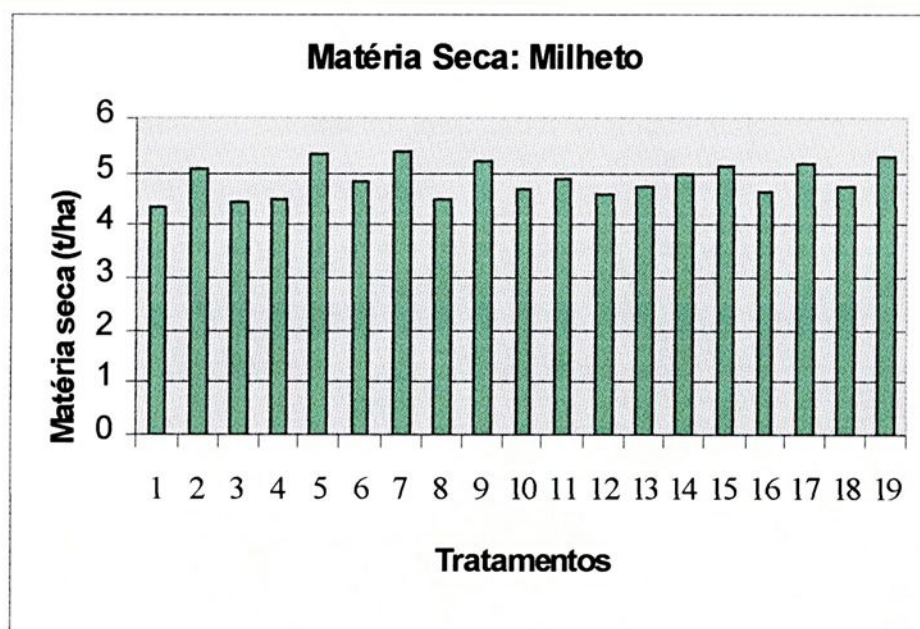


Figura 05. Dados de produtividade de matéria seca do milho, na época do florescimento, em Novembro de 1999.

A Figura 06 apresenta as produtividades de massa seca atingida pelo milho, no início da floração, em Novembro de 2000. Observa-se que na maioria dos tratamentos a produtividade foi superior a 6 t ha^{-1} de matéria seca, valor considerável para as condições do estudo, onde a cultura não recebeu nenhum fertilizante, demonstrando com isso a capacidade desta espécie como cobertura de solo para SPD nessa região. A quantidade de palha é muito importante. Vários pesquisadores citam que no SPD há necessidade de pelo menos 6 t ha^{-1} de matéria seca, no entanto, deve-se também estar atento à qualidade e a distribuição desta sobre a superfície do solo. SALTOM et al. (1993), avaliando produtividade de diferentes adubos verdes em maracajú-MS, também obtiveram produtividade do milho superior a 6 t ha^{-1} . GUIMARÃES (2000) relatou produção de matéria seca do milho cultivado em Selvíria-MS, superior a $7,0 \text{ t ha}^{-1}$. Semeando-se milho em várias épocas, em Planaltina-DF, UEMURA et al. (1997) também comprovaram o grande potencial desta gramínea como alternativa de cobertura do solo, obtendo-se produção de matéria seca superior a 13 t ha^{-1} .

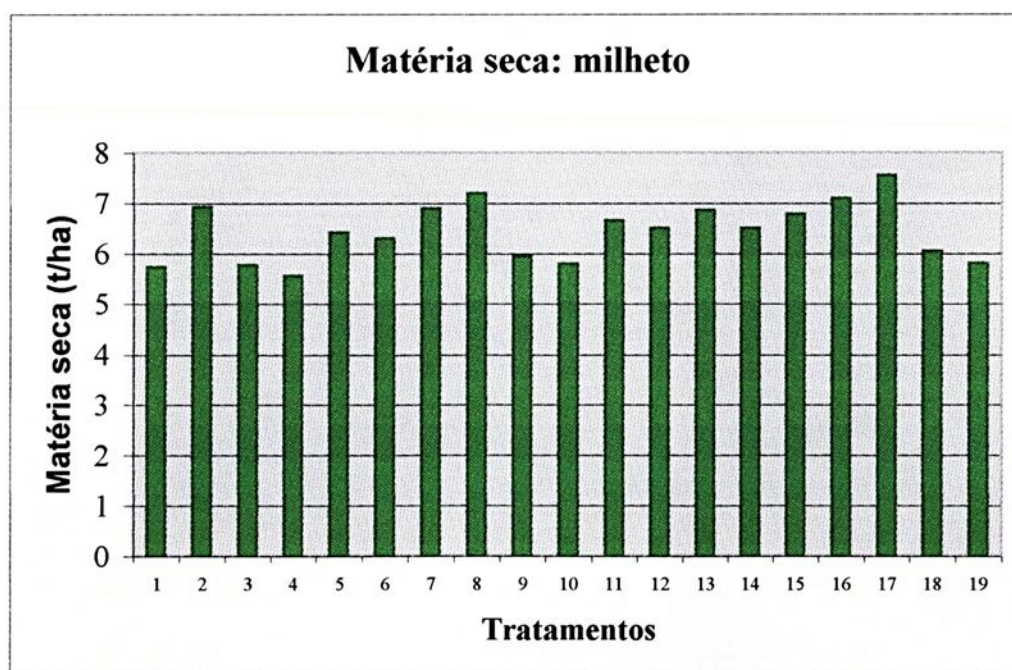


Figura 06. Dados de produtividade de matéria seca do milho, na época do florescimento, em Novembro de 2000.

Na Tabela 06 constam os quadrados médios, médias gerais e coeficientes de variação, referentes a N-NH_4^+ , N-NO_3^- , N mineral e N total do solo nas camadas (0-10, 10-20 e 20-40cm), observados nos cultivos 1998/99 e 1999/00. Verifica-se que houve efeito significativo para níveis de N e ano, para todas as formas de N avaliadas. Para profundidades houve efeito significativo para N-NO_3^- , N mineral e, N total do solo. Para o N-NO_3^- , N mineral no solo, houve interação significativa de ano versus níveis, sendo portanto realizado o desdobramento. Pode-se observar também que os coeficientes de variação (12,24 a 22,24%) foram de médio a alto, porém, para essas variáveis deve-se levar em consideração a dinâmica das mesmas no solo, devido à facilidade de lixiviação das formas minerais e, o que se encontra na forma orgânica para ser convertido a N inorgânico por meio da atividade microbiana, depende da temperatura, umidade, aeração pH e outros. Nos solos sob cerrado os problemas com N são mais acentuados, devido serem geralmente pobres em matéria orgânica e também da quantidade de N aplicada grande parte é perdida por volatilização, erosão, desnitrificação e lixiviação (CERETTA, 1998). Uma alternativa para minimizar esse problema de perdas das formas de N mineral no solo, segundo EBELHAR et al. (1984) e GONÇALVES et al. (2000), é manter sempre o solo com cobertura vegetal, com a função de reciclagem de nutrientes na sua fitomassa e cobertura do solo. No presente trabalho utilizou-se o milheto, o qual tem um sistema radicular abundante e agressivo, podendo atingir profundidades superiores a 1 m e com alta capacidade de reciclagem de nutrientes na sua fitomassa, principalmente N e K. Estes na ordem de aproximadamente 18 e 35 kg por tonelada de matéria seca, respectivamente, além da boa relação C/N (42/1) para as condições de clima da região estudada.

As médias gerais para os teores de N mineral e N total no solo, considerando o teor de matéria orgânica do solo em estudo, ficaram dentro dos padrões considerados normais, semelhantes aos citados por BREMNER (1996) que atribuiu 85-95% do N total a forma orgânica e pequena proporção para forma mineral (5-15%).



Tabela 06. Quadrados médios, médias gerais e coeficientes de variação referentes às avaliações: N-NH₄⁺ N-NO₃⁻, N mineral e N total no solo na época do florescimento da cultura, cultivos 1998/99 e 1999/00.

CAUSAS DE VARIÇÃO	GL	PARÂMETROS AVALIADOS			
		N - NH ₄ ⁺	N - NO ₃ ⁻	N - mineral	N total
		-----mg kg ⁻¹ -----			g kg ⁻¹
Blocos (B)	1	5,6784320**	6,3366261**	0,6735937	0,00262813
Doses (D)	3	4,4842359**	3,1633534**	7,8360348**	0,07625683**
Épocas (E)	5	0,5991267	0,1468274	0,3928412	0,00968035
ExD	10	0,4624806	0,0535903	0,4157277	0,01409961
ExDxB	18	0,5618772	0,1419650	0,4885343	0,00845928
Profundidade (P)	2	1,3086697	1,9481176**	2,6608425**	2,80944306**
DxP	6	0,1743191	0,1947959	0,1135235	0,02857454
ExP	10	0,0721377	0,0228135	0,0750319	0,00682181
ExDxP	20	0,0424690	0,0791011	0,0521847	0,00580106
ExDxPxP	38	0,1094650	0,0762993	0,1210999	0,00822465
Ano (A)	1	54,2384471**	60,9626370**	3,7256971*	0,41026701**
AxD	3	1,0144437	1,4196281**	2,4424938**	0,01105590
AxE	5	0,3033455	0,2011066	0,2256606	0,00569535
AxExD	10	0,3545009	0,2017080	0,4268206	0,00582757
AxP	2	0,8213510	0,0254283	0,8014854	0,13116806
AxExDxP	36	0,0655710	0,0503234	0,0945642	0,00712856
Resíduo	57	0,4804240	0,1046860	0,5062203	0,01393438
Total	227				
Média Geral		9,21	3,85	13,06	0,96
CV%		22,24	15,51	18,97	12,24

Obs: *e** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Na Tabela 07 constam as médias e teste de Tukey referentes aos níveis de N, épocas de aplicação, ano e profundidades para as avaliações N-NH_4^+ , N-NO_3^- N mineral e N total do solo. Observa-se que teor de NO_3^- diferiu significativamente nas três camadas avaliadas com maior teor nas camadas superiores. O teor de N mineral foi maior na camada de 0 a 10 cm diferindo estatisticamente das demais, as quais não diferiram entre si, isto certamente, foi reflexo da maior atividade microbiológica, responsável pela nitrificação, reflexos das adubações realizadas e da mineralização da matéria orgânica e raízes em decomposição, proporcionando teores maiores na camada superficial do solo. Observa-se também, que na camada de 10 a 20 e 20 a 40 cm, valores encontrados estão bem próximos uns do outro, demonstrando com isso a dinâmica dessas formas de N no perfil do solo, ou seja, a facilidade de lixiviação, mobilização e mineralização. BASSO & CERETA (2000), avaliando a dinâmica do N mineral no solo nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, em função das aplicações em pré-semeadura, semeadura e cobertura, também observaram que no período de florescimento do milho, os teores no solo foram uniformes em quase todas profundidades.

Observou-se que o teor de NH_4^+ não diferiu quanto à profundidade, este fato pode estar relacionado com o pouco tempo de adoção do SPD e o solo em estudo ter 18 anos de plantio convencional com aração profunda e incorporação dos restos culturais, favorecendo a mineralização do mesmo. Sabe-se também que a mobilidade do amônio é menor que a do nitrato devido sua carga positiva favorecer a retenção pelos colóides do solo, porém ela ocorre e principalmente no SPD onde há uma maior infiltração de água. Também se deve considerar que os teores de NH_4^+ foram bem superiores aos de NO_3^- .

Observou-se que o teor de N total no solo diminuiu com a profundidade, fato este esperado, pois o N total acompanha o teor de matéria orgânica, que diminui com a profundidade. SOUZA & MELO (2000) observaram que o sistema de semeadura convencional apresentou menor teor de N total na fração solúvel em água e disponibilizou maior quantidade de nitrato na camada superficial do solo (0-20cm), sendo que os teores de nitrato no solo não diferiram nas camadas de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm. Observa-se que não houve diferenças estatísticas entre essas variáveis para médias de épocas de aplicação de N e os valores ficaram dentro dos consideradas normais para o tipo de solo utilizado.

Tabela 07. Médias e teste de Tukey para níveis de N, épocas de aplicação, ano e profundidades, referentes às avaliações: N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-mineral e N total no solo, na época do florescimento da cultura, cultivos 1998/99 e 1999/00.

TRATAMENTOS	Parâmetros avaliados			
	N - NH ₄ ⁺	N - NO ₃	N - mineral	N total
	-----mg kg ⁻¹ -----			g kg ⁻¹
Médias de níveis				
0	7,04 ^a	2,67	9,71	0,92 ^b
60	9,75	4,05	13,08	0,96
120	9,99	4,25	14,25	0,99
180	10,30	4,56	14,86	0,97
Médias de épocas				
Todo N na semeadura	9,81	3,80	13,61	0,98
Todo N de 4 a 6 folhas	9,57	3,93	13,50	0,96
Todo N de 8 a 10 folhas	9,27	4,28	13,55	0,96
½ Sem. + ½ 4 a 6 folhas	8,86	3,79	12,65	0,97
½ Sem. + ½ 8 a 10 folhas	9,38	3,57	12,95	0,97
½ 4 a 6 + ½ 8 a 10 folhas	7,93	3,98	11,91	0,95
Médias de ano				
1998/99	12,50 a	2,30 b	14,92 a	0,92 b
1999/00	6,80 b	6,01 a	12,81 b	0,99 a
Médias de profundidades				
0 - 10	10,27	4,44 a	14,71 a	1,14 a
10 - 20	8,80	3,88 b	12,68 b	0,96 b
20 - 40	8,58	3,26 c	11,84 b	0,79 c

Obs: Médias seguidas por letras comuns, na coluna, não diferem entre si ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Os dados referentes a N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ e N mineral foram transformados por Raiz de X+0,5

$$^aY = 7,1670 + 0,0467x - 0,0002x^2 \quad R^2 = 0,95$$

$$^bY = 0,9330 + 0,0003x \quad R^2 = 0,62$$

Para médias de profundidades houve diferença estatística para N-NO_3^- e N mineral. Os maiores valores foram encontrados na camada de 0 a 10 cm, diferindo estatisticamente das demais profundidades em estudo. SÄ (1993) também verificou maior conteúdo de N mineral, através da incubação de amostras, na camada de 0 a 7,0 cm. Já GONÇALVES et al. (2000) observaram diferenças apenas na camada de 0 a 2,5 cm, isto certamente está ligado ao teor de matéria orgânica do solo, o qual vai decrescendo com a profundidade do perfil do solo, portanto, verifica-se a importância do uso de culturas que promovam maior retorno de resíduos ao solo. Os dados de concentrações não se ajustaram a função linear, quadrática ou cúbica, em relação aos níveis de N aplicado.

A pequena variação do teor de NO_3^- , no solo em função das médias de épocas de aplicação do N pode estar relacionado com a nitrificação do mesmo, devido à atividade dos microrganismos nitrificadores no SPD ser mais lenta, a qual proporciona uma pequena nitrificação no solo. SILVA (1994) comentou que as maiores taxas de nitrificação ocorrem em solos com pH próximo da neutralidade, VITTI et al. (1999) citaram que menor teor de nitrato no solo no SPD pode estar ligado ao pH, por que nesse, geralmente, as culturas são cultivadas em pH inferiores àqueles utilizados no sistema convencional, favorecendo a uma menor nitrificação. O teor de NH_4^+ foi superior ao de nitrato em ambos os cultivos. No presente trabalho as médias de pH foram abaixo de 6,0 o que pode ter favorecido à uma menor nitrificação.

Observa-se que houve um incremento no teor de N total do solo no durante o período avaliado. Neste caso, fica evidente que parte do N mineral aplicado se converteu em N orgânico, incrementando o N total do solo. BAYER & MIELNICZUK (1997) observaram que a adoção de métodos de preparo do solo que promoveram menor revolvimento resultou, após cinco anos, em incremento do conteúdo de N total, sendo este restrito às camadas superficiais 0-2,5 e 2,5-7,5 cm. DALAL (1989) encontrou maior conteúdo de N total, 322 kg ha^{-1} , na camada de 0-30 cm, em solo não revolvido comparado com preparo convencional, após treze anos da instalação dos sistemas correspondendo a uma taxa adicional de retenção de 25 kg ha^{-1} ano. As diferenças nos teores de N total entre as camadas estudadas, certamente é devido ao não revolvimento do solo e aos resíduos de culturas anteriores concentrarem-se na superfície do solo, além das raízes em decomposição concentrarem, principalmente, na camada de até 20 cm.

Nas Figuras 07, 08, 09 e 10 constam os desdobramentos da interação ano versus níveis de N, para NO_3^- e N mineral, referente aos cultivos 1998/99 e 1999/00, respectivamente, observa-se que os dados para as duas variáveis, em ambos os anos, ajustaram-se à equação quadrática. Observa-se ainda, que os teores de NO_3^- no cultivo 1998/99 foram bem inferiores aos obtidos no cultivo 1999/00. Isto provavelmente, foi devido à calagem realizada antes do segundo cultivo e também, em função do tempo maior de adoção do SPD com maior decomposição dos restos da cultura do milho e palhada do milheto. Pode se observar ainda que no tratamento que não recebeu N, houve menor teor de NO_3^- e N mineral, certamente devido à menor mineralização do N da matéria orgânica pelos microrganismos e também, não haver efeito residual do N nesse tratamento. Outro fato que se deve levar em consideração é a pluviometria ocorrida na área no período compreendido entre a semeadura do milho em Dezembro até início de Fevereiro (florescimento do milho), época em que foram realizadas as análises para determinação das formas de N no solo, a qual foi de 640,3 mm no ano 1998/99 contra 337,4 mm no ano 1999/00, o que pode ter favorecido a uma maior lixiviação do NO_3^- , no primeiro ano. Esse comportamento bastante diferenciado nos dois anos de cultivo evidencia a alta mobilidade das formas de N mineral no solo, demonstrando a importância de um bom manejo para redução nas perdas das mesmas e, consequentemente, menor contaminação dos recursos hídricos e maior aproveitamento pelas plantas, levando a uma maior produtividade e lucratividade.

Na Tabela 08 constam os resultados da análise química do solo na época do florescimento da cultura, para P, matéria orgânica, pH, K, Ca, Mg, H+Al, Al, soma de bases, CTC e saturação por bases, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, cultivo 1998/99. Pelo pouco tempo a que foi o experimento submetido aos tratamentos, a diferença entre estes e os valores obtidos antes da instalação do experimento deve-se provavelmente à amostragem inicial não ter sido representativa, tendo em vista que antes da instalação foi feita uma amostra composta para área total, para cada profundidade. O fato da saturação por bases estar baixa, certamente foi influenciado pelas condições de clima e/ou cultura, justificando a calagem superficial realizada em agosto de 1999.



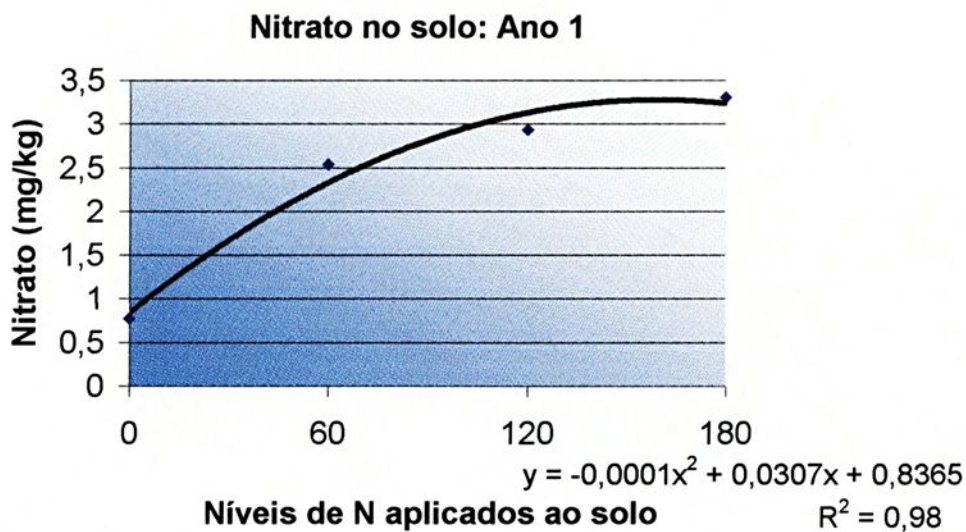


Figura 07. Médias de NO_3^- no solo referente ao desdobramento da interação ano versus níveis de N, cultivo 1998/99.

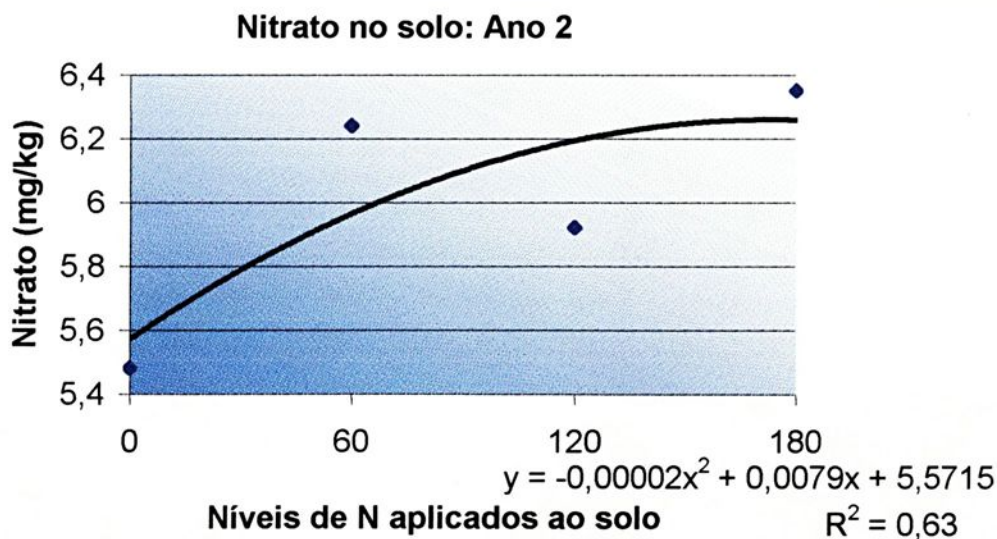


Figura 08. Médias de NO_3^- no solo referente ao desdobramento da interação ano versus níveis de N, cultivo 1999/00.

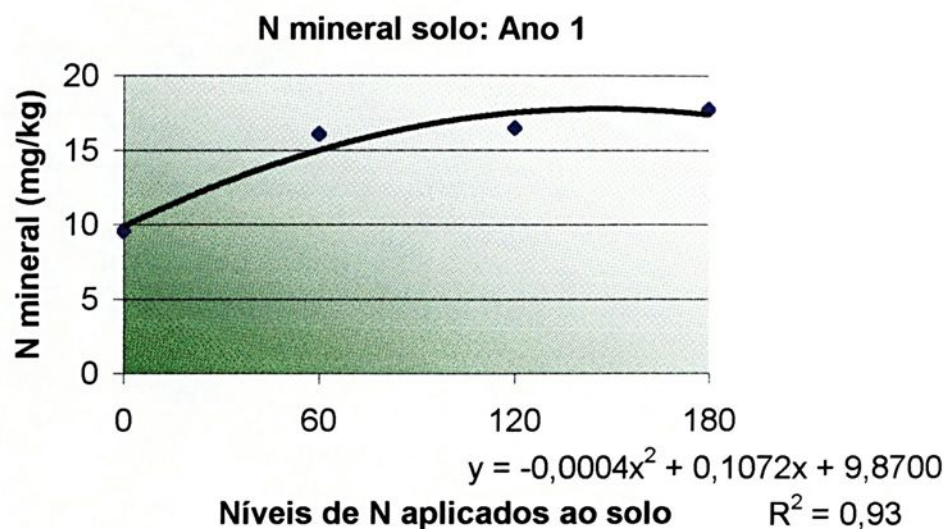


Figura 09. Médias de N mineral no solo referente ao desdobramento da interação ano versus níveis de N, cultivo 1998/99.

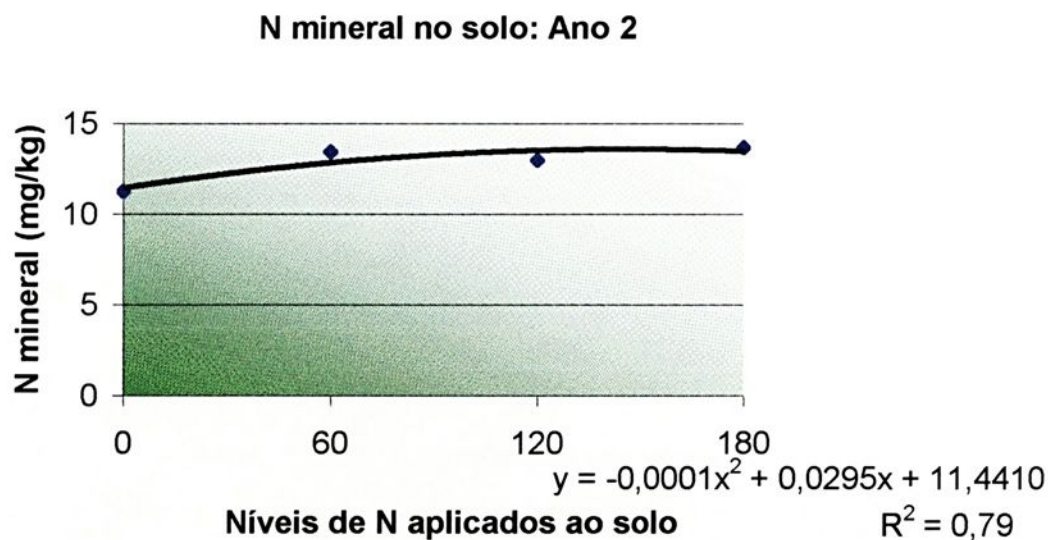


Figura 10. Médias de N mineral no solo referente ao desdobramento da interação ano versus níveis de N, cultivo 1999/00

Tabela 08. Resultados médios da análise do solo para pH, MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, CTC e V% na época do florescimento da cultura, cultivo 1998/99.

Níveis de N	Prof.	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
kg ha ⁻¹	cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmol _c dm ⁻³ -----							%
0	0-10	11	24	4,5	2,6	14	4	34	4	20,6	54,6	38
	10-20	10	22	4,6	0,6	15	5	33	4	20,6	53,6	38
	20-40	4	17	4,6	0,5	11	3	30	5	14,5	44,5	33
60	0-10	11	25	4,7	2,8	15	5	35	3	22,8	57,8	39
	10-20	8	23	4,8	0,8	16	5	33	4	21,8	54,8	41
	20-40	5	18	4,8	0,6	13	4	28	4	17,6	45,6	38
120	0-10	15	26	4,6	3,4	15	4	34	4	22,4	56,4	40
	10-20	9	23	4,6	1,0	15	5	34	4	21,0	55,0	38
	20-40	5	16	4,7	0,6	12	4	30	4	16,6	46,6	36
180	0-10	13	26	4,6	3,1	15	4	36	4	22,1	58,1	38
	10-20	8	23	4,7	1,1	16	4	34	4	21,1	55,1	39
	20-40	4	17	4,8	0,6	13	3	28	4	16,6	44,6	37

Na Tabela 09 encontram-se os resultados médios da análise do solo, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, realizadas antes da semeadura 1999/00. Pode-se observar que apesar do pouco tempo decorrido após a calagem (80 dias), comparando os resultados com os obtidos por ocasião do florescimento da cultura no cultivo 1998/99 (Tabela 08), já foi possível observar algumas mudanças, principalmente na camada de 0 a 10 cm. Essas mudanças ficam mais evidentes nos resultados por ocasião do florescimento da cultura no cultivo 1999/2000 (Tabela 10), principalmente, com relação ao pH, Ca, Mg, e Al. Trabalhos realizados por OLIVEIRA & PAVAN (1996), CAIRES et al. (1998), também mostram resultados semelhantes nesses parâmetros. CAIRES et al. (2000), avaliando a calagem em superfície no SPD, concluíram que este método foi eficiente para a correção da acidez de camadas superficiais do solo e subsolo e favoreceu o aumento da produtividade de grãos do milho, porém a calagem superficial deve ser recomendada para solo com pH (CaCl_2) inferior a 5,6 ou saturação por bases inferior a 65%, na camada de 0–5 cm. Pequeno ou nenhum movimento do calcário colocado em superfície foi observado por PAVAN (1984); CAIRES et al. (1998). Já POTTKER & BEN (1998) observaram resultados positivos e citaram que a quantidade de calcário no SPD talvez seja menor que no sistema convencional.

Na Tabela 11 encontram-se os valores referentes às análises de solo realizadas em outubro de 2000, dois anos após a implantação do experimento e quatorze meses após a realização da calagem superficial. Observa-se que houve um grande aumento nos teores de fósforo, sendo mais acentuado na camada de 0 a 10 cm, isto pode estar ligado com a solubilização de fósforo orgânico nessa camada devido aos resíduos vegetais e a intensa atividade microbiana. Houve pequeno incremento no teor de matéria orgânica nas camadas superiores, isto devido ao pouco tempo de adoção do SPD. Observam-se pequenas alterações nos valores de pH. Quanto ao potássio, observa-se aumento em todas as camadas avaliadas. Isto certamente se deve à inclusão do milheto na sucessão com o milho, o qual é um grande reciclador de potássio das camadas mais profundas, que segundo PITOL (1999) é de aproximadamente 35 kg por tonelada de matéria seca e deve-se levar em consideração o sistema radicular que também é abundante, porém, não foi avaliado no presente trabalho. Pode estar ligado ainda ao efeito residual da adubação potássica de cobertura no milho (50 kg ha^{-1}). Houve aumento nos teores de cálcio e principalmente de magnésio, certamente em função ter sido utilizado um calcário dolomítico.



Tabela 09. Resultados médios da análise do solo para pH, MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, CTC e V%, realizada em outubro de 1999.

Níveis de N	Prof.	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
kg ha ⁻¹	cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmol _c dm ⁻³ -----							%
0	0-10	16	31	4,8	2,6	16	14	34	1	32,7	66,7	49
	10-20	9	26	4,4	1,4	12	9	42	5	22,3	64,3	35
	20-40	1	18	4,5	0,8	12	11	31	4	23,8	54,8	43
60	0-10	10	31	4,7	1,6	22	11	34	3	34,7	68,6	50
	10-20	5	25	4,5	0,5	14	4	34	5	18,5	52,5	35
	20-40	1	17	4,5	0,4	11	5	31	4	16,4	47,4	35
120	0-10	8	28	4,8	1,7	29	19	34	2	49,7	83,7	59
	10-20	9	25	4,6	0,5	16	4	38	4	20,5	58,5	35
	20-40	1	16	4,6	0,3	12	3	28	4	15,3	43,3	35
180	0-10	9	28	4,7	2,2	22	9	38	3	33,2	71,2	47
	10-20	5	22	4,6	0,6	14	3	33	7	17,6	50,6	35
	20-40	1	18	4,4	0,2	12	3	28	4	15,2	43,2	35

Tabela 10. Resultados médios da análise do solo para pH, MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, CTC e V% na época do florescimento do milho, cultivo 1999/00.

Níveis de N kg ha ⁻¹	Prof. cm	P mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V %
-----mmol _c dm ⁻³ -----												
0	0-10	23	32	5,0	3,0	24	9	32	2	36,0	68,0	53
	10-20	15	27	4,5	2,0	14	3	38	4	19,0	57,0	33
	20-40	2	20	4,7	1,2	11	2	28	3	13,2	41,2	32
60	0-10	15	32	5,0	2,7	22	9	29	1	33,7	62,7	54
	10-20	6	27	4,6	1,1	17	4	36	4	22,1	58,1	38
	20-40	2	19	4,7	0,4	11	2	28	3	13,4	41,4	32
120	0-10	18	34	4,7	2,9	25	9	35	2	36,9	71,9	51
	10-20	7	27	4,6	1,4	15	3	36	4	19,4	55,4	36
	20-40	2	20	4,7	0,6	11	2	29	4	13,2	42,7	31
180	0-10	24	32	4,8	2,7	23	9	34	2	34,7	68,7	51
	10-20	9	28	4,6	1,8	17	4	38	3	22,8	60,8	38
	20-40	1	19	4,6	0,6	13	3	29	3	16,6	45,6	36



Tabela 11. Resultados médios da análise do solo para pH, MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, CTC e V%, realizada em outubro de 2000.

Níveis de N	Prof.	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
kg ha ⁻¹	cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----mmol _c dm ⁻³ -----							%
0		45	31	4,9	2,7	29	23	34	1	53,8	7,8	61
	10 – 20	10	27	4,4	1,5	14	9	42	4	24,3	66,3	37
	20 – 40	4	18	4,6	0,7	10	7	31	3	17,5	48,5	36
60	0 – 10	55	35	4,9	3,3	24	18	38	1	45,8	83,8	55
	10 – 20	27	27	4,4	1,9	16	7	42	4	26,3	68,3	38
	20 – 40	18	18	4,6	1,1	8	8	31	3	15,7	46,7	34
120	0 – 10	43	36	5,0	3,0	24	19	34	1	46,5	80,5	58
	10 – 20	11	29	4,5	3,1	16	10	42	3	28,9	70,9	41
	20 – 40	4	20	4,5	0,8	10	8	34	4	19,1	53,1	36
180	0 – 10	25	33	4,8	3,0	20	16	34	1	39,3	73,3	54
	10 – 20	9	27	4,4	1,9	16	9	42	4	26,9	68,9	39
	20 – 40	1	18	4,5	0,8	10	7	34	4	17,4	51,4	34



Observou-se ainda, uma redução nos teores de alumínio, aumento na soma de bases, capacidade de troca e saturação por bases. CAIRES et al. (2000) concluíram que a calagem superficial apresenta eficiência na correção da acidez de camadas superficiais do solo e do subsolo e que o método da elevação da saturação por bases para 65%, na profundidade de 0 a 20 cm, apresenta estimativa adequada para recomendação de calcário em superfície em SPD.0-5cm.

Sabe-se que a uréia promove acidificação do solo devido à conversão em nitrato, no entanto, isso não foi tão acentuado, o que certamente está relacionado com o poder tampão da matéria orgânica e à calagem realizada. No SPD as reações ocorrem de maneira bastante diferenciada do sistema convencional, devido à não incorporação dos resíduos culturais e às condições de umidade e temperatura. As condições de pH mais baixo favorecem o grupo de microrganismos amonificadores, o que poderia estar relacionado à obtenção de maiores teores desse íon em relação ao de NO_3^- , no presente trabalho.

Nas Tabelas 12 e 13 encontram-se os valores referentes a cobre, ferro, manganês, zinco e boro, no solo, antes da semeadura e florescimento, respectivamente, no cultivo 1999/00. Observa-se que os valores estão dentro das faixas consideradas adequadas para cultura do milho, preconizadas por RAIJ et al. (1996) e MALAVOLTA et al. (1997). Deve se considerar que o solo em estudo é de cerrado. Porém, vem sendo cultivado há 18 anos com plantio convencional com incorporação dos resíduos culturais e recebeu nos anos anteriores, fórmulas contendo micronutrientes, o que justifica esses teores no solo e nas análises foliares.



Tabela 12. Valores médios referentes a cobre, ferro, manganês e zinco no solo antes da semeadura, cultivo 1999/00.

Níveis de N	Prof.	Avaliações				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
kg ha ⁻¹	cm	mg dm ⁻³				
0	0 - 10	0,39	3,45	26,75	36,35	1,42
	10 - 20	0,35	2,69	19,28	21,80	0,98
	20 - 40	0,31	1,72	12,86	12,10	0,52
60	0 - 10	0,32	3,48	27,30	51,20	1,66
	10 - 20	0,25	3,23	23,60	32,45	1,18
	20 - 40	0,22	2,03	12,06	17,75	0,66
120	0 - 10	0,36	3,56	23,75	51,90	1,60
	10 - 20	0,37	3,29	22,00	32,70	1,26
	20 - 40	0,33	1,80	12,25	18,00	0,44
180	0 - 10	0,55	3,58	27,65	41,70	1,62
	10 - 20	0,33	3,11	20,93	29,00	0,92
	20 - 40	0,30	1,78	9,93	15,80	0,62

Tabela 13. Valores médios referentes a cobre, ferro, manganês e zinco no solo na época do florescimento do milho, cultivo 1999/00.

Níveis de N	Prof.	Avaliações				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
kg ha ⁻¹	cm	mg dm ⁻³				
0	0 - 10	0,32	3,21	25,56	25,27	1,58
	10 - 20	0,32	2,85	24,30	18,32	1,32
	20 - 40	0,25	1,37	9,48	3,52	0,57
60	0 - 10	0,28	3,32	24,01	31,40	1,59
	10 - 20	0,26	2,60	28,86	25,15	1,24
	20 - 40	0,25	2,01	11,72	8,10	0,72
120	0 - 10	0,27	4,47	25,65	43,15	1,90
	10 - 20	0,25	3,17	26,47	33,20	1,33
	20 - 40	0,22	1,92	14,01	10,43	0,69
180	0 - 10	0,36	3,33	28,80	45,30	1,98
	10 - 20	0,35	3,26	26,47	34,72	1,41
	20 - 40	0,28	1,97	13,68	11,70	0,63

Na Tabela 14 constam os resultados médios da análise física do solo para macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, realizadas antes do cultivo 1999/00. Pode-se observar dentro das médias de profundidade que a variação dos dados foi pequena, demonstrando a homogeneidade da área e que os níveis e/ou épocas de aplicação do N provavelmente não exerceram influência nesses parâmetros. Os valores médios da macroporosidade de 0 a 10 cm estão abaixo de 10% e os de 10 a 20 cm estão próximos a esse valor o que poderia trazer problemas de aeração ao sistema radicular das plantas.

Tabela 14. Valores médios referentes à macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, antes do cultivo 1999/00.

Níveis de N kg ha ⁻¹	Prof. cm	Avaliações		Porosidade Total	Densidade do Solo Kg dm ⁻³
		Macroporosidade	Microporosidade m ³ m ⁻³		
0	0 - 10	0,07	0,32	0,39	1,53
	10 - 20	0,08	0,32	0,40	1,51
	20 - 40	0,14	0,33	0,47	1,35
60	0 - 10	0,08	0,33	0,41	1,55
	10 - 20	0,10	0,32	0,42	1,49
	20 - 40	0,14	0,32	0,46	1,33
120	0 - 10	0,07	0,33	0,40	1,55
	10 - 20	0,11	0,32	0,43	1,45
	20 - 40	0,13	0,32	0,45	1,33
180	0 - 10	0,07	0,33	0,40	1,55
	10 - 20	0,11	0,32	0,43	1,45
	20 - 40	0,13	0,32	0,45	1,33

Os maiores valores de densidade do solo foram observados nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm, por isso optou-se pela utilização de semeadora com mecanismo rompedor de haste, objetivando romper a camada superficial e facilitar o desenvolvimento radicular do milho, principalmente na fase inicial. Resultados das características físicas, semelhantes aos obtidos no presente trabalho, também foram observados por VIDIGAL FILHO et al. (2000), VIEIRA (1981), VIEIRA & MUZILLI (1984). Este fato se verifica devido a não movimentação do solo em SPD e ao menor trânsito de máquinas (pulverizadores, semeadoras,

colhedoras, etc.), muitas vezes com o solo com um teor de umidade inadequada. No SPD há uma tendência nos primeiros anos de cultivo de redução na macroporosidade e aumento de densidade do solo. Entretanto com o passar dos anos é de se esperar que a densidade do solo diminua e a macroporosidade aumente, devido ao aumento de matéria orgânica na camada superficial do solo que favorece um melhor desenvolvimento da estrutura do mesmo e os canais ou orifícios deixados por raízes mortas em decomposição e pela mesofauna do solo, principalmente as minhocas.

Como as características e/ou propriedades físicas do solo são interdependentes, a ocorrência de modificações em uma delas, normalmente, leva a mudanças nas outras. Assim, uma mudança na estrutura do solo, através do preparo, acarreta mudanças na porosidade, tamanho de poros, retenção e armazenamento de água, regime térmico e outras.

Na Tabela 15 encontram-se os valores referentes à macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, após o cultivo 1999/00. Comparando estes valores com os valores obtidos antes da semeadura do segundo cultivo (Tabela 14), observa-se que não houve grandes alterações nos mesmos. Esta estabilização certamente está ligada ao solo já ter passado pela acomodação mais passível de sofrer com a implantação do SPD, em função da não movimentação do mesmo e o trânsito de máquinas e implementos. Ressalta-se ainda, que o solo em estudo é argiloso, com presença de sesquióxido de ferro e de alumínio e muito susceptível à compactação. Porém, as produtividades que se conseguiu nessas condições, são relativamente altas comparadas com as médias da região. Isto deve ser devido aos benefícios como maior umidade e menor temperatura do solo melhorar o ambiente radicular e favorecendo o aumento de produtividade.

Na Tabela 16 encontram-se os valores médios referentes às análises de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, realizada em outubro de 2000, dois anos após a implantação do experimento. Observa-se que houve pequenas alterações em relação aos valores obtidos antes e após o cultivo 1999/00. Isto certamente é devido ao pouco tempo decorrido da última avaliação e o solo já ter passado pelo processo de acomodação natural quando se passa do cultivo no sistema convencional para o SPD, devido não haver mobilização mecânica.



Tabela 15. Valores médios referentes a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, após o cultivo 1999/00.

Níveis de N	Prof.	Avaliações			
		Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade do Solo
kg ha ⁻¹	cm	m ³ m ⁻³			Kg dm ⁻³
0	10 – 20	0,08	0,32	0,40	1,52
	20 - 40	0,10	0,33	0,43	1,45
	20 - 40	0,14	0,34	0,48	1,31
60	0 – 10	0,08	0,33	0,41	1,53
	10 – 20	0,11	0,33	0,44	1,44
	20 - 40	0,12	0,36	0,48	1,34
120	0 – 10	0,08	0,33	0,41	1,52
	10 – 20	0,10	0,33	0,43	1,48
	20 - 40	0,15	0,34	0,49	1,33
180	0 – 10	0,10	0,30	0,40	1,47
	10 – 20	0,10	0,31	0,41	1,47
	20 - 40	0,14	0,33	0,47	1,37

Tabela 16. Valores médios referentes a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo em outubro de 2000.

Níveis de N	Prof.	Avaliações			
		Macroporosidade	Microporosidade	Porosidade Total	Densidade do Solo
kg ha ⁻¹	cm	m ³ m ⁻³			Kg dm ⁻³
0	0 - 10	0,08	0,33	0,41	1,51
	10 - 20	0,09	0,33	0,42	1,47
	20 - 40	0,10	0,35	0,45	1,40
60	0 - 10	0,13	0,31	0,44	1,41
	10 - 20	0,18	0,31	0,49	1,32
	20 - 40	0,13	0,34	0,47	1,32
120	0 - 10	0,10	0,32	0,42	1,48
	10 - 20	0,12	0,32	0,44	1,43
	20 - 40	0,13	0,33	0,46	1,32
180	0 - 10	0,07	0,34	0,41	1,53
	10 - 20	0,16	0,32	0,48	1,37
	20 - 40	0,12	0,34	0,46	1,34

Nas Tabelas 17 e 18 constam os valores das correlações simples entre as avaliações estande inicial, estande final, altura de plantas, altura de espiga, teor de N na folha, teor de N no grão, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira e massa média de 1000, versus a produtividade de grãos, referentes aos cultivos 1998/99 e 1999/00, respectivamente. Verificou-se correlação positiva e significativa da produtividade de grãos, em ambos os cultivos, com todos os componentes de planta e produção, exceto em relação ao stand inicial, stand final e, também em relação ao número de fileiras de grãos por espiga no primeiro cultivo. Com relação à altura de plantas, uma planta bem nutrida em N tem melhor desenvolvimento de área foliar, maior sistema radicular, devido este nutriente estar ligado diretamente com a divisão e expansão celular e fotossíntese, podendo assim ter a sua altura aumentada. A correlação com a produtividade pode ser um efeito indireto, pois plantas bem nutrida desenvolvem mais e a boa nutrição conduz a uma maior produtividade.

O número de grãos por fileira e a massa de 1000 grãos são parâmetros diretamente relacionados à produtividade de grãos. O teor de N nas folhas conduziu a um maior teor de N nos grãos, facilitando assim a redistribuição na planta. O fato da concentração de N na folha se correlacionar com a produtividade é um indicativo que o elemento deve ser aplicado no local, época e doses, adequadas, para se ter um melhor aproveitamento e, portanto, maiores produtividades. Resultados semelhantes foram observados por SANTOS & PEREIRA (1994).

Pelos dados de precipitação ocorridos durante o cultivo 1998/99 (Anexo 01), observa-se que não houve períodos de estiagem que pudessem comprometer o bom desenvolvimento da cultura. Verifica-se ainda, que ocorreu uma acentuada precipitação no final do mês de dezembro a meados de janeiro, justamente quando foram realizadas as coberturas referentes aos estádios (4 a 6 e 8 a 10 folhas). Isto pode ter influenciado em alguns parâmetros avaliados, a exemplo das formas de N no solo, teor de N nas folhas e produtividade de grãos, devido a uma possível lixiviação de N no solo, mas, mesmo assim, observou-se que a produtividade média, de maneira geral, foi relativamente alta. SANGOI & ALMEIDA (1994), trabalhando com doses e épocas de aplicação de N, verificaram que quando houve stress hídrico, houve menor produtividade e maior efeito de doses de N, em termos de porcentagem, no rendimento de grãos. Devido à instabilidade e distribuição das precipitações pluviais, o milho não respondeu (tendo até um efeito negativo) a diferentes níveis de N aplicados em um Podzólico Vermelho-Amarelo.



Tabela 17. Correlações simples entre a produtividade de grãos versus avaliações individuais, referentes ao cultivo 1998/99.

TRATAMENTOS			AVALIAÇÕES									
A	B	C	Estande inicial plantas/m	Estande final plantas/m	Altura de planta M	Altura de Espiga m	Teor de N na folha g kg ⁻¹	Teor de N no grão g kg ⁻¹	Fileira de Grãos	Grãos/ fileira	1000 grãos g	Prod. de grãos kg ha ⁻¹
1	-	-	5,11	4,87	2,07	1,07	19,50	12,18	12,50	34,62	305,02	4400
2	60	-	5,07	4,97	2,18	1,15	23,20	12,73	12,87	35,68	318,32	6404
3	120	-	5,14	5,03	2,16	1,18	24,77	13,90	13,37	38,87	323,27	7687
4	180	-	5,12	4,83	2,16	1,18	26,52	14,06	14,12	41,37	329,15	7709
5	-	60	5,11	4,94	2,15	1,16	25,82	12,42	12,87	36,56	310,77	7227
6	-	120	5,12	5,00	2,17	1,16	27,80	13,16	13,62	38,37	323,35	7624
7	-	180	5,15	4,97	2,23	1,17	27,90	14,58	13,12	40,18	329,10	7828
8	-	-	5,16	4,90	2,07	1,11	24,02	11,37	13,75	35,93	308,40	5484
9	-	-	5,19	4,88	2,18	1,11	25,40	12,22	13,12	36,93	303,72	7543
10	-	-	5,12	4,97	2,12	1,16	26,31	13,51	13,37	37,12	324,95	7301
11	30	30	5,09	4,85	2,16	1,16	23,62	13,55	13,00	36,18	306,97	6599
12	60	60	5,09	4,94	2,18	1,20	25,70	14,42	13,12	38,56	332,30	7257
13	90	90	5,11	5,00	2,16	1,16	27,20	14,56	12,75	40,56	326,02	7366
14	30	-	5,12	4,97	2,19	1,08	25,70	13,05	13,25	36,25	310,65	6419
15	60	-	5,14	4,94	2,25	1,10	26,52	13,81	14,12	40,56	330,20	7313
16	90	-	5,06	5,00	2,22	1,12	26,50	14,52	12,62	36,25	329,05	7132
17	-	30	5,14	4,94	2,19	1,08	25,12	11,85	13,25	38,12	312,37	7033
18	-	60	5,14	4,94	2,11	1,12	25,97	13,47	12,62	39,43	325,50	7173
19	-	90	5,09	5,00	2,15	1,15	28,03	14,45	12,93	37,37	320,57	7415
Coef. de Correlação			0,13	0,38	0,60**	0,58**	0,85**	0,58**	0,27	0,69**	0,60**	

Obs: *e** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t.

A, B e C referem-se à aplicação do N na semeadura, estágio 4 a 6 folhas e estágio 8 a 10 folhas, respectivamente.

Tabela 18. Correlações simples entre a produtividade de grãos versus avaliações individuais, referentes ao cultivo 1999/00.

TRATAMENTOS			AVALIAÇÕES										
A	B	C	Estande inicial plantas/m	Estande final plantas/m	Altura de planta m	Altura de Espiga m	Teor de N na folha g kg ⁻¹	Teor de N no grão g kg ⁻¹	Fileira de Grãos	Grãos/ fileira	1000 grãos g	Prod. de grãos kg ha ⁻¹	
1	-	-	5,29	4,95	2,10	1,08	20,44	11,85	13,91	30,00	262,12	4166	
2	60	-	5,33	5,20	2,13	1,17	21,35	12,68	14,66	34,00	265,87	5430	
3	120	-	5,20	5,12	2,25	1,28	24,15	13,43	14,83	35,50	291,77	6524	
4	180	-	5,29	5,08	2,29	1,29	27,40	14,61	15,99	39,25	306,45	7311	
5	-	60	5,16	5,08	2,22	1,24	26,63	12,68	14,99	36,00	287,50	6631	
6	-	120	5,29	5,08	2,27	1,30	27,96	13,43	14,99	37,75	280,50	6914	
7	-	180	5,37	5,16	2,29	1,32	28,75	14,10	15,83	38,00	298,22	7528	
8	-	-	5,33	5,12	2,10	1,12	25,98	11,87	13,99	33,75	282,60	5486	
9	-	-	5,29	5,20	2,16	1,22	25,44	12,57	14,99	35,75	293,22	6818	
10	-	-	5,33	5,16	2,14	1,20	26,70	13,42	14,83	36,00	291,25	7324	
11	30	30	5,37	5,16	2,27	1,24	24,18	12,20	15,16	34,75	275,67	5916	
12	60	60	5,25	5,25	2,29	1,29	28,10	12,95	15,33	37,25	306,75	7826	
13	90	90	5,24	5,12	2,34	1,33	28,77	13,48	15,83	38,75	311,50	8030	
14	30	-	5,41	5,08	2,20	1,20	25,54	12,51	14,83	35,25	278,70	5773	
15	60	-	5,41	5,16	2,27	1,28	26,57	13,20	14,83	35,50	294,10	7038	
16	90	-	5,37	5,08	2,27	1,30	28,73	14,15	14,49	38,00	294,35	7124	
17	-	30	5,25	5,00	2,15	1,18	26,30	12,68	14,83	34,75	274,72	5510	
18	-	60	5,29	5,12	2,26	1,28	28,20	13,72	15,49	36,25	299,45	7159	
19	-	90	5,25	5,04	2,31	1,27	29,32	14,79	14,99	36,75	304,72	7358	
Coef. de Correlação			- 0,12	0,46	0,78**	0,88**	0,80**	0,73**	0,74**	0,90**	0,92**		

Obs: *** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t.

A, B e C referem-se à aplicação do N na semeadura, estágio 4 a 6 folhas e estágio 8 a 10 folhas, respectivamente.

Portanto, recomenda-se o parcelamento da adubação nitrogenada levando-se em consideração a fenologia (estágios de definição da produtividade e a marcha de absorção de N) da cultura, às condições climáticas e o tipo de solo. Pelos dados de temperatura máxima e mínima (Anexo 01), ocorridas na área experimental, durante o ciclo da cultura 1998/99, verifica-se que estas estiveram dentro da média da região.

Pelos dados de precipitação, no cultivo 1999/00 (Anexo 02), observa-se também, a não ocorrência de períodos de estiagem que comprometessem o bom desenvolvimento da cultura, porém, o atraso no início das chuvas, não permitiu a semeadura da cultura do milho em novembro, como estava previsto. Pelos dados de temperatura máxima e mínima (Anexo02), ocorridas na área experimental durante o ciclo da cultura, verifica-se que estes estiveram dentro da média da região. Porém, deve-se considerar que a temperatura na região é bastante elevada, principalmente a noturna. FANCELLI & DOURADO NETO (1996) citaram que a temperatura é um dos fatores de produção mais importante e decisivo para o desenvolvimento e rendimento do milho devido à redução no ciclo vegetativo, diminuição da atividade da redutase do nitrato e consequentemente, interferindo no processo de transformação e assimilação do N.



5 – CONCLUSÕES

A produtividade de grãos do milho foi influenciada pelos tratamentos, níveis e épocas de aplicação do N e, considerando-se os anos agrícolas 1998/99 e 1999/00, a máxima eficiência técnica foi alcançada com a dose de 166 kg ha⁻¹ de N, aplicada metade na semeadura e o restante no estádio 4 a 6 folhas e a máxima eficiência econômica, considerando a relação preço do fertilizante/preço do produto de 9,25/1, foi alcançada com a dose de 126 kg ha⁻¹ de N;

Houve correlação positiva e significativa da produtividade de grãos, em ambos os cultivos, com todos os componentes de planta e produção, exceto em relação ao stand inicial, stand final e, também em relação número de fileiras de grãos por espiga no primeiro cultivo;

O teor de NH₄⁺ no solo não diferiu nas três camadas estudadas e foi superior ao de NO₃⁻, em ambos os cultivos, porém com menor intensidade no segundo;

Observou-se maior teor de NO₃⁻ e N total no solo nas camadas superiores, decrescendo com a profundidade;

Observou-se maior teor de N mineral no solo na camada de 0 a 10 cm, não diferindo nas camadas de 10 a 20 e 20 a 40 cm;

O aumento da densidade do solo na camada de 0 a 10 cm causou redução da macroporosidade e da porosidade total, certamente, em função da reacomodação natural das partículas do solo em função da introdução do SPD e pelo trânsito de máquinas e implementos;

A quantidade de palhada produzida pelo milheto mais os restos da cultura anterior foram suficientes para promover uma boa cobertura do solo;

Nas condições em que foi conduzido o experimento recomenda-se a dose em torno de 120 kg ha⁻¹ de N, aplicando-se metade na semeadura incorporada a 10 cm da linha da cultura e o restante no estádio 4 a 6 folhas, incorporada a 20 cm da linha.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, M. Decomposición de la materia orgánica. In: **INTRODUCCIÓN a la microbiología del suelo**. México: AGT., 1980. cap.9, p.142-62.
- ALVARENGA, R.C. et al. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo de palha de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.273-7, 1986.
- AMADO, T.J.C. MILNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistema de manejo e cultura de coberturas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.553-60, 2000.
- ARGENTA, G. et al. Manejo do nitrogênio em milho implantado em sucessão a coberturas de inverno. Absorção de nitrogênio. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.225-8.
- BARBER, D.A., OLSON, R.A. Fertilizer use on corn. In: NELSON, L.B., et al. **Changing patterns in fertilizer**. Use. Madison, Wis.: Soil Science society of America, 1968. p.168-70.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. New York: J. Wiley, 1984. p.179-200.
- BASSO, C.J., CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura no solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.905-15, 2000.



- BAYER, C. **Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetado por métodos de preparo do solo e sistemas de culturas**. Porto Alegre, 1992. 172p. (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, 1996. 240p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BAYER, C., MIELNICZUK, J. Conteúdo de nitrogênio total num solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.235-9, 1997.
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A. et al. (Eds). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.374-90.
- BLEVINS, R.L. et al. Changes in soil properties after 10 years of continuous non-tilled and conventionally tilled corn. **Soil tillage Research**, v.3, p.135-46, 1983.
- BOQUET, D.J., COCO, A.B., JOHNSON, C.C. Response of corn to plant density and nitrogen rate. Annual progress report, Northeast Research Station and Macon Ridge Research Station, p.63-65, 1988.
- BORTOLINI, C.G. et al. Adubação nitrogenada em pré-semeadura e seus efeitos sobre o rendimento do milho em sucessão á aveia preta. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, **Resumos...** Uberlândia: 2000. p.250.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA-CNPq, 1999. 412p.
- BREMNER, J.M. Nitrogen-total. In: SSSA BOOK Series. 5. In: **Methods of soil analysis**. Part 3 - Chemical Methods. Madison: Wisconsin, 1996. p.1085-121.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.
- CAIRES, E.F. et al. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.161-9, 2000.

- CAIRES, E.F., BANZATTO, D.A. FONSECA, A.F. calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.27-34, 1998.
- CALEGARI, A. Aspectos gerais de adubação verde. In: COSTA, M.B.B.(Coord.), coordenador. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: ASPTA, 1993. p.1-55.
- CAMPBELL, C.A., MYERS, R.J.K., WEIER, K.L. Potentially mineralizable nitrogen, decomposition rates and their relationship to temperature for five Queens land Soils. **Australian Journal of Soil Research**, v.19, p.323-32, 1981.
- CAMPBELL, C.A., ZENTNER, R.P. Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. **Soil Science Society of America Journal**, v.57, p.1034-40, 1993.
- CAMPOS, B.C. et al. Estabilidade estrutural de um latossolo vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.121-6, 1995.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO MILHO E DO SORGO, 1993, Vitória, **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p.147-96
- CANTARELLA, H., ABREU, C.A., BERTON, R.S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: I.A. Guerrini e L.T. Büll (ed.), **Encontro Sobre Matéria Orgânica do Solo**. UNESP, p.63-122. 1992.
- CANTARELLA, H., RAIJ, B. van. Adubação nitrogenada no Estado de São Paulo. In: SANTANA, M.B.M., (Coord.) **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC, 1986. p.47-9.
- CARDOSO, J, MELO, F. B.Níveis de nitrogênio e produtividade de grãos de milho em solos aluvial eutrófico e areia quartzosa em condições de sequeiro. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000. Uberlândia, **Resumos...** Uberlândia: 2000. p.247.
- CARDOSO, M.J., MELO, F.B. Influência de níveis de nitrogênio na produtividade de grãos de milho In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5, REUNIÃO DE BIOLOGIA DO SOLO, 2. Caxambu. **Resumos...** Lavras: UFLA, 1998.



- CARTER, M.R., RENNIE, D.A. Nitrogen transformations under zero and shallow-tillage. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, p.1077-81, 1983.
- CATTELAN, A., VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.133-42, 1990.
- CERETTA, C.A. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto: sucessão aveia/milho. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 3, Ijuí, 1998. **Resumos e Palestras**. Passo Fundo: Aldeia norte, 1998. p.49-62.
- CERETTA, C.A. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia/milho, no sistema plantio direto. In: FRIES, M. R., DALMOLIN, R. S. D. **Curso de atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**, 3, 1997, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Editora Pallotti, 1997. p.112-24.
- COELHO, A.M. et al. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.61-7, 1992.
- DALAL, R.C. Long-term effects of no-tillage, crop residue, and nitrogen application on properties of a vertisol. **Soil Science Society American Journal**. Madison, v.53 p.1511-5, 1989.
- DERPSCH, R., NIKOLAS, S., HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.7, p.761-73, 1985.
- DOUGLAS, J.T., GOSS, M.J., HILL, D. Measurements of pores characteristics in a clay soil under ploughing and direct drilling, including use of a radioactive tracer (^{144}Ce) technique. **Soil Tillage Research**, v.1, n.1, p.11-8, 1980.
- EBELHAR, S.A; FREYE, W.W.; BLEVINS, R.L. Nitrogen from legume Cover crops for no tillage corn. **Agronomy Journal**, v.76, p.51-5, 1984.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **MILHO**: Informações técnicas. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1997. 222p. (Circular técnica, 5).



- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil 1996/97**. Londrina: EMBRAPA, 1996. 164p. (Embrapa-Soja. Documento, 96).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1979.
- ENWEZOR, W.O. Significance of the C: organic P ratio in the mineralization of soil organic phosphorus. *Soil Science*, v.103, n.1, 1976.
- ESCOSTEGUY, P.A.V., RIZZARDI, M.A., ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de N em cobertura na cultura do milho em 2 épocas de semeadura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.71-7, 1997.
- FANCELLI, A.L., DOURADO NETO. **Simpósio sobre fisiologia da produção e manejo da água e de nutrientes na cultura do milho de alta produtividade**. Piracicaba: PotaFos, 1996, 30p.
- FANCELLI, A.L., FAVARIN, J.L. Realidade e perspectivas para o sistema de plantio direto no Estado de São Paulo. In: FANCELLI, A.L. **Plantio Direto**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1989. p.15-34.
- FERNANDES, L.A. et al. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em latossolo sob vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p.247-54, 1998.
- FIGUEIREDO, M.S. et al. Densidade do solo e estabilidade dos agregados em diferentes sistemas de preparo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, n.996, Ponta Grossa-PR. **Resumos...** Ponta Grossa: IAPAR. 1996, p.116-17.
- FRANÇA, G.E. et al. Acumulação de massa seca e de nitrogênio na cultura de milho irrigado. In: RELATÓRIO Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1992-1993. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1994. p.29-30.
- GONÇALVES, C.N., CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.153-9, 2000.



- GROVE, L.T., RICHET, K.D., MADERMAN, G.C. Nitrogen fertilization of maize on oxisol of the cerrado of Brazil. **Agronomy Journal**, v.27, n.2, p.261-5, 1980.
- GUIMARÃES, G.L. **Efeitos de culturas de inverno e do pousio na rotação das culturas de soja e do milho em sistema de plantio direto**. Ilha Solteira, 2000. 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.) **Agronomy Journal**, v.55, p.487-92, 1963.
- HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.9, p.1021-30, 1985.
- HERNANDEZ, F.B.T., LEMOS FILHO, M.A.F., BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS - Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45p. (Série irrigação, 01)
- HERNANI, L. C., SALTON, J. C. Manejo e conservação de solos. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Milho: informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1997. p.39-67. (Circular técnica, 5)
- HOLTZ, G.P. **Dinâmica da decomposição da palhada e da distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambei (PR)**. Curitiba, 1995. 129p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 429p.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relação solo-água-planta**. São Paulo: Agronômico Ceres, 1979. 262p.
- KURAMOTO, C.M., FERNANDES, F.M. Resposta da cultura do milho (*Zea mays* L.) a adubação nitrogenada, sob semeadura direta. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10, 1998, Araraquara, **Resumos...** Araraquara: UNESP, 1998. p.330.
- LANTMANN, A.F. et al. Adubação nitrogenada no Estado do Paraná. In: SANTANA, M.B.M. (Coord). **Adubação Nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC, 1986. p.19-46.



- LARA CABEZAS, W.A.R. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado. **Revista Plantio Direto**, n.45, p.52-60, 1998.
- LARA, W.A.R. Volatilização de $N-NH_3$ na cultura de milho: I efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.481-87, 1997.
- LEANER, R.W., SHAW, B.A. A simple apparatus for measuring noncapillary porosity on extensive scale. **Journal American Society Agronomy**, v.33, p.1003-8, 1941.
- LERA et al. Absorção pelo milho do nitrogênio aplicado antecipado ou em cobertura em sistema de plantio direto In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3. 2000, Santa Maria: **Resumos...** Santa Maria: UFSM, 2000, p.113. (FertBio. 2000).
- MACHADO, E.C. et al. Fotossíntese, remobilização de reservas e crescimento de grãos em dois híbridos de milho sob deficiência hídrica na fase de enchimento de grãos. **Bragantia**, v.51, n.2, p.151-9, 1992.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola – adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 569p.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C. OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MELGAR, R. et al. Doses e épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado para milho em latossolo da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p.289-96, 1991.
- MELLO, F. A F. et al. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1989. 400p.
- MELLO, F. A. F. **Uréia fertilizante**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 192p.



- MELLO, F.A.F. et al. Efeito das doses e modos de aplicação de uréia na produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.269-74, 1988.
- MELLO, F.B., CARDOSO, M.J. **Milheto**: alternativa para cobertura do solo em plantio direto. Teresina: EMBRAPA/CPAMN, 1998. (Folheto informativo).
- MENGEL, D.B., BARBER, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, v.66, p.399-402, 1974.
- MOODY, J.E., SHER, G.M., JONES Jr., J.N. Growing corn without tillage. **Soil Science Society America Proceedings**, v.6, p.516-17, 1961.
- MULVANEY, R.L. Nitrogen - Inorganic Forms. In: SSSA BOOK SERIES: 5 - **Methods of Soil Analysis Part 3 - Chemical Methods**. Madison: Wisconsin, 1996. p.1123-84.
- MUZILLI, O. **Fertilidade do solo em plantio direto**. In: ATUALIZAÇÃO em plantio direto. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.147-60.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.95-102, 1983.
- OLIVEIRA, E.L., PAVAN, M.A. Control of acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil Tillage Reserch**. v.38, p.47-57, 1996.
- PAVAN, M.A., BINGHAM, F.T., PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum forllowing lime and gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science society. American Journal**, v.48, p.33-8, 1984.
- PEREIRA, P.A.A. et al. Assimilação e translocação de N em relação a produção de grãos e proteínas em milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, p.28-31, 1981.
- PERES, J.R.R., SUHET, A.R. Adubação nitrogenada no Planalto Central. In: SANTANA, M.B.M., (Coord). **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC, 1986. p.221-42.
- PIONEER Efeitos do nitrogênio: Doses. **Revista Área Polo**, v.5, n.11, p.12-6, 1995.
- PIONEER. **Características dos híbridos de milho**. Santa Cruz do Sul: PIONEER, 1999. 4p. (Boletim informativo).



- PITOL, C. et al. **O milho na integração agricultura-pecuária**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.8-9. (Informações agronômicas, 76).
- PITOL, C. O milho em sistema de plantio direto. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA CERRADOS, 1999. p.70-3
- POTTKER, D., BEM, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.675-4, 1998.
- RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: 1981. p.95-100.
- RAIJ, B. van. et al. A análise de solo para discriminar respostas à adubação para a cultura do milho. **Bragantia**, v.40, p.57-75, 1981.
- RAIJ, B. van. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. POTAFOS, Piracicaba: Ceres, 1991.
- RAIJ, B. van. QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81).
- RAIJ, B.van, QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285p.
- RIZZARDI, M.A. Manejo de nitrogênio no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1, 1995, Passo Fundo. **Resumos...**Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p.95-9.
- ROANE, C.W., TOLLIN, S., GENTER, C.F. Inheritance of resistance to maize dwarf mosaic virus in maize inbred line OH7B. **Phytopathology**, v.73, p.848-9, 1983.
- SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1993. 96p.
- SÁ, J.C.M. **Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 23p.
- SÁ, J.C.M. Nitrogênio: influência da rotação de culturas e resposta da cultura de milho em solo sob plantio direto. In: SÁ, J.C.M. (Coord). **Curso sobre manejo do solo no sistema plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1996. p.213-8.



- SÁ, J.C.M. Nitrogênio: transformações no solo, mobilização e imobilização. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1995. p.205-12.
- SÁ, J.C.M. Plantio direto: transformações e benefícios ao agroecossistema. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, Castro-PR. **Anais...** Fundação ABC, 1995. p.1-13.
- SALET, R.L. **Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto**. Porto Alegre, 1994. 110p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SALET, R.L. et al. Por que a disponibilidade de nitrogênio é menor no sistema plantio direto? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1997. p.217-9.
- SALET, R.L. et al. Por que a disponibilidade de nitrogênio é menor no sistema plantio direto? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Passo Fundo, RS. **Anais**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.217-9.
- SALTON, J.C., KICHEL, A.N. Milheto: uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, n.45, 1998. p.41-3.
- SALTON, J.C., PITOL, C., ERBES, E.J. **Cultivos de primavera: alternativa para produção de palha em Mato Grosso do Sul**. Maracajú: Fundação MS, 1993. 6p (Fundação MS. Informativo Técnico).
- SANGOI, L. ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de N para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.13-24, 1994.
- SANGOI, L. et al. Os híbridos modernos de milho usam o nitrogênio mais eficientemente para alcançarem rendimento de grãos elevados, CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000, Uberlândia. **Resumos...** Uberlândia: 2000, p.246.
- SANTOS, H.P. PEREIRA, L.R. Efeito de sistemas de sucessão de cultura de inverno sobre algumas características agronômicas de milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.11, p.1691-4, 1994.



- SILVA, C.A., Nitrificação em latossolo da região sul de Minas Gerais: Efeito da acidez do solo. **Ciência e Prática**, v.18, n.4, p.338-94, 1994.
- SIQUEIRA, N.S., SOUZA, C.M., GALVÃO, J.C.C. Sistemas de preparo e propriedades físicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1996, Ponta Grossa, **Resumos...** Ponta Grossa: IAPAR, 1996. p.114-5.
- SOUZA, W.J.O., MELO, J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.885-96, 2000.
- STINNER, B.R., HOYT, G.D., TODD, R.L. Changes in soil chemical properties following a 12-year fallow: comparison of conventional tillage and no-tillage agro ecosystems. **Soil Tillage Research**, v.3, p.277-90, 1983.
- UEMURA, Y. URBEN FILHO, G., NETTO, D.A.M. Pearl millet as a cover crop for no-till soybean production in Brazil. **International Sorghum and Millet Newsletter**, 487X: p.141-3, 1997.
- ULGER, A.C., BECKER, A.C., KANT, G. Response of various maize inbreed line and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. **Journal of Agronomy and Crop Science**. v.159, n.3, p.157-63, 1995.
- UNGER, P.W. Organic matter, nutrient and pH distribution in no- and conventional tillage semiarid soils. **Agronomy Journal**, v.83, p.186-9, 1991.
- VALE, F.R., SILVA, C.A., PORTO, D. Nitrificação em solos do sudoeste da Bahia incubados com uréia ou sulfato de amônio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1991. Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p.180.
- VARGAS, L.K., SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por método de fumigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.411-7, 1998.

- VIDIGAL FILHO, P.S. et al. Efeito de sistema de na cultura do milho e em algumas propriedades físicas do solo. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000, Uberlândia **Resumos...** Uberlândia: p.276 2000.
- VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L., TORRADO, P.V., MACHADO, J. **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. cap.8, p.163-79.
- VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: PLANTIO Direto no Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 1981. Cap.2, p.19-32, 1981. (Circular IAPAR, 23).
- VIEIRA, M.J., MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.7, p.873-82, 1984.
- VIGIL, M.F., KISSEL, D.E. Equations for estimating the amount of nitrogen mineralized from crop residues. **Soil Science Society of America Journal**, v.55, p.757-61, 1988.
- VITTI; G.C. et al. **Manejo do nitrogênio em diversos sistemas de produção**. Piracicaba: SERRANA, 1999. 36p.
- VOMICIL, J.A. Porosity. In: BLACK, C.A. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.299-314.
- WIETHOLTER, S. Adubação nitrogenada para trigo cultivado após as culturas de soja e de milho, em sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.221-4.
- WOOD, C.W., WESTFAL, D.G., PETERSON, G.A. Impacts of cropping intensity on carbon and nitrogen mineralization under no-till dryland agroecosystems. **Agronomy Journal**, v.82, p.1115-20, 1990.
- YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho: como melhorar a eficiência ?**. Piracicaba: POTAFOS, 1995. 3p. (Informações Agronômicas, 71)
- YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar**, Piracicaba: POTAFOS, 1996. 5p. (Informações Agronômicas, 74).

ANEXOS



Anexo 1. Dados diários da precipitação (mm), umidade relativa do ar (UR) e temperaturas máxima e mínima, ocorridos na área experimental, durante o período de condução da cultura, cultivo 1998/99.

NOVEMBRO/98					DEZEMBRO/98				
Data	Precip. mm	U.R. %	Temperatura Máx. Mín.		Data	Precip. mm	U.R. %	Temperatura Máx. Mín.	
1		57,3	29,2	16,2	1		78,3	31,4	23,8
2		56,5	29,6	16	2		66,3	31,4	23,2
3		61,5	30,8	21,2	3		68,5	34	24,2
4		61,5	31	20,8	4	5,4	86,5	36,6	25
5		54,8	32,2	21,6	5	43,7	95,0	34	23,2
6		44,5	34	20,8	6	11	69,5	33,8	21,6
7		57,3	-	-	7	Semeadura	57,5	33,6	21,4
8	3,0	55,8	36,6	20,3	8		55,8	34,2	23,8
9		65,5	36,6	20,8	9	2,4	76,0	32,2	24,6
10		76,3	33	20,6	10	23,8	82,5	30,8	23,4
11		58,0	28	21,2	11		81,3	27	23
12		60,5	29,2	19	12	3	65,8	31,4	19,6
13		79,3	25,8	22,6	13		70,8	33	19,4
14		74,5	25,6	15,4	14		75,5	33	22,8
15	49	54,8	32	16,2	15	6,4	81,0	30,6	23,6
16		50,8	34,8	22,2	16	8,5	68,5	31,6	20,4
17		62,3	34,2	21,8	17	25	78,8	32,6	23
18		58,3	30	22,6	18		60,5	28,2	19,6
19		60,3	30	20,6	19		56,3	30,5	18
20		53,3	31,6	20,2	20		55,0	33,2	15,8
21		45,3	33	21	21		64,5	34,8	19,4
22		46,3	33,6	22	22	33,8	80,3	28,2	21,8
23		47,5	33,6	21,8	23	6,2	83,3	28,2	20
24		46,3	33,8	21,2	24	5,4	89,5	29,2	21,8
25	11,2	74,5	33,4	24	25		81,0	29,2	22
26	8,0	74,8	33	22	26		72,5	30,6	21
27	1,8	73,8	29	22,6	27		72,8	32	17,6
28		70,0	32,6	20,4	28	2	81,3	32,2	18,4
29		58,8	33	20	29	69,4	90,8	32	21,2
30		61,8	34,8	24	30		68,3	32,2	16,8
		-	-	-	31		81,3	32	20,2
Total	73,8					257,7			

Continuação do Anexo 1.

JANEIRO/99					FEVEREIRO/99				
Data	Precip. mm	U.R. %	Temperatura Máx. Mín.		Data	Precip. mm	U.R. %	Temperatura Máx. Mín.	
1	16,6	89,8	31,8 16,4		1	1,2	77,3	32 22,6	
2	1,5	84,5	30,8 16,2		2	40	83,5	32,2 23	
3	10,5	83,3	29 16		3	0	69,0	31,2 21,8	
4	14	84,5	30 23,2		4	0	73,3	34 23,4	
5	4,8	91,3	28,6 23,4		5	0	61,8	34,8 23	
6	54	64,8	28,4 23,4		6	0	66,5	35,4 19,8	
7	53	94,5	25,4 22,4		7	15,5	66,8	35,4 22,4	
8	37,2	82,5	28,8 22,2		8	31	78,3	29,2 22,6	
9	2,5	81,0	31 23		9	5,7	89,0	29 22,6	
10	0	69,5	31,8 23		10	0	64,5	31,6 22,4	
11	0	67,5	29,6 22,4		11	34	78,5	33,4 23,2	
12	0	68,8	30,8 23,2		12	0	72,8	30 22,6	
13	0	72,5	31,8 23,2		13	15,6	81,0	33 22,5	
14	48	77,3	30,6 23		14	23,5	81,0	33,4 20	
15	6,6	81,8	30 21,6		15	0	60,0	33,6 21	
16	24,7	85,3	30 22,2		16	0	67,0	34,8 22	
17	2,3	68,8	30 22		17	31	75,3	34,8 23,2	
18	2,7	61,3	33 22		18	0	71,3	33,8 22,2	
19	0	59,5	33 22		19	6,2	77,3	31,6 22,6	
20	0	48,8	35,2 23		20	0	80,5	31,8 19,6	
21	14,2	42,3	36 23,6		21	0	70,8	32 20,2	
22	1,5	75,3	29,4 21,4		22	0	66,8	30,8 21,8	
23	0	57,3	31,4 19,6		23	7	73,3	31,2 22,8	
24	0	58,3	35 22		24	0	70,5	32 23	
25	0	58,8	33,6 23,4		25	30,8	83,0	32 23,2	
26	0	73,0	29,4 24,6		26	0	64,3	29,2 20,8	
27	30	81,8	32 23,2		27	2,7	79,0	30,2 19,2	
28	12	76,0	31,2 21,8		28	0	82,5	31,2 19	
29	24,6	78,3	30,2 22,8		29	-	-	- -	
30	16,5	82,8	30,2 24,2			-	-	- -	
31	36	81,0	30 19,8			-	-	- -	
Total		413,2					244,0		

Continuação do Anexo 1.

MARÇO/99					ABRIL/99				
Data	Precip.	U.R.	Temperatura		Data	Precip.	U.R.	Temperatura	
	mm	%	Máx.	Mín.		mm	%	Máx.	Mín.
1		77,5	30,2	22,4	1		71,5	32,6	23,6
2	27	81,3	29,6	22,6	2		54,0	-	-
3	8	78,5	30,8	22,2	3		52,3	-	-
4		72,8	31,4	23,4	4		60,8	-	-
5		67,0	31,6	23,2	5		61,0	33,8	20
6		54,8	33	20,4	6		58,3	34,6	22,6
7		71,5	31	20,2	7		74,8	34,6	24,4
8	3	82,5	31	22,4	8		61,0	31,6	22,8
9	2,5	81,0	32	22,8	9		59,5	31	22
10		79,0	30,2	23	10		59,8	-	-
11	21,5	86,8	31,6	22,4	11		65,0	-	-
12	32,4	76,0	29,6	21,2	12		60,8	32,6	20,6
13		64,5	30,2	19	13		74,8	31,6	22,2
14		64,3	30,6	16,7	14	0,8	62,0	34	21,4
15		58,3	31,6	20,4	15	2,2	87,3	30	23,2
16		63,8	32	22,4	16	31,6	90,8	24	21,8
17		71,0	31,2	23	17		59,0	-	-
18		74,3	31,2	24	18		61,5	-	-
19		72,3	30,6	23,8	19		59,3	24,6	8,4
20		67,0	-	-	20		57,5	27,6	10,4
21		68,8	-	-	21		55,3	-	-
22		74,8	32	22,2	22		60,3	31,8	16,4
23		73,3	29	22,6	23		64,3	30,6	21
24		73,5	31	22,4	24	Colheita	49,5	-	-
25		80,0	32,4	22,8	25		72,3	-	-
26		66,8	32,4	22,6	26		59,3	30,8	15,8
27		65,8	-	-	27		60,8	29,2	19,2
28		55,3	-	-	28		73,0	28,2	19,2
29		64,0	34,8	23,6	29		66,8	29,8	17,4
30	2	62,8	33,6	23	30		59,0	30	17,8
31		73,3	29,2	22,8			-	-	-
Total	96,4						34,6		

Anexo 2. Dados de precipitação, umidade relativa e temperaturas máxima e mínima, ocorridos na área experimenta durante o cultivo 1999/2000.

DEZEMBRO/99				
Data	Preci mm	U.R. %	Temperatura	
			Máx.	Mín.
1		68,8	35,8	22,4
2		52,5	36,2	23,4
3		82,3	36,2	24
4		75,5	36,2	22,8
5		59,0	36,2	19,2
6	7	85,3	36,4	24,2
7	8,5	80,0	34,2	22,4
8*	32,4	83,0	34,2	23
9	6,6	71,8	34,2	22,2
10	16,9	72,8	34,2	22,6
11	5	92,8	34,2	22,4
12	6,5	87,0	29,4	20,4
13	2,5	81,5	29,8	22,6
14	11,6	94,8	30,2	23
15		51,3	31,2	20,8
16		46,8	33,2	19
17		45,0	33,4	19,2
18		45,8	34,2	24,4
19		43,8	35,2	24,4
20		51,0	36,4	22,4
21		48,0	36,8	29,2
22		59,8	37	17
23		62,8	37	31,4
24		58,8	36,4	22,4
25	14,5	87,5	33,2	22,2
26	4	51,5	33,4	22,2
27	3	69,3	33,6	22,2
28		62,0	35,4	22,4
29		64,3	35,2	22,2
30	24	67,3	35,4	22,2
31	10,4	84,8	35,4	22,2
Total	137,4			

JANEIRO/2000				
Data	Precip mm	U.R. %	Temperatura	
			Máx.	Mín.
1		71,0	30,3	22,4
2	29,5	76,0	33,0	22,3
3	1,0	80,8	30,0	22,8
4		72,3	31,0	25,4
5	11,0	80,3	31,2	22,8
6		68,3	31,0	22,4
7	11,8	22,8	31,2	23,4
8		78,5	30,0	22,6
9		65,0	30,6	22,0
10		56,3	32,4	22,8
11		59,3	33,0	22,8
12		67,3	33,8	24,0
13	7,2	63,3	33,8	22,6
14	4,6	61,3	33,0	22,4
15		60,3	34,6	24,2
16		54,5	35,0	23,4
17	29,0	72,3	35,2	24,4
18		67,3	35,0	23,6
19	32,4	71,8	35,2	23,4
20		72,8	35,8	22,4
21		65,0	32,6	23,6
22		48,3	33,6	24,8
23		50,3	35,2	23,4
24	13,0	71,3	34,1	23,8
25	31,3	69,3	36,2	24,2
26	5,7	87,5	36,0	23,8
27	-	74,8	30,8	22,2
28	-	67,3	32,1	23,6
19	5,5	78,3	31,4	22,8
30	10,8	78,8	33,0	23,0
31		51,0	35,2	22,0
Total	192,8			

* Obs. Semeadura do milho dia 08/12/1999

Continuação do anexo 2

FEVEREIRO/2000				
Data	Precip.	U.R.	Temperatura	
	mm	%	Máx.	Mín.
1	10,8	75,5	33,4	23,0
2		67,8	33,8	24,2
3	16,4	78,0	34,2	24,4
4		65,3	34,2	23,0
5	49	65,0	33,6	22,8
6	3	81,5	34,2	22,4
7	29,5	20,3	34,2	22,2
8	13,5	75,3	34,2	22,8
9	24,5	82,0	34,2	22,4
10	6,3	88,3	34,4	21,8
11	23,5	84,0	28,4	22,6
12	67,4	87,8	27,0	21,8
13	14,2	81,8	28,4	21,6
14		77,3	30,4	21,8
15		73,3	31,0	22,2
16		75,5	31,8	22,0
17		71,0	31,6	22,0
18		66,5	31,8	20,2
19		74,3	30,6	21,2
20		71,8	31,2	20,8
21		68,3	32,0	20,8
22		73,8	32,0	22,8
23		78,5	32,0	22,6
24		63,8	33,6	22,2
25		71,3	33,6	24,0
26		67,0	-	-
27	10	65,8	-	-
28		79,0	34,6	22,8
29	5,2	77,8	31,4	23,4
Total	273,3			

MARÇO/2000				
Data	Precip.	U.R.	Temperatura	
	mm	%	Máx.	Mín.
1	22,7	79,3	31,4	23,4
2	60	86,3	31,4	22,2
3	10,9	86,3	31,4	22,4
4	8,2	87,0		
5	33,6	84,0		
6		0,0	31,4	21,2
7	0,7	21,5	31,2	22,0
8	22,7	76,8	31,8	22,8
9		73,5	32,0	20,4
10	15,1	91,5	32,0	23,2
11		78,0	32,0	21,6
12	2,7	75,0	28,0	22,6
13		67,8	30,4	21,0
14	32	90,3	31,0	23,0
15	8,9	82,3	31,0	21,8
16	13,8	84,8	31,0	21,8
17		75,5	31,2	23,4
18	20,7	88,8		
19		78,5		
20		80,5	31,4	22,2
21	15,5	87,3	31,2	22,6
22		76,3	31,2	23,0
23		60,0	31,8	23,4
24		67,3	32,4	22,6
25		66,8	32,3	21,9
26	54,8	75,8	32,4	20,3
27	12,1	86,3	32,8	21,6
28		81,5	32,8	21,4
29		72,3	32,8	20,8
30		81,3	32,8	20,4
31		74,8	31,5	20,3
Total	334,4			

Continuação do anexo 2

ABRIL/2000			
Data	Precip.	Temperatura	
	Mm	Máx.	Min.
1		31,8	18,8
2		31,3	20,4
3		30,6	19,4
4		30,5	20,0
5		30,6	21,0
6		31,2	20,8
7		31,8	20,4
8		32,2	19,3
9		32,9	18,5
10	3,3	33,2	19,4
11		34,3	19,0
12	7,1	33,6	19,9
13		32,8	19,0
14		33,2	20,0
15		33,6	19,1
16		33,1	18,0
17	1,7	31,5	20,2
18	14,9	26,2	19,9
19	0,76	26,1	15,6
20		25,8	11,4
21		25,1	11,9
22		27,0	12,6
23		28,2	12,5
24		29,9	15,3
25		30,9	16,3
26	Colheita	31,4	17,9
27		31,6	17,8
28		31,3	17,3
29		31,4	17,2
30		31,8	19,3
Total	27,8		

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO
AV. BRASIL, 56 - CAIXA POSTAL 31
15385-000 - ILHA SOLTEIRA - SP

