

DISTRIBUIÇÃO DO NITROGÊNIO MINERAL TOTAL EM SISTEMA PLANTIO  
DIRETO NUMA ÁREA DE CERRADO

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 12/04/2002

---

Prof.<sup>o</sup>. Dr. Waldo A. R. Lara Cabezas  
(Orientador)

---

Prof.<sup>o</sup>. Dr. Gilberto Fernandes Corrêa  
(Membro da Banca)

---

Prof.<sup>a</sup>. Dra. Regina Maria Quintão Lana  
(Membro da Banca)

Uberlândia – MG  
Abril – 2002

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar saúde, força, fé e determinação para realização deste trabalho, mas também por todas as conquistas alcançadas até hoje.

Agradeço, a minha Família pelo amparo em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis.

Agradeço aos Engenheiros Agrônomos, Murilo Rodrigues Arruda e Adriano Tano Maeda, os quais cooperaram efetivamente para a realização deste trabalho.

Agradeço aos colegas da República Ouro Fino, pelo companheirismo nesses três anos de convívio, tornando-se amigos de grande valor e estima.

Agradeço a todos os técnicos do Laboratório de Análises de Solos do Instituto de Ciências Agrárias, pelo auxílio dado na realização das análises.

Agradeço a FAPEMIG por contribuir financeiramente e acreditar em nosso trabalho.

Agradeço o Sr. Fernando Ferraz proprietário da Fazenda Floresta do Lobo e Sr. Antônio Mauro administrador da fazenda, por estarem sempre abertos a trabalhos de pesquisa, e disponibilizando todos os recursos necessários para a realização deste projeto, entre outros.

Agradeço ao meu Orientador Professor e Amigo Dr. Waldo A. R. Lara Cabezas, por acreditar e confiar no meu trabalho, dando-me credibilidade para desenvolver este projeto de pesquisa e, que muito contribuiu tanto para a minha formação profissional quanto pessoal.

Finalmente, agradeço a todos aqueles aqui não citados, mas que direta e/ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

## ÍNDICE

1.INTRODUÇÃO .....	8
2.REVISÃO DE LITERATURA .....	10
3.MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1 Cultura da Soja .....	17
3.2 Cultura de Inverno .....	18
3.3 Tratamentos Experimentais .....	20
3.4 Procedimento de Amostragem de Solo .....	20
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
5.CONCLUSÃO .....	34
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35
APÊNDICE .....	38

## RESUMO

Este experimento realizado Fazenda Floresta do lobo, situada à margem da Br-050, km 93 no município de Uberlândia – MG, LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, muito argiloso, objetivou avaliar a distribuição do nitrogênio mineral total do solo (N-mt), nitrato e amônio, nas profundidades 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da soja (*Glycine max*), safra 97/98, e das culturas de inverno, milho (*Pennisetum americanum*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), inverno 98, em sistema plantio direto em um solo fase cerrado. O trabalho foi constituído de dois sistemas de sucessão de culturas para as coberturas de inverno, sendo um exclusivo com gramíneas (A), e o outro alternado, gramíneas/outras culturas (não gramíneas) (B). O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados em esquema fatorial sendo para a cultura da soja (4 profundidades x 7 épocas); milho e nabo antes do manejo (4 profundidades x 3 épocas) e milho e nabo forrageiro após o manejo (4 profundidades x 8 épocas x 2 culturas), em quatro repetições. O experimento foi iniciado com a cultura da soja, sendo utilizado a cultivar Primavera, ciclo semi-precoce, semeada em 16/11/97. A colheita da soja foi realizada em 07/03/98. As culturas de inverno nabo forrageiro e milho, foram semeadas em 17/03/98 e 22/03/98, respectivamente. As amostragens de solo tiveram aproximadamente, freqüência quinzenal, manejadas em 03/06/97. Os resultados mostraram que os teores de N-mt do solo encontrados na camada 0-5 cm de profundidade foram, significativamente superiores aos das demais camadas, tanto para a cultura da soja quanto para as culturas de inverno, nabo forrageiro e milho, antes e após o manejo. Os maiores picos de N-mt, 60,8 e 71,0 mg/kg de N, nabo forrageiro e milho, respectivamente, foram observados na camada 0-5 cm aos 125 dias após o manejo das culturas.

## **1. INTRODUÇÃO**

O nitrogênio nas suas formas de absorção, nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), é um dos nutrientes mais importantes ao desenvolvimento do ciclo vegetativo de uma planta e, com frequência, o mais limitante à produção das culturas.

Em solos tropicais, principalmente na região dos cerrados, é necessário o uso de fertilizantes nitrogenados em larga escala para que se consiga obter produtividades mais elevadas, devidas principalmente a baixa eficiência na utilização tanto do nitrogênio do solo, como do nitrogênio aplicado via fertilizante. Isto ocorre por o N ser um nutriente altamente instável perante as variações climáticas: temperatura, umidade do solo e precipitação, além de diversos outros fatores que nele atuam, como a imobilização por microrganismos, a volatilização e a lixiviação, tornando-o, assim, indisponível às plantas. Com todas essas variáveis podendo atuar no comportamento do nitrogênio, isto faz com que esse nutriente apresente uma dinâmica complexa no sistema solo-planta-atmosfera, dificultando na tomada de decisões de como, quando e quanto aplicar.

A mineralização da matéria orgânica do solo é geralmente o processo mais importante de suprimento natural de N para as plantas e a contribuição da fixação biológica de  $\text{N}_2$  é de

grande importância quando cultivadas leguminosas. O completo entendimento das transformações do nitrogênio no solo, associado ao conhecimento do processo de decomposição da palhada, constitui num fator importante para a maximização do seu uso pelas plantas. No entanto, a utilização de métodos intensivos de uso do solo, tem causado a degradação da matéria orgânica e alterações indesejáveis sobre as características químicas, físicas e biológicas do solo, acelerando o processo de erosão. Dessa maneira, torna-se necessário à adoção de sistemas conservacionistas de uso do solo, onde na qual tem se destacado o sistema plantio direto (SPD), que através de seus atributos vem contribuindo para a redução das perdas de água e da intensidade dos processos erosivos, e de um modo inverso, promovendo um aumento na quantidade de matéria orgânica e, conseqüentemente nos teores de nitrogênio do solo.

Este experimento objetivou-se avaliar a distribuição do nitrogênio mineral total (nitrato e amônio) nas profundidades 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, durante a safra de verão 97/98 (soja) e de inverno 98 (nabo forrageiro e milheto), em um solo fase cerrado.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

O nitrogênio é um dos nutrientes mais requerido e, com frequência, o mais limitante a produção das culturas, refletindo em seu consumo mundial como fertilizante, superando as quantidades de fósforo e potássio, mostrando sua importância na agricultura (RAIJ, 1991; MIELNICZUK; AMADO, 2000; GONÇALVES; CERETTA; BASSO, 2000).

Sendo um dos nutrientes mais requerido, limitante e utilizado na agricultura, além de apresentar um custo relativamente alto na indústria, isto leva a busca de alternativas viáveis para minimizar a necessidade de aplicação e prolongar o seu tempo de disponibilidade para as plantas.

Segundo Bayer e Mielniczuk (1997) a principal fonte de nitrogênio do solo para os vegetais é a matéria orgânica, que retém cerca de 95% deste elemento. Solos degradados, com baixos teores de matéria orgânica podem ser um fator limitante a altas produtividades.

A maior parte do nitrogênio acessível às culturas economicamente exploradas provém de duas fontes: fertilização nitrogenada e nitrogênio originado do processo de mineralização da matéria orgânica do solo, sendo que estudos realizados mostram a

contribuição relativa de cada uma no processo de disponibilidade de nitrogênio no solo (SAMPAIO; SALCEDO., 1993).

Num trabalho desenvolvido por Ros e Aita (1996), citam que o nitrogênio é o nutriente mais afetado pelos processos de uso intensivo do solo, que sem um manuseio adequado, tem provocado sérias limitações na produtividade das culturas, especialmente em solos arenosos, onde as perdas de N são mais acentuadas.

O nitrogênio praticamente não existe espontaneamente nas rochas que deram origem aos solos, ao contrário da atmosfera, onde na forma gasosa de  $N_2$ , representa cerca de 80% dos gases nela existentes. O  $N_2$  é uma molécula altamente estável, não utilizável diretamente pelas plantas. Para que se torne assimilável, é necessário que o nitrogênio chegue ao solo, o qual pode ocorrer de duas maneiras: o primeiro, é a transformação de  $N_2$  em óxidos por descargas elétricas, que serão convertidos em ácido nítrico e chegará ao solo por meio das chuvas. O segundo mecanismo é a retirada do nitrogênio do ar pelos microorganismos, fenômeno conhecido como fixação biológica do nitrogênio, que em simbiose com as plantas, tornam-o disponível (RAIJ, 1991).

Para que o nitrogênio possa ser utilizado pelas plantas, este deve se apresentar na forma mineral ( $NO_3^-$  e  $NH_4^+$ ). O processo pelo qual o N passa de uma forma orgânica a uma forma mineral é denominada de mineralização. Este processo é mediado principalmente por microorganismos heterotróficos que fazem uso de compostos à base de carbono (orgânicos) para obter energia (JANSSON; PERSSON, 1982 apud SILVA; VALE; GUILHERME, 1994).

Ladd e Jackson (1982) citam que a primeira forma mineral produzida pela decomposição da matéria orgânica do solo é o amônio ( $NH_4^+$ ), uma das formas de N



absorvida pelas plantas. Devido a isto, o processo de mineralização é também conhecido como amonificação. Analisando bioquimicamente este processo, afirmam que a amonificação consiste na transformação de compostos orgânicos nitrogenados, convertidos por reações catalítico-enzimáticas, tendo como produto principal o amônio. Estes mesmos autores citam ainda que o N orgânico do solo tem sido parcialmente caracterizado como aminoácidos, aminoaçúcares, prinas e perimidinas, que se origina da degradação através de hidrolise enzimática de proteínas, aminopolissacarídeos e ácidos nucleicos, presentes no solo em células vivas e mortas, e resíduos exocelulares estáveis.

Em solos bem aerados e com condições favoráveis de temperatura e umidade para o processo de mineralização, os íons amônio formados são rapidamente convertidos em nitrato (HEINZMANN, 1985).

Em períodos de veranico prolongado, a ausência de mineralização pode estar associada à baixa umidade do solo, quando a atividade microbiológica é significativamente afetada, e conseqüentemente, as reações de decomposição da matéria orgânica são reduzidas (PERES; SUHET, 1984).

Ao mesmo tempo em que ocorre a mineralização, ocorre também um processo oposto a este, a imobilização, que consiste na retenção do nitrogênio mineral do solo pelos microorganismos decompositores dos resíduos orgânicos, tornando-o indisponível às plantas (RAIJ, 1991; SILVA; VALE; GUILHERME, 1994).

Malavolta (1990) diz que, em geral, em um ano, 2% do nitrogênio orgânico é mineralizado, evidenciando a importância da mineralização na matéria orgânica na disponibilização de N para as culturas.

A relação C/N elevada da palhada de certas gramíneas faz com que os microorganismos utilizem o C desta palha como fonte de energia e também para biossíntese, imobilizando N presente nesta e parte do N mineralizado no solo (ALEXANDER, 1980).

Almeida (1984) verificou que nos materiais mais lignificados a relação C/N aumentou no início da decomposição, enquanto que nos materiais ricos em carboidratos, declinou desde o principio. Essa diferença de comportamento deve-se a facilidade dos microorganismos em digerirem compostos menos lignificados, e a dificuldade de decompor a lignina e outros compostos de moléculas complexas. Nos materiais com maior teor de lignina, os microorganismos atacam mais rapidamente os tecidos ricos em nitrogênio, reduzindo o teor deste elemento, enquanto o carbono é pouco modificado. Em conseqüência a relação C/N aumenta e só reduz quando finalmente a lignina e compostos relacionados começam a ser decompostos.

Para a manutenção de um sistema agrícola sustentável e produtivo, é necessário que as condições físicas e químicas do solo sejam mantidas num nível satisfatório para as culturas. Tais objetivos podem ser atendidos através da utilização de sistemas conservacionistas de manejo do solo (SPD), onde a coberturas vegetal mantida sob a superfície do solo, promove a recuperação de solos degradados e ou manutenção de suas condições originais evitando a sua degradação e criando um ambiente favorável à atividade biológica (CINTRA, 1984).

O sistema de plantio direto favorece condições ao desenvolvimento de microorganismos, como por exemplo, temperatura, umidade, aeração e menor

decomposição de compostos orgânicos, além de favorecer algumas propriedades químicas do solo, como pH, CTC e os teores de Ca, Mg, P e K (SIDIRAS ; PAVAN, 1985).

Em áreas sob SPD, o resíduo vegetal das culturas precedentes torna-se uma das principais fontes de nitrogênio para as plantas, que em virtude de sua baixa disponibilidade, num curto intervalo de tempo, permanecendo na superfície do solo, constituiu-se em adubos orgânicos de lenta liberação de nitrogênio e outros nutrientes (LARA CABEZAS, 1999).

Segundo Teixeira et al. (apud BAYER e MIELNICZUK,1997), em solos degradados, os baixos teores de matéria orgânica podem determinar menor disponibilidade de N mineral às culturas, resultando numa das principais limitações à produtividade agrícola. A recuperação da capacidade produtiva de tais solos pode ser obtida com o uso de sistemas de manejo que alteram a dinâmica da matéria orgânica no solo, promovendo a recuperação dos conteúdos de nitrogênio total.

O não revolvimento do solo e o acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, que de acordo com Wünsch e Denardin (apud TEIXEIRA; TESTA; MIELNICZUCK, 1994), pode ser conseguido através do estabelecimento de esquemas de rotação e ou consorciação de culturas capazes de proteger o solo, permitindo um acúmulo gradual de matéria orgânica, elevando a quantidade de N potencialmente disponível às plantas.

Bayer e Mielniczuk (1997) constataram que, na camada de 0-17,5 cm de profundidade de um Podzólico Vermelho-Escuro, o conteúdo de nitrogênio total do solo alcançou valores de até 398 kg/ha superior, em um solo não revolvido, quando comparado a um solo submetido ao preparo convencional, sob a mesma condição de sistema de rotação de culturas, durante cinco anos. Isto levou os autores a concluírem que quanto menor o

revolvimento do solo, aliado a rotações que incluam leguminosas com alto teor de nitrogênio em sua biomassa, maior será o aumento da quantidade de nitrogênio total, restringindo esta elevação a uma profundidade de até 7,5 cm.

Os resíduos vegetais liberam N e outros compostos durante o processo decomposição, do qual parte retorna à atmosfera na forma de gás ( $\text{NH}_3^-$ ), parte é imobilizada pelos microorganismos, parte permanece na forma prontamente disponível para as plantas ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ) e o restante é perdido por lixiviação ou direcionado à produção de substâncias húmicas (STENVENSON, 1985 apud SOUZA; MELO 2000).

O amônio e o nitrato, formas na qual o N é absorvido pelas plantas, constitui uma pequena fração muito variável do teor total desse nutriente no solo, sendo altamente influenciado pelas condições edafoclimáticas e do manejo do solo adotado (BASSOI; REICHARDT, 1995)

Devido às inúmeras variáveis que afetam a dinâmica do nitrogênio no solo, a quantificação desse elemento pela mineralização / imobilização da matéria orgânica se torna difícil, principalmente se verificados estes processos durante a decomposição dos resíduos vegetais, justificando assim os poucos estudos sobre o assunto (SAMPAIO et al., 1990 apud SAMPAIO; SALCEDO, 1993).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Floresta do Lobo, situada à margem da BR-050, km 93, no município de Uberlândia-MG, de propriedade da empresa Pinusplan, na safra verão 97/98 e inverno 98.

O estudo foi realizado em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, conforme Embrapa (1999), muito argiloso, sob sistema plantio direto (SPD) desde 1994. Antes da instalação do experimento, a área selecionada foi submetida a avaliações das características físicas e químicas, assim como, teor de carbono e de nitrogênio total nas profundidades 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm (Tabela 1).

O trabalho constituiu-se de dois sistemas de sucessão: um exclusivo com gramíneas (A) e outro com alternância de gramíneas e outras culturas (não gramíneas) (B) na safrinha. A cultura de verão do ano anterior ao início do trabalho foi o milho, tendo como cultura de inverno subsequente à aveia-preta.

O experimento iniciou-se com a cultura da soja (*Glycine max*), safra verão de 97/98, seguido pelas culturas de inverno, milheto (*Pennisetum americanum*) e nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*), para os sistemas de rotação A e B, respectivamente (Figura 1).

Deve-se ressaltar que as operações de semeadura, adubação, controle de plantas infestantes, pragas e doenças, foram realizadas de acordo com a rotina utilizada pelo produtor.

Tabela 1. Características físicas e químicas de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (EMBRAPA, 1999), fase cerrado.

Profundidade cm	Textura			pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	P mg/kg	K mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	Ca	Mg	CTC	MO g/kg	V %
	silte	argila	areia								
0-5	130	710	160	6,1	16,2	3,21	35	12	70	45	73
5-10	240	710	50	6,0	15,5	1,36	34	12	70	42	70
10-15	120	740	140	6,0	11,3	0,97	33	9	70	40	60

Análises textural e químicas realizadas no Laboratório de Solo e Fertilizantes – Instituto de Ciências Agrárias, UFU, Uberlândia-MG.

Análises de C e N total do solo realizada no Laboratório da EMBRAPA – Agrobiologia, Seropédica-RJ.

### 3.1 Cultura da Soja

A cultura da soja foi instalada sobre restos culturais de aveia-preta (*Avena strigosa*) e milho (*Zea mays*) remanescentes das culturas de inverno e verão da safra anterior, respectivamente.

A semeadura foi realizada em 16/11/97, sendo utilizada a variedade Primavera, ciclo semi-precoce, apresentando 63% de germinação. Utilizaram-se sementes de procedência local. A opção por esta variedade deveu-se ao fato dela ser muito utilizada na região do cerrado. As sementes foram devidamente inoculadas (200g de Biomax/50kg de sementes), tratadas com os fungicidas Carbendazim 500SC (60 mL/kg de semente) e Mayran PS (100 g/kg de semente) e semeadas a uma profundidade de 5 cm.

O espaçamento utilizado foi de 0,52 m, com 26 sementes por metro linear, para um estande previsto de 314.000 plantas/ ha. Como adubação de base foi utilizado 500 kg/ha do

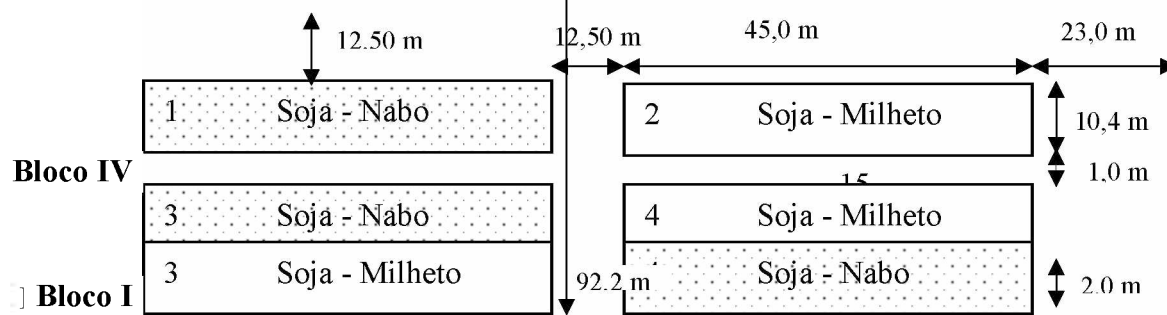
formulado 02-18-12 + F.T.E, com a seguinte composição percentual de micronutrientes: 0,75 (Zn); 0,5 (B); 0,3 (Cu); 0,3 (Fe), 0,3 (Mn) e 2,5 (Mo). O estande efetivo foi de 272.727 plantas/ha, aproximadamente 14,18 plantas por metro linear

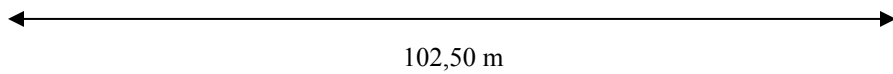
As amostragens de solo durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da soja foram efetuadas nos seguintes blocos-parcelas: I-4; II-3; III-2; IV-1 e IV-4, conforme indicado na figura 1. As coletas foram realizadas aos 9, 30, 50, 65, 82, 96 e 111 dias após a semeadura. A última época de coleta foi realizada na ocasião da colheita.

### 3.2 Culturas de Inverno (Milheto e Nabo-Forageiro)

O nabo-forrageiro e o milheto foram semeados em 17/03/98 e 22/03/98, respectivamente. Essa diferença entre as épocas de semeadura se deu em virtude da mobilidade do maquinário na fazenda perante as inúmeras atividades que estavam sendo desenvolvidas nesse período. A semeadura foi realizada em linhas, espaçadas de 0,15 m, não sendo efetuado tratamento de sementes e nem adubação de base e/ou cobertura. Os blocos-parcelas amostrados para a cultura do milheto foram I-1; II-4; III-1 e IV-4 e para a cultura do nabo forrageiro: I-4; II-1; III-4 e IV-1. As culturas foram manejadas em 03/06/98, através do rolo-faca.

As coletas foram efetuadas num intervalo de duas semanas aproximadamente, iniciadas a partir da semeadura e realizadas no período compreendido de 04/04/98 a 06/11/98, totalizando 11 épocas de amostragens para as referidas culturas nesse período.





Sucessão A: exclusivo com gramíneas na safrinha



Sucessão B: alternada gramíneas / outras culturas (não gramíneas)

Figura 1. Esquema da distribuição dos blocos/parcelas e dos tratamentos de sucessão de culturas, safra verão 97/98 e da safrinha 98.

### 3.3 Tratamentos experimentais



O experimento foi instalado no esquema de delineamento de blocos casualizados, constituído de quatro blocos, tendo cada um quatro parcelas, totalizando dezesseis parcelas. Cada parcela foi constituída de 10 m de largura por 45 m de comprimento, perfazendo 450 m<sup>2</sup>. A área total do experimento, incluindo carregadores, foi de aproximadamente 10.000 m<sup>2</sup>.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial distribuído da seguinte forma: para a cultura da soja, milho e nabo-forrageiro (antes do manejo), 3 x 7 (3 profundidades e 7 épocas) e 3 x 3 (3 profundidades e 3 épocas), respectivamente, e após o manejo das culturas de inverno, esquema fatorial 3 x 8 x 2, sendo 3 profundidade, 8 épocas e 2 culturas, constituídos de quatro repetições.

### **3.4 Procedimento de amostragem de solo**

As amostras de solo foram extraídas utilizando um trado tipo caneca (nas épocas em que o solo estava mais friável) e enxadão (nas épocas de solo seco). Foram coletadas 4 subamostras em cada parcela, escolhidas ao acaso, para constituir uma amostra composta de cada profundidade em estudo : 0-5; 5-10 e 10-15 e 15-20 cm. As subamostras foram colocadas em balde de plástico com capacidade para 3 litros, homogeneizadas, retirando-se aproximadamente 400 g, acondicionados em saco plástico, devidamente identificado. As amostras foram encaminhadas para o laboratório e armazenadas em freezer a uma temperatura de 18° C negativo para posteriormente serem analisadas.

Uma fração de cada amostra foi retirada para determinação da umidade do solo, pelo método gravimétrico, sendo a outra parte destinada para determinação do nitrogênio mineral total do solo.

O N mineral total do solo ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) foi determinado pelo método de Keeney e Nelson (1982) durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da soja, safra verão 97/98, e das culturas de inverno (milheto e nabo forrageiro), nas profundidades propostas no estudo.

A descrição desta metodologia encontra-se mais detalhada no apêndice.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da soja, observou-se que os teores de nitrogênio mineral total do solo (N-mt), encontrados na camada 0-5 cm foram, significativamente maiores do que o observado nas demais camadas em estudo, diferindo estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% (Tabela 2).

Esse resultado está de acordo com o relatado por diversos autores (HEINZMANN, 1985; BAYER; MIELNICZUK, 1997; GONÇALVES; CERETTA; BASSO, 2000), onde afirmam que em áreas sob SPD, há uma maior atividade microbiológica presente na camada superficial do solo em relação às demais camadas, devido à permanência da palhada sob a superfície do solo, proporcionando condições favoráveis a mineralização da matéria orgânica: maior umidade, menor temperatura e maior teor de matéria orgânica do solo, entre outras, disponibilizando dessa maneira, o nitrogênio para a planta.

Entre as épocas de amostragens, verificou-se aos 9, 30 e 110 dias após a semeadura (d.a.s) os teores médios mais elevados de N-mt, 12,2; 12,0 e 12,6 mg/kg de N, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si, porém diferindo em relação às

outras épocas, sendo que o menor valor de N-mt, 5,3 mg/kg de N, foi encontrado aos 82 d.a.s.

Essa variação nos teores de N-mt observada ao longo do ciclo cultural está fortemente ligado à intensidade e a frequência de chuvas ocorridas no período que antecede cada época de amostragens (Figura 2a) e a exigência de N da cultura em questão. Isto pode ser visualizado melhor através de um contraste entre as figuras 2a, definida anteriormente, e 2b, onde são apresentados os valores de N-mt e umidade do solo (dados entre parênteses) para a camada 0-5 cm de profundidade, aqui exemplificada por ser a que apresentou resultados mais relevantes e também por estar sujeita a maiores variações em relação aos teores nitrogênio do solo.

Tabela 2. Distribuição no perfil do solo (0-20 cm) e temporal do N-mineral total do solo, na cultura da soja, safra 97/98, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, fase cerrado, sob sistema plantio direto.

Cultura	Profundidade	N-mineral total do solo, dias após semeadura							Média
		9	30	50	65	82	96	110	
Soja	cm	----- mg/kg -----							
	0-5	15,9	18,0	11,3	12,9	10,3	13,5	19,5	14,5A
	5-10	12,1	11,2	8,8	9,1	4,6	6,5	12,8	9,3B
	10-15	9,7	9,3	8,9	7,6	3,3	5,0	9,4	7,6C
	15-20	11,1	9,3	8,0	6,3	3,1	4,4	8,5	7,2C
	Média	12,2a	12,0a	9,3b	9,0c	5,3c	7,4bc	12,6a	

CV(%)= 20,85

Entre Profundidade: DMS (Tukey 0,05)= 3,35

Entre Época: DMS (Tukey 0,05)= 2,74

As médias entre profundidades, na mesma coluna, seguida por letras maiúsculas diferentes, diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 0,05.

As médias entre épocas, na mesma linha, seguida por letras minúsculas iguais, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 0,05.

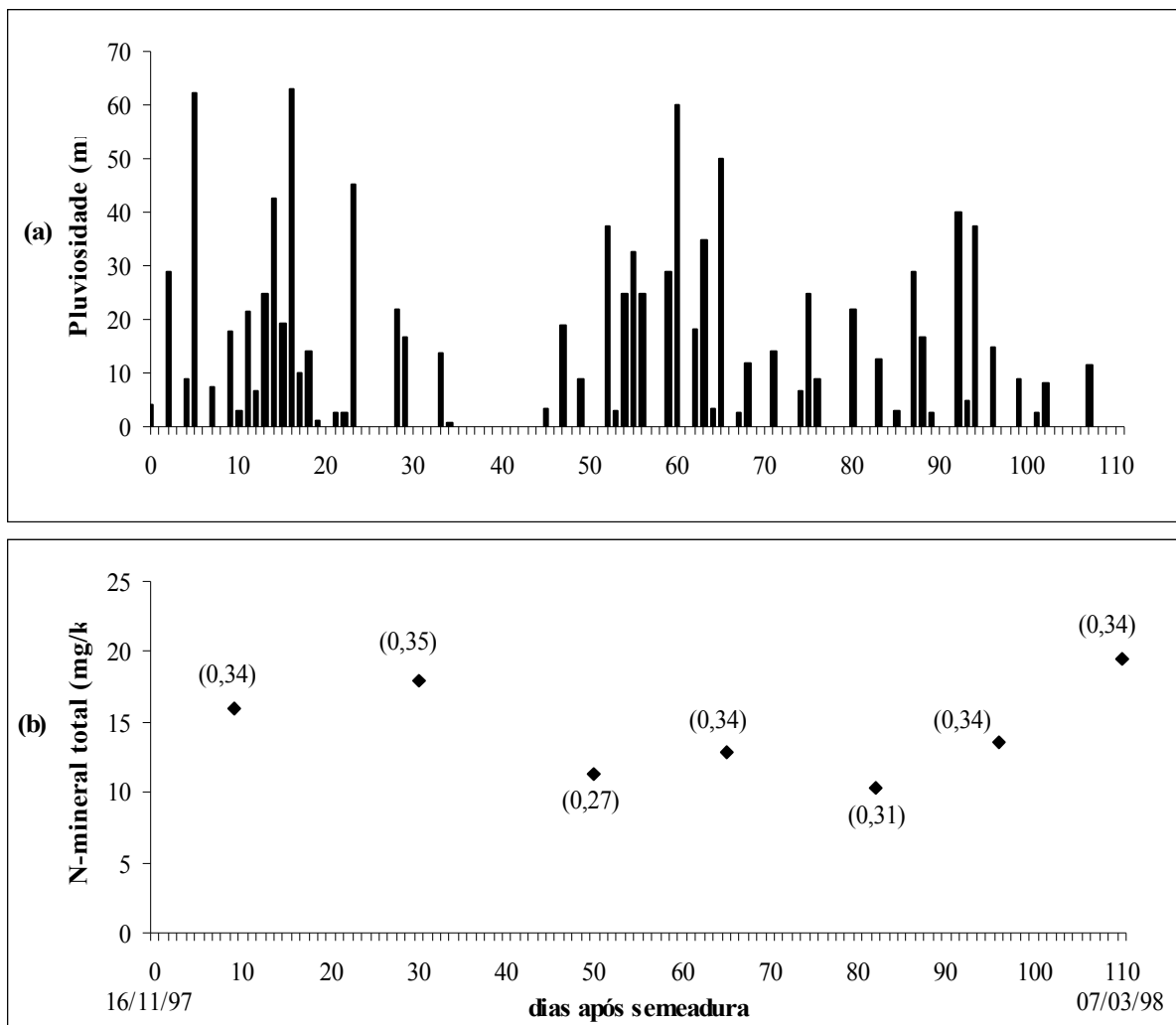


Figura 2. Distribuição da pluviosidade (a) e do nitrogênio mineral total da camada 0-5 cm (b), durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da soja, safra 97/98. Valores entre parênteses correspondem à umidade do solo em base de massa (g/g).

No decorrer do estudo, pode-se evidenciar dois períodos distintos, um antes dos 82 d.a.s., onde se observou de um modo geral, um decréscimo nos teores de N-mt e o outro após os 82 d.a.s, caracterizado pelo aumento desse nutriente.

Até os 82 d.a.s., o decréscimo nos teores N-mt, de 15,9 mg/kg de N aos 9 d.a.s para 10,3 mg/kg aos 82 d.a.s., pode ser atribuído aos seguintes fatores: precipitação pluviométrica, exigência de N pela cultura e relação C/N da palhada.

Os altos índices pluviométricos ocorridos neste período, cerca de 879,8 mm, pode ter acarretado a perda de nitrogênio por lixiviação. Verdade (1951), num estudo sob condições climáticas similares, porém em diferente sistema de manejo do solo e de cultura utilizada, obteve resultados semelhantes, onde concluiu que a variabilidade nos teores de nitratos no solo esta intimamente relacionados às quedas pluviométricas. Períodos intensos de chuvas proporcionam um arrastamento de nitratos para as camadas inferiores do solo, acarretando um decréscimo no teor de N-mt do solo. Outro fator refere-se a cultura da soja, que mesmo sendo uma leguminosa fixadora do N atmosférico, é uma cultura altamente exigente em nitrogênio. No período de 110 dias em que a cultura permaneceu no campo, a planta de soja acumulou cerca de 170,2 kg/ha de N, sendo que 123,5 kg/ha de N foi obtido através da fixação biológica do nitrogênio (FBN), e o restante, 46,7 kg/ha de N foi suprido pelo sistema (LARA CABEZAS, 2000). Ainda neste estudo, foi constatado que a marcha de absorção de N pela cultura se deu de modo acentuado até os 86 d.a.s., coincidindo com o período de decréscimo de N-mt. De acordo com o site da internet, Inoculação (2002), para uma produtividade esperada de 3.000 kg/ha, a soja necessita de 246 kg de N. Desse total 15 a 35% a planta retira do solo, sendo a maior parte, 85 a 65 %, obtido através da FBN. Dessa maneira, pode-se considerar que nos períodos iniciais do desenvolvimento da cultura até o estágio de enchimento de grãos (R6), que coincide aos 80 d.a.s. aproximadamente, para a cultivar utilizada, a soja teria utilizado também das reservas de N do solo para completar o seu ciclo, fazendo com que os teores de N-mt decrescessem. E por último, devemos ainda mencionar que esse decréscimo de N-mt observado nesse período pode ter uma contribuição por parte do processo de imobilização do N protagonizado pelos microorganismos, devido à alta relação C/N, 65:1 aproximadamente, dos restos culturas

(Milho + Aveia-preta), Gadotti (1999), sobre a qual a soja foi semeada. Conforme citado na literatura (SIQUEIRA, 1988; TISDALE; NELSON; BEATON, 1984) a alta relação C/N do material vegetal em decomposição, pode determinar o processo que predominará no sistema, ou seja, para uma relação C/N maior do que 30 ocorre maior imobilização do que mineralização, entre 20-30 os processos se equivalem e menor do que 20 o processo de mineralização supera o de imobilização. Dessa maneira, a de se considerar que este processo cooperou para a redução de N-mt, indisponibilizando-o para a planta.

Após os 82 d.a.s., observa-se um aumento gradativo no teor de N-mineral total, de 10,3 mg/kg de N para 19,5 mg/kg de N. Isto pode estar condicionado pela redução gradativa dos mesmos fatores que contribuíram para a redução dos níveis de N-mt até os 82 d.a.s., ou seja, após esta época de amostragem ocorre uma diminuição da frequência e principalmente da intensidade precipitação pluviométrica, o que pode ter reduzido assim as perdas por lixiviação. A cultura da soja a partir dos 82 d.a.s encontra-se na fase final do ciclo, estando o sistema radicular da planta em processo de decadência e havendo pouca ou quase nenhuma exigência nutricional de N, ocorrendo mais a translocação de N das partes mais velhas para as mais jovens da planta, principalmente para os grãos. A imobilização de N, devido à alta relação C/N da palhada, pode estar entrando em equilíbrio com o processo de mineralização com uma possível liberação de N para o sistema. Almeida (1985), cita que a imobilização de N devido à alta relação C/N de certas palhadas começa a decair após 75 dias pós-colheita, onde logo após o processo de mineralização começa a superar o processo de imobilização.

Portanto, esses três fatores: precipitação pluviométrica, exigência de N pela cultura e a relação C/N da cobertura vegetal (Milho + Aveia-preta), que em um determinado período

(até os 82 d.a.s.), atuando em conjunto ou individualmente contribuíram para o decréscimo de N-mineral total do solo, e em outro período (após 82 d.a.s.) a pouca expressão desses fatores favoreceram o aumento de N-mt.

No período do outono-inverno, semelhante ao que ocorreu durante o ciclo cultural da soja, observou-se que os valores de N-mineral total do solo encontrados na camada 0-5 cm foram, significativamente superiores (Tukey 5%), em relação às demais camadas, tanto para o milho quanto para o nabo-forrageiro (Tabela 3 e 4). Isto demonstra mais uma vez a presença de uma atividade biológica maior na camada superficial do solo, reforçando o que citado anteriormente para a cultura da soja.

Antes do manejo das culturas, observou-se para o milho aos 13 d.a.s. os maiores teores de N-mt, 12,1 mg/kg de N, diferindo estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% das outras épocas, sendo os teores mais baixos observados aos 42 d.a.s., 5,1 mg/kg de N. Para o nabo forrageiro os resultados encontrados foram semelhantes ao do milho, onde aos 18 d.a.s. e aos 47 d.a.s. foram encontrados os maiores (11,1 mg/kg de N) e menores (5,5 mg/kg de N), respectivamente, diferindo estatisticamente entre si.

Verificou-se nesse período, para ambas culturas de inverno, um decréscimo nas concentrações de N-mt. Um dos motivos que pode ter ocasionado esse decréscimo deve estar associado ao requerimento de N pelas culturas de inverno, uma vez que não foi feita adubação de base ou de cobertura, onde provavelmente o ativo metabolismo e crescimento do sistema radicular dessas plantas, promoveram a absorção do nitrogênio nativo nos estádios iniciais de desenvolvimento dessas culturas, fazendo com que os teores desse nutriente diminuíssem nas camadas em estudo, aqui representado pela camada 0-5 cm (Figura 3b). Também a de se considerar as moderadas precipitações pluviométricas (Figura



3a) ocorridas neste período, 264 mm em 70 dias, o que pode ter ocasionado perdas de N por lixiviação, podendo ser facilmente visualizado quando projetado a Figura 3a sobre as Figuras 3b e 3c, onde se encontram os valores de N-mt e a umidade do solo (entre parênteses) da camada 0-5 cm da cultura do milho e do nabo forrageiro, respectivamente. Gadotti (1999) em um estudo na mesma área, onde avaliou a decomposição das palhadas de milho + aveia-preta + soja e a liberação de nitrogênio por estes resíduos orgânicos, verificou que a quantidade de matéria seca decomposta e nitrogênio liberado, no período de 35 dias após a semeadura do milho e do nabo forrageiro, foi de 1237 kg/ha de MS e 44,3 kg/ha de N ; 1756 kg/ha de MS e 41,6 kg/ha de N, respectivamente. No entanto, apesar de ter ocorrido chuvas nesse período, com condições relativamente favoráveis à atividade microbiana e a mineralização da matéria orgânica com possível liberação de N para a solução do solo, não foi observado aumento nos teores de N-mineral total neste período, sendo somente constatado aumento de N-mineral total mais tarde, após o manejo das culturas.

No período compreendido após o manejo das culturas, observou-se aos 125 os teores mais elevados de N-mt, 27,7 mg/kg de N, o qual diferiu estatisticamente (Tukey 5%) em relação às demais épocas, sendo os teores mais baixos de N-mt, 8,3 mg/kg de N, aos 53 dias após o manejo (Tabela 4). Cabe salientar os altos de picos de N-mt da camada 0-5 cm, 60,8 e 71,0 mg/kg de N, para a cultura do milho e do nabo-forrageiro, respectivamente, observados nessa mesma época de amostragem (Figura 3a e 3b).

Tabela 3. Distribuição no perfil do solo até a profundidade de 20 cm e temporal do N-mineral total nas culturas de inverno, milho e nabo forrageiro (safrinha 98), antes do manejo em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, fase cerrado, sob sistema plantio direto.

Cultura	Prof.	N-mineral total do solo, dias após semeadura			Média
		Milho 13	42	65	
		Nabo 18	47	70	
Milho	cm	----- mg/kg -----			
	0-5	17,4	8,2	10,8	12,1A
	5-10	11,6	5,1	6,1	7,6B
	10-15	9,4	3,3	4,9	5,9B
	15-20	9,8	3,8	5,5	6,4B
	Média	12,1a	5,1b	6,8c	

CV (%) milho= 19,68

Entre Profundidade: DMS (Tukey 0,05)= 2,82

Entre Épocas: DMS (Tukey 0,05)= 3,65

Nabo Forrageiro	0-5	16,0	9,1	7,2	10,8A
	5-10	10,7	5,6	6,3	7,5B
	10-15	8,4	4,2	4,6	5,7C
	15-20	9,3	2,9	4,2	5,5C
	Média	11,1a	5,5b	5,6b	

CV (%) nabo forrageiro= 18,25

Entre Profundidade: DMS (Tukey 0,05)= 2,45

Entre Épocas: DMS (Tukey 0,05)= 3,20

As médias entre profundidades, na mesma coluna, seguida por letras maiúsculas diferentes, diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 0,05.

As médias entre épocas, na mesma linha, seguida por letras minúsculas iguais, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 0,05.

Tabela 4. Distribuição no perfil do solo até a profundidade de 20 cm e temporal do N-mineral total nas culturas de inverno, milho e nabo forrageiro (safrinha 98), após do manejo em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, fase cerrado, sob sistema plantio direto.

Sucessão	Cultura	Profundidade	N-mineral total, dias após o manejo						Média
			38	53	84	125	139	156	
		cm	----- mg/kg -----						
S-M	Milheto	0-5	23,9	23,7	34,0	71,0	22,3	15,2	30,4
		5-10	10,0	5,2	16,0	20,8	26,4	11,4	14,6
		10-15	5,5	3,4	13,7	9,2	28,1	12,2	11,8
		15-20	5,7	3,7	11,2	11,7	20,2	18,6	11,2
		Média	11,3	9,0	18,7	28,2	24,3	14,4	17,0A
S-NF	Nabo	0-5	30,9	17,6	32,6	60,8	23,1	16,8	31,6
		5-10	11,2	4,9	14,6	23,1	19,1	10,2	13,9
		10-15	7,1	3,9	13,7	12,9	26,6	12,5	12,6
		15-20	5,4	3,8	10,7	11,4	22,5	17,4	11,6
		Média	13,7	7,6	17,9	27,1	22,8	14,2	17,4A
								MTP	
		0-5							31,0a
		5-10							14,3b
		10-15							12,2c
		15-20							11,4c
		MTE	12,5d	8,3e	18,3c	27,7a	23,6b	14,3d	

CV (%)= 26,11

Entre Profundidade: DMS (Tukey 0,05)= 9,26

Entre Época: DMS (Tukey 0,05)= 6,75

Entre cultura: DMS (Tukey 0,05)= 0,28

As médias entre profundidades, na mesma coluna, seguida por letras minúsculas diferentes, diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 0,05.

As médias entre épocas, na mesma linha, seguida por letras minúsculas iguais, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 0,05.

Médias entre culturas, na mesma coluna, seguida por letras maiúsculas iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

MTP= médias totais em profundidades

MTE= médias totais em épocas

S – M: soja – milho em pé;

S – NF: soja – nabo forrageiro em pé;

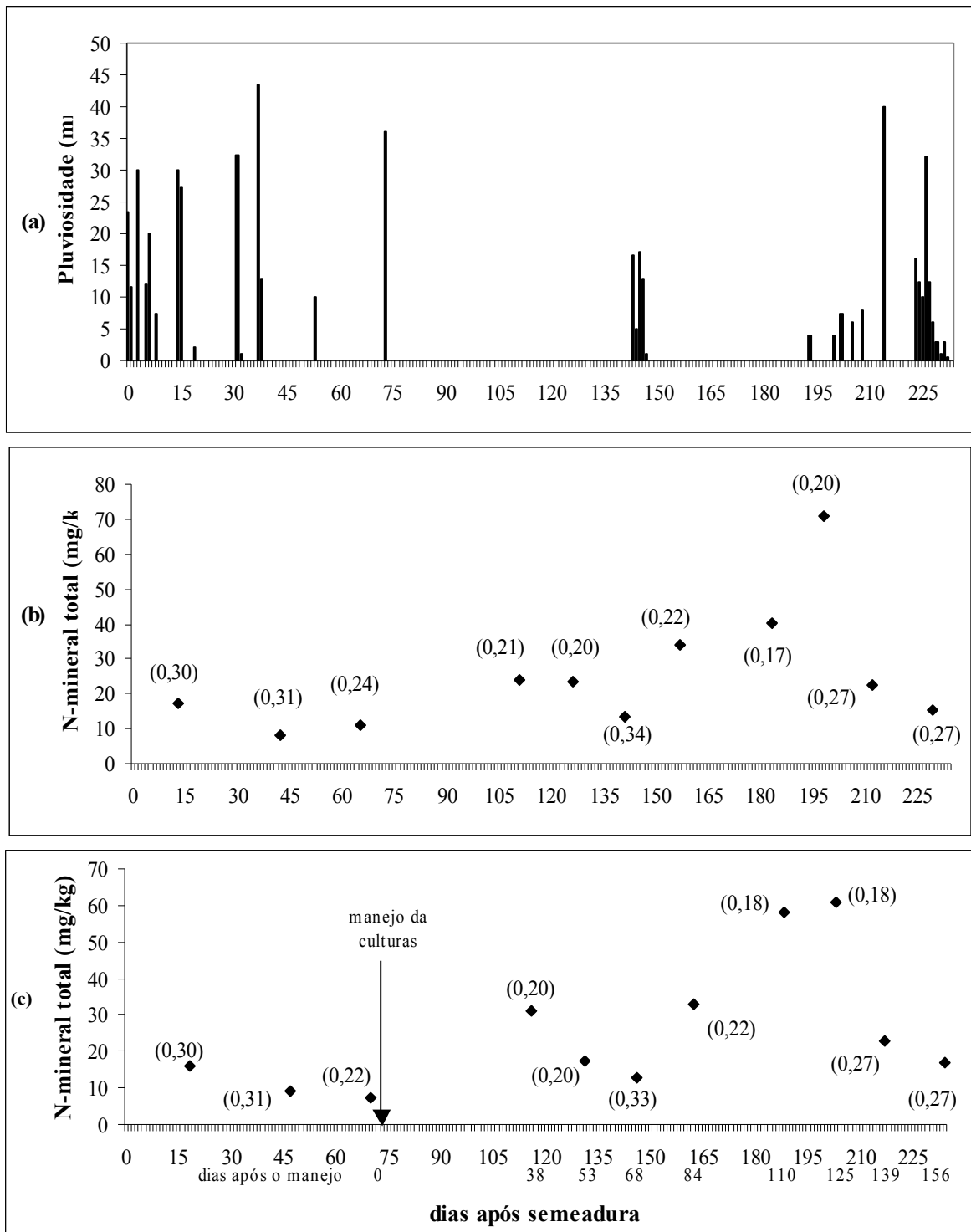


Figura 3. Distribuição da pluviosidade (a) e do nitrogênio mineral total do solo durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do milho (b) e do nabo forrageiro (c). Os valores entre parênteses correspondem à umidade do solo em base de massa (g/g).

A safrinha, na região do cerrado, principalmente no Triângulo Mineiro, na qual o trabalho está inserido, caracteriza-se por um período de estiagem bastante acentuada, estendendo por quase seis meses, com presença de temperaturas amenas de um modo geral.

Devido a essas condições, algumas hipóteses podem ser levantadas para explicar tais picos. Apesar das condições edafoclimáticas não serem muito favorável ao processo de decomposição da palhada, cabe salientar que este processo ainda permanece atuando, porém em menor intensidade, colaborando para o acúmulo de N. Outra justificativa seria o retorno dos íons (nitrato e amônio) das camadas mais profundas para as camadas superficiais, acompanhando o processo de evaporação de água do solo, condicionado pela baixa umidade do solo observada no período após o manejo das culturas (Figura 3b e 3c). Também, por ocasião da pouca ou ausência de chuvas verificadas em determinadas épocas de amostragens durante o ciclo das culturas de inverno, houve pouca ou nenhuma perda de nitrogênio pelo processo de lixiviação, devendo ainda mencionar a ausência de um sistema radicular ativo, não havendo, portanto extração de N por parte das raízes das culturas.

Dessa maneira, a presença de fatores que de certo modo favoreceram o acúmulo de N-mt no solo (mineralização e o efluxo de nitrato e amônio), e principalmente a ausência (sistema radicular ativo) e a pouca expressão (lixiviação) fatores que contribuem de forma oposta, a de se esperar que os teores desse nutriente se elevem no decorrer do tempo, com ênfase para a camada 0-5 cm e para o período de seca observado neste estudo.

Um resultado interessante e que merece ser mencionado, pode ser observado aos 38 dia após o manejo do nabo forrageiro, onde a pluviosidade registrada no período (Figura 3a) que antecede essa amostragem, refletiu numa queda do N-mt da camada 0-5 cm (Figura 3c), que logo após, retornou a aumentar, coincidindo com um novo período de estiagem.

Este resultado não foi observado para o milho (Figura 3b), onde os teores de N-mt não decresceram, o que pode estar indicando uma maior quantidade de N que está sendo liberado pela cobertura morta em decomposição, com uma tendência de se obter maiores picos no sistema milho do que no sistema nabo.

Em relação aos sistemas de sucessão (A e B), não foi observado diferença significativa. Isto pode estar relacionado ao sistema radicular do milho e do nabo forrageiro, onde ambos apresentam um comportamento semelhante tendo grande capacidade de extração de N e de outros nutrientes. Outro fator seria o curto intervalo de tempo que os sistemas de sucessões (A e B) encontra-se no campo, sendo estes resultados referentes ao primeiro ano de avaliação, sendo que todas as culturas que antecederam o início da sucessão no período do inverno foram as mesmas, necessitando assim, de um período maior de avaliações para detectar possíveis diferenças entre os sistemas. Por último, os fatores (mineralização, imobilização) que poderiam de certa maneira influenciar nos teores de N-mineral total do solo, comportando-se diferentemente em relação ao tipo de cobertura vegetal, tiveram pouca expressão, em virtude das condições desfavoráveis observados no período de avaliações das culturas de inverno.

Lara Cabezas (1999) e Lara Cabezas (2000), em um estudo mais amplo e detalhado realizado na mesma área, sobre a dinâmica do N no solo, confirma os resultados deste trabalho.

## **5. CONCLUSÕES**

A camada superficial do solo, 0-5 cm de profundidade, foi a que apresentou os teores mais elevados de N mineral total, para as culturas da soja, milho e nabo forrageiro.

Os maiores picos de N mineral total, foram observados no período do outono-inverno, após o manejo das culturas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, L. **Introducción a la microbiología del suelo**. 2. ed. México: Libros e editoriales., 1980, p. 142-162.

ALMEIDA, F. S., Influência de cobertura morta do plantio direto na biologia do solo. In: **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 343 p. 101-144.

AMADO, T. J. C., MIELNICZUK. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 554-560, 1995.

BASSOI, L. H., REICHARD, K. Lixiviação de nitrato em terra roxa estruturada latossólica cultivada com milho fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 329-335, 1995.

BAYER, C, MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p. 235-239, 1997.

CINTRA, F. L. D. Efeito de diferentes coberturas vegetais na alteração das propriedades físicas de solos cultivados com bananeiras. In: **ADUBAÇÃO verde no Brasil**. Capinas: Fundação Cargill, 1984. 363 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

GADOTTI, F. Decomposição da cobertura morta e liberação de N em sistema de plantio direto. Uberlândia: UFU, 1999. 34 p. Monografia apresentada ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Eng. Agrônomo.



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**, Campinas, v. 24, p. 153-159, 2000.

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, nº 9, p. 1021-1030, 1985.

INOCULAÇÃO. Disponível em: <[www.pessoal.onda.com.br/esagostini/paginaprincipal](http://www.pessoal.onda.com.br/esagostini/paginaprincipal)>. Acesso em: 10 jan 2002.

KEENEY, D. R., NELSON, D. W. Nitrogen. Inorganic forms. In: PAGE, A. L.; MILHER, R. H., KEENEY, D. R. eds. *Methods of soil analysis, part 2: chemical and microbiological properties*. Madison. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America, 1982. p.643-698

LADD, J. N., JACKSON, R. B. Biochemistry of ammonification. In: STEVENSON, F. J. (Ed.) *Nitrogen in agriculture soils*. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1982. p. 173-228.

LARA CABEZAS, W. A. R. Dinâmica do nitrogênio e estratégias de adubação nitrogenada no sistema de plantio direto em solos de cerrado. II Seminário sobre sistema de plantio direto na UFV, Viçosa, MG. Anais. p. 117-118, 1999.

LARA CABEZAS, W. A. R. Efeito ambiental e do manejo nas transformações de N em sistema plantio direto. Relatório final apresentado a FAPEMIG. Uberlândia, 34 p., 2000.

MALAVOLTA, E. Pesquisa com nitrogênio no Brasil – passado, presente e perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE NITROGÊNIO EM PLANTAS, 1, 1990, Itaguaí. Anais... Itaguaí: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1990. P. 71-126.

PERES, J. R. R. & SUHET, A. R. Simpósio sobre a adubação nitrogênio no Brasil. XVI Reunião brasileira de fertilidade do solo, Ilhéus, BA. P. 221-222, 1984.

RAIJ, B. Van. *Fertilidade do Solo e Adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

ROS, C. O.da, AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 135-140, 1996.

SAMPAIO, E. V. S. B., SALCEDO, I. H. Mineralização e absorção por milheto do nitrogênio do solo, da palha de milho (<sup>15</sup>N) e da uréia (<sup>15</sup>N). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 423, 1993.

SIDIRAS, N., PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, p.249-254, 1985.

SILVA, C. A., VALE, F. R., GUILHERME, L. R. G. Efeito da calagem na mineralização do nitrogênio em solos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 471-476, 1994.

SOUZA, W. J. O., MELO, W. 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**, Campinas, v. 24, p. 885-896, 2000.

TEIXEIRA, L. A. J., TESTA, V. M., MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 207-214, 1994.

TISDALE, S. L., NELSON, W. L., BEATON, J. D. Soil and fertilizer nitrogen. In \_\_\_\_\_ Soil fertility and fertilizer. 4. ed. New York: Macmillan, 1985. p. 112-183

VERDADE, F. C. Estudo da variabilidade dos nitratos num tipo de terra roxa-misturada. *Bragantia*, v. 11, p. 269-276, 1951.

## **APÊNDICE**

## 1. REAGENTES UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DO NITROGÊNIO MINERAL TOTAL DO SOLO.

Na determinação do N-mineral total do solo, de acordo com a metodologia adotada, são utilizados os seguintes reagentes:

- Cloreto de Potássio (KCl)
- Acido Bórico
- Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ )
- Liga de devarda
- Óxido de Magnésio
- Solução Padrão de Nitrato de Amônio ( $NO_3NH_4$ )
- Hidróxido de Sódio

## 2. PREPARO DOS REAGENTES

### 2.1 Cloreto de Potássio 2 molar (KCl 2 M)

É obtido pela seguinte formula.

PM – peso molecular do KCl (74,56)

1 molar de KCl ----- 74,56g

2 molar de KCl ----- X

**X= 149,12 g de KCl/L de H<sub>2</sub>O**

Pesar 149,12 gramas de KCl e diluir em 1 litro de água.

## 2.2 Ácido Bórico 2%

No preparo do ácido bórico são utilizados os seguintes reagentes:

- 20g de ácido bórico
- 6,6mg de verde de metila
- 9,83mg de V. B.
- 200 ml de etanol
- hidróxido de Sódio 0,05 N
- ácido sulfúrico 0,1 N

Pesar o ácido bórico e transferir-lo para um balão de 1000ml, adicionando água destilada até completar um volume de mais ou menos 700ml, não devendo ultrapassar este. Pesar os indicadores, V.M e V.B. e coloca-los em um Becker de 500ml e adicionar o etanol. Manter sobre agitação até que dissolvam. A seguir adiciona-se à solução contendo etanol mais os indicadores ao balão de 1000ml com ácido bórico, agitando até homogeneização plena.

O ácido bórico 2% é caracterizado pela coloração cinza da solução do gargalho do balão volumétrico quando colocado sobre a luz. Para obter essa coloração é adicionado NaOH gota a gota até que se obtenha essa tonalidade. Caso a solução tornasse esverdeada, adiciona gotas de ácido sulfúrico até que retorne à cor desejada ou original. Quando obtiver a coloração cinza, completar o volume final da solução com água destilada.

### 2.3 Óxido de magnésio calcinado

Coloca-se o óxido de magnésio (MgO) em cápsulas de porcelana e deixa na mufla por um período de 6 h a uma temperatura de 500° C. Após as seis horas, retirar o óxido de magnésio, agora já calcinado, e colocar em dessecadores até que se esfrie. Após esfriar transferir para um recipiente hermeticamente fechado.

### 2.4 Soda cáustica (0,1N)

Este reagente foi obtido através da utilização da seguinte fórmula:

$$N = m / Eq \times V$$

N= normalidade desejada

m= quantidade desejada (mL)

Eq= peso molecular do hidróxido de sódio (g)

V= volume de soda cáustica a ser prepara (mL)

### 2.5 Solução Padrão de Nitrato de Amônio (NO<sub>3</sub>NH<sub>4</sub>) (1000 ppm)

A finalidade dessa solução padrão e averiguar a eficiência de recuperação de N pelo destilador. A solução é obtida pela seguinte fórmula:

$$A = 80,04 \times 1g / 28$$

A= quantidade de nitrato de amônio g/L

80,04= peso molecular do nitrato de amônio

28= peso molecular do nitrogênio

1,0= quantidade de nitrogênio em 1000ppm. (1g/L)

O valor de A (2,8586) de nitrato de amônio corresponde a 98% de eficiência (vide frasco do nitrato de amônio). É necessário que tenha uma eficiência de 100%.

$$B = 100 \times A / 98$$

A obter o valor de B, colocar num balão volumétrico de 1000ml e adicionar água destilada aos poucos e agitar até que o nitrato de amônio tenha sido todo dissolvido e, logo após completar o volume do balão.

## 2.6 Ácido Sulfúrico (0,005 N)

O ácido sulfúrico foi preparado de acordo com as seguintes fórmulas:

$$A = N \times E_q \times V$$

A= quantidade de ácido sulfúrico

N= normalidade do ácido;

E<sub>q</sub>= peso molecular do ácido sulfúrico

V= volume desejado (L)

$$D = m / V$$

D= densidade

A= quantidade de ácido sulfúrico;

V= quantidade de ácido sulfúrico desejado do preparado;

Após obter o volume de ácido sulfúrico, adicionar este ao balão volumétrico, tomando os seguintes cuidados: primeiro adiciona água ao balão e posteriormente coloca-se o ácido sulfúrico e, só então completa o volume final. Quanto for manusear o frasco de ácido sulfúrico concentrado, realizar dentro de uma capela.

O aferimento da normalidade do ácido sulfúrico foi feito utilizando uma base conhecida denominada de TAN.

$$F_{ca} = F_{cb} \times N_b \times V_b / N_a \times V_a$$

Fca= fator de correção do ácido;

Fcb= fator de correção da base;

Nb= normalidade da base;

Na= normalidade do ácido;

Vb= volume da base;

Va= volume do ácido

Após obter o fator de correção, multiplica-se o Fca pela normalidade do ácido sulfúrico desejada (0,005 N), obtendo a normalidade correta da solução preparada.