

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

**DINÂMICA DO NITROGÊNIO, FÓSFORO E ENXOFRE EM DIFERENTES
SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO DE CERRADO**

JULIANO RODRIGUES DE SOUZA

ELIAS NASCENTES BORGES
(Orientador)

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia, da Universidade Federal de
Uberlândia, para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia – MG
Novembro - 2004

**DINÂMICA DO NITROGÊNIO, FÓSFORO E ENXOFRE EM DIFERENTES
SISTEMAS DE USO E MANEJO DO SOLO DE CERRADO**

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA EM 29/ 11/ 2004

Prof. Dr. Elias Nascentes Borges
(Orientador)

Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana
(Membro da Banca)

Profa. Dra. Raquel de Castro Salomão
(Membro da Banca)

Uberlândia – MG
Novembro – 2004

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as realizações da minha vida, aos meus pais Lauro Rodrigues de Souza e Maria Terezinha Souza que me deram todo o apoio e dedicação, aos meus irmãos Flavio, Adriano, Liliane e Osvaldo pela união, amizade e companheirismo, a minha namorada Anne, que me apóia e auxilia a todo o momento, agradeço também a todos os meus familiares.

Agradeço o Prof. Dr. Elias Nascentes Borges, o Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos, ao mestre Ricardo Falqueto Jorge, aos mestrandos Ademar Maximiano da Silva Jr., Marcos André Silva Souza e Adriana Monteiro da Costa pela grande amizade e pela brilhante orientação ao longo da minha vida acadêmica.

Agradeço a todos os integrantes do Laboratório de Manejo e Conservação do Solo e aos laboratoristas Sr. Wilson, Marco Aurélio, Manuel, Marinho, Gilda, Noemi, Péricles, Sr. Joaquim e Aires.

Agradeço a todos os professores do Instituto de Ciências Agrárias, principalmente aos professores do núcleo de solos.

Agradeço também a 31ª Turma de Agronomia da UFU pela amizade e companheirismo, e principalmente aos meus grandes amigos Daniel Preve (dede), Daniel Gadia (Snoopy), Daniel Casarotti (Da Costa), Osmar (Barão), Everton (Calaca), Marcos César (Marquim), Henrique (AC), Marcelo (Lontra), Nardel (Queiroz), Júlio (way) e Gabriel (camarujó).

ÍNDICE

RESUMO -----	05
1. INTRODUÇÃO -----	06
2. REVISÃO DE LITERATURA -----	09
2.1.Nutrientes-----	09
2.2.Gessagem-----	12
2.3.Calagem-----	14
2.4.Cultivo Convencional-----	15
2.5.Sistema Plantio Direto-----	16
2.6.Ausência de Preparo e Cultivo Mínimo-----	18
3. MATERIAL E MÉTODOS -----	19
3.1 Instalação do experimento-----	19
3.2 Cultivo do milho, ano agrícola 2000/ 2001-----	21
3.3 Cultivo da soja, ano agrícola 2001/2002-----	22
3.4 Cultivo do milho, ano agrícola 2002/2003-----	23
3.5 Cultivo da soja, ano agrícola 2003/2004-----	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	28
4.1. N-Total-----	28
4.1.1. Profundidade 0-5cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	28
4.1.2. Profundidade 5-15cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	30
4.1.3. Profundidade 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	30
4.1.4. Profundidades 0-5, 5-15 e 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	32
4.2. N-NH ₄ ⁺ -----	33

4.2.1. Profundidade 0-5cm, Julho-2003-----	33
4.2.2. Profundidade 5-15cm, Julho-2003-----	33
4.2.3. Profundidade 15-30cm, Julho-2003-----	34
4.2.4. Profundidades 0-5, 5-15 e 15-30cm-----	34
4.2.5. Janeiro-2004-----	35
4.3. N-NO ₃ ⁻ -----	36
4.3.1. Profundidade 0-5 e 5-15cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	36
4.3.2. Profundidade 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	37
4.3.3. Profundidades 0-5, 5-15 e 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	39
4.4. P-Disponível-----	41
4.4.1. Profundidade 0-5, Julho-2003/Janeiro-2004-----	41
4.4.2. Profundidade 5-15 e 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	43
4.4.3. Profundidades 0-5, 5-15 e 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	45
4.5. S-SO ₄ ⁻ -----	46
4.5.1. Profundidade 0-5cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	46
4.5.2. Profundidade 5-15cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	47
4.5.3. Profundidade 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	48
4.5.4. Profundidades 0-5, 5-15 e 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004-----	49
5. CONCLUSÕES-----	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	52

RESUMO

O solo nos cerrados pode ser muito produtivo quando devidamente manejado química e fisicamente. Sistemas de manejo, como o convencional, facilitador da adequação química mais rápida desse solo, não tem proporcionado melhorias, de modo permanente, neste ecossistema, induzindo a degradação de atributos físicos, após longo tempo de preparo intensivo. Assim, instalou-se um experimento de campo, na Fazenda Experimental do Glória/UFU, Uberlândia-MG, com o objetivo de avaliar a dinâmica do N, P e S em sistemas de manejo do solo, no período de seca e de chuva, nas camadas de 0-5, 5-15 e 15-30cm. O planejamento experimental constou de quatro blocos casualizados com os seguintes tratamentos: sistemas de cultivo convencional com calcário mais gesso (CCCG), cultivo convencional com calcário (CCC), cultivo mínimo com calcário mais gesso (CMCG), cultivo mínimo com calcário (CMC), ausência de preparo com calcário mais gesso (APCG), ausência de preparo com calcário (APC) e plantio direto com calcário mais gesso. Verificou-se que o N-Total apresentou a maior concentração na profundidade de 0-5cm, independente da época e do sistema de manejo adotado; o $N-NH_4^+$ no período da seca apresentou altos teores, mas nas águas não apresentou nenhum teor; o $N-NO_3^-$ apresentou a maior concentração no CM, no entanto, no período da seca foi na camada de 0-5cm, e nas chuvas foi na camada de 15-30cm; e em todos os manejos, o P apresentou maiores concentrações na camada de 15-30cm no período da seca e no período das águas foi na camada de 5-15cm e independentemente da época e do manejo adotado, o S apresentou maior concentração em subsuperfície (15-30cm de profundidade).

1-INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta boa parte da sua extensão constituída por solos de cerrados. O Triângulo Mineiro constitui uma região típica deste ecossistema, cuja unidade predominante é o LATOSSOLO VERMELHO. Esta unidade caracteriza-se pelo seu elevado grau de intemperização, além de, geralmente, serem argilosos, ácidos, com teores relativamente elevados em matéria orgânica, porém pobres em macro e micronutrientes. Estas condições exigem adequação química em todos os elementos essenciais através da calagem, gessagem e adubações.

Este solo mostra-se bastante produtivo quando corrigido e adubado, contribuindo para expansão agrícola em nosso país. Para aumentar a eficiência da adubação, a incorporação prévia de calcário e outros condicionadores geralmente se faz necessária melhorando as condições químicas do solo. Entretanto, a incorporação de calcário a pequenas profundidade, pode não trazer benefícios de imediato, sendo necessário aguardar um determinado período de tempo para ocorrer às reações necessárias, visto que o calcário é pouco móvel no solo.

A quantidade de fertilizantes, geralmente adicionados no plantio, são bastante variáveis em função do sistema de manejo adotado, nível tecnológico aplicado pelo agricultor, preço do adubo e do produto agrícola. Pesquisas comparativas entre sistemas conservacionistas (plantio direto e cultivo mínimo) e o sistema convencional de manejo do solo têm evidenciado, que a dinâmica do N, P e S são muito diferenciadas entre estes sistemas de manejo, com capacidade de refletir não só nas quantidades que devem ser aplicadas, mas também nos modos e épocas de aplicação e na produtividade da área.

No sistema de cultivo convencional (CC) a utilização de máquinas agrícolas se faz necessário, para a correção da acidez e construção da fertilidade inicial do solo. Contudo, por muitos anos seguidos, a intensa movimentação de máquinas e equipamentos provoca diversas alterações físicas, com reflexo na porosidade, alterando a estabilidade dos agregados. Como consequência ocorre uma destruição de canalículos deixados pelo sistema radicular e da atividade biológica, com aumento da compactação e/ou adensamento do solo. Essas alterações dificultam a entrada de água no solo, propiciando o escoamento superficial e facilitando a erosão, alterando a disponibilidade do N,P e S às plantas (Fucks et al., 1994; Rheinheimer et al., 2000).

O N no solo está sujeito a inúmeros processos de transformações que resultam em inúmeras formas orgânicas e inorgânicas, as quais podem resultar em ganhos ou perdas no solo como um todo, em função do sistema de manejo adotado (Raij, 1991).

As maiores limitações na produção agrícola, em solos ácidos de regiões tropicais e subtropicais, são a baixa disponibilidade de P no solo, dada a alta capacidade de adsorção e ou o baixo teor do nutriente no material de origem (Novais & Smyth, 1999). Com isso, a aplicação de gesso agrícola diminui a saturação por alumínio (Al^{3+}) em profundidade,

fornece Ca e S e promove a melhoria das propriedades físicas do solo (Alvarenga et al., 1998).

Este trabalho objetivou avaliar a dinâmica do N, P e S em sistemas de manejo plantio direto (PD), cultivo mínimo (CM) e ausência de preparo (AP) com gesso associado ou não ao calcário, em relação ao sistema de cultivo convencional (CC), no período de seca e de chuva, nas camadas de 0-5, 5-15 e 15-30cm.

2-REVISÃO DE LITERATURA

2.1.Nutrientes

O N ocupa uma posição de destaque entre os elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas. Sua baixa disponibilidade, somada à grande necessidade pelos vegetais, faz com que seja um dos nutrientes mais limitantes à produtividade da maioria das culturas. Esta baixa disponibilidade é decorrente de que 95% ou mais do N do solo encontra-se complexado na forma orgânica, sendo somente uma pequena parte mineralizada pela microbiota do solo, durante o ciclo de uma determinada cultura.

A mineralização, ou seja, a transformação do N orgânico em mineral ou inorgânico é conduzida por organismos heterotróficos do solo que utilizam substâncias orgânicas nitrogenadas como fonte de carbono, de N e energia. Já, a transformação do N inorgânico (NH_4^+ , NH_3 , NO_3^- , NO_2^-) para formas orgânicas microbianas denomina-se imobilização. Esses dois processos de transformação do N do solo são de natureza bioquímica, sendo ambos conduzidos pela atividade enzimática da microbiota do solo (Camargo et al., 1999).

A matéria orgânica, com baixos teores de N, ao ser decomposta no solo tende a imobilizar o N inorgânico. Excessiva imobilização pode competir com plantas por N e levar à deficiência na cultura. Cheshire et al. (1999) verificaram por meio de análises de resíduos de palhada, utilizando métodos físicos, químicos e biológicos, que a imobilização de N é principalmente um processo biótico.

Além desses processos de transformação do N do solo, os processos de nitrificação e de denitrificação merecem destaque. No processo de nitrificação, os íons NH_4^+ , produzidos pela mineralização, são convertidos para a forma nítrica (NO_3^-) por oxidação biológica. Já a denitrificação é definida como um processo em que os íons NO_3^- , produzidos pela nitrificação, são reduzidos microbiologicamente a N_2O e N_2 (Vale et al., 1994). Segundo Sheperd et al. (1996), apesar dos efeitos do sistema de cultivo sobre a mineralização da matéria orgânica do solo serem bem conhecidos e estudados, há necessidade de se compreender melhor os mecanismos pelos quais o cultivo influencia a mineralização, sendo esses efeitos mais comumente quantificados para sistemas intensivos de preparo do solo como o CC.

Segundo Muzilli (1985), a maior deficiência de N sob PD se deve ao movimento descendente da água que favorece a lixiviação, já que a não movimentação do solo não promove a quebra da capilaridade. Por outro lado, poderia estar ocorrendo uma menor taxa de mineralização da matéria orgânica mais superficial.

A grande maioria dos solos de Minas Gerais e, notadamente os da região de vegetação de cerrado, que cada vez mais são utilizados com o avanço da atividade agropecuária, mesmo dotados de boas propriedades físicas, apresentam, em geral, altos teores de Al^{3+} trocável e deficiência de nutrientes, especialmente de Ca, Mg e de P. Solos

dessa natureza, uma vez corrigidos quimicamente, apresentam grande potencial agrícola, possibilitando uma agropecuária tecnificada com elevadas produtividades (Alvarez v. e Ribeiro, 1999).

Solos ácidos e com alta saturação por Al, apresentam problemas na solubilidade de seus compostos, principalmente nutrientes, sendo que, no caso do P, com o abaixamento do pH ocorre diminuição em sua disponibilidade para as plantas. Outro ponto importante nestes solos é a CTC, ou seja, eles são ricos em sesquióxidos, gibsitita e caulinita, cuja quantidade de cargas negativas é baixa resultando em baixa CTC, sendo que em alguns casos, apresenta cargas positivas, aumentando a adsorção de ânions como o ortofosfato. O uso do solo, as remoções de P pelas plantas e as aplicações de fertilizantes fosfatados alteram a dinâmica das transformações de P no solo (Tiessen et al., 1983). Para minimizar estes problemas, práticas adequadas de manejo do solo, fertilizantes e plantas devem ser adotadas (Goedert et al., 1997).

Contudo, a disponibilidade de P no solo para as plantas depende fundamentalmente do equilíbrio e da dinâmica deste no solo. Os fatores que definem tal disponibilidade, de acordo com Raij (1991), são: fator intensidade, representado pela concentração de P na solução do solo; fator quantidade, representado pelo P que pode ir para a solução do solo, ou P lábil; fator capacidade ou poder tampão do solo, representado pela condição do solo de poder manter ou restabelecer o P em solução em níveis adequados através da dissolução do elemento da fase sólida; fator difusão, representado pelas características que permitem aos íons fosfato (PO_4^-) migrarem da superfície da fase sólida do solo, onde se dissolvem, até a superfície das raízes.

As perdas de nutrientes por erosão hídrica são influenciadas pela sua concentração na água e nos sedimentos e pela perda total de água e de sedimentos por erosão (Bertol et al., 2003). A concentração de nutrientes na água e nos sedimentos, por outro lado, varia com sua concentração no solo (Favaretto, 2002), a qual é influenciada pelas adubações e pela cobertura e manejo do solo (Mello, 2002). No entanto o P é um elemento pouco móvel no solo e seu suprimento para as raízes é efetuado principalmente pelo processo de difusão, o qual depende da umidade do solo e da superfície radicular (Gahoonia et al., 1994).

Segundo Vitti et al. (1986), o gesso agrícola tem dupla função, pois, além de servir como fonte de Ca e de S para as culturas, neutraliza o excesso de Al^{3+} tóxico de superfície e enriquece em Ca as camadas mais profundas do solo, permitindo assim o maior desenvolvimento do sistema radicular, resultando em maior resistência à seca e maior aproveitamento dos nutrientes do solo e dos adubos aplicados.

Segundo Yamada & Lopes (1998), solos há muitos anos sob exploração, com uso de formulações de fertilizantes desprovidos de S, podem apresentar baixa disponibilidade desse nutriente. Isso pode resultar em sintomas de deficiência nas culturas, acarretando queda de produtividade, principalmente em solos pobres nesse nutriente e com baixos teores de matéria orgânica. Nessas condições, o uso de gesso agrícola pode aumentar a produtividade de culturas como a soja, pelo fornecimento de S.

2.2.Gessagem

O gesso agrícola é um subproduto da produção de ácido fosfórico. Quando a rocha fosfática é atacada com ácido sulfúrico resulta de um lado o ácido fosfórico e por outro

lado o sulfato de cálcio diidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que possui 30% de CaO e 17% de enxofre (Malavolta, 1989).

O gesso agrícola constitui uma importante fonte de S para as plantas. De acordo com Malavolta (1989), o uso de gesso como fonte de S é recomendado sempre que o solo apresentar teores muito baixos ($\leq 5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) ou baixos (6-10 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) de S disponível e não forem empregadas outras fonte do elemento, como sulfato de amônio e fosfato super simples.

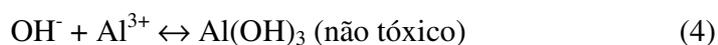
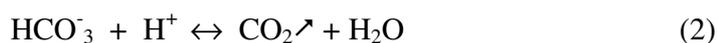
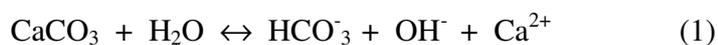
Segundo Summer (1992) uma alternativa para melhoria das condições químicas em profundidade, é a incorporação de gesso agrícola juntamente com o calcário, pois o gesso agrícola possui grande capacidade de movimentação no solo, elevando os níveis de Ca e, sobretudo de S até mesmo em profundidade, reduzindo a toxidez de Al, propiciando um melhor desenvolvimento do sistema radicular.

Com as raízes mais profundas, a resistência ao “stress” hídrico será maior, visto que a região do cerrado no Brasil apresenta, de maneira geral um longo período de estiagem. Outro benefício do aprofundamento radicular é a maior eficiência no aproveitamento dos adubos aplicados, evitando que estes sejam percolados, já que muitos são bastante dinâmicos no solo (Quaggio, et al., 1992).

Não há dúvida de que o gesso, devido à sua característica de alta mobilidade no perfil do solo, carregando consigo bases de interesse nutricional, poderá melhorar o padrão de fertilidade em profundidade de solos submetidos ao PD, já no primeiro ano de produção agrícola (Pavan et al., 1984).

2.3. Calagem

A calagem se faz necessária para melhorar as condições químicas do solo, tais como: a elevação de pH devido a liberação de hidroxilas (OH^-) (Equação 1), elevação dos teores de Ca e Mg (Equação 1), a diminuição dos níveis de Al trocável (Equação 4) devido a precipitação deste na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Equação 4), disponibilidade de nutrientes (N,P,K,S), devido a elevação do pH do solo promovendo aumento da atividade biológica do solo (Raij, 1988).



A correção da acidez em profundidade, mediante a aplicação de calcário superficial em doses maiores do que as recomendadas causarão desbalanceamento nutricional na superfície e será inconveniente, já que a movimentação de bases poderá ser lenta e incerta, dependendo da quantidade de água, do calcário aplicado e do tipo de solo (Pavan et al., 1984 e Soprano, 1986).

Os ânions, como cloretos, sulfatos, nitratos, silicatos liberados da decomposição de restos vegetais na superfície contribuem para a movimentação de Ca e Mg em profundidade, e em menor grau de outros cátions (Caires et al., 1999; Rheinheimer et al., 2000).

Segundo Malavolta (1989) o calcário possui uma baixa capacidade de movimentação no solo, corrigindo apenas onde foi incorporado. O íon carbonato (CO_3^{2-}) que acompanha o

Ca, depois de neutralizar a acidez é convertido em CO₂ e volatiliza para a atmosfera. O Ca fica ligado nas cargas negativas das argilas.

2.4.Cultivo Convencional

Segundo Dalal & Mayer (1986a,b), a utilização de métodos convencionais de preparo do solo, associados a culturas anuais, normalmente provoca redução acentuada nos teores de matéria orgânica (MO) total, como resultado do aumento da taxa de decomposição anual ou mesmo da redução da taxa de adição externa. Nessa situação, os teores podem estar aquém do necessário para manter as condições satisfatórias à produtividade das culturas, devido à estreita relação existente entre a matéria orgânica e as demais características do solo, principalmente nas classes dos chamados Latossolos.

Conquanto possa proporcionar ao menos temporariamente condições favoráveis ao crescimento e à produção agrícola, o preparo intensivo do solo e a movimentação de veículos e de máquinas geralmente pesados nas áreas de uso agrícolas intensivo, tem contribuído para formação de camadas compactadas no solo, constituindo fator negativo à produção e favorável a erosão (Alvarenga, 1993; Carvalho Júnior., 1995 e Borges et al., 1997).

Castro (1989) afirma que o CC possibilita a formação de uma crosta superficial compactada em função do impacto das chuvas e desagregação do solo pelo preparo. Esta situação, aliada à presença de camada compactada subsuperficial promove o aceleração de processos erosivos, em grau até maior do que a própria declividade do terreno ou tipo de solo (Carvalho Jr., 1995).

2.5.Sistema Plantio Direto

Segundo Muzilli (1985), o PD é um processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas sobre os restos culturais anteriores, sem a movimentação do solo. Esta técnica pressupõe então, para sua utilização, o uso de herbicidas para o controle das plantas daninhas ou de outras plantas destinadas a cobertura do solo.

Vedoato (1985) preconiza que para o PD seja introduzido com sucesso em uma área, são necessários alguns cuidados básicos como: remoção, caso haja, da compactação do solo por meio da subsolagem; promoção da erradicação de algumas ervas de difícil controle, como guaxuma, gramíneas perenes; correção da acidez em profundidade e da baixa fertilidade do solo; escolha correta das máquinas de plantio; disposição de espécies vegetais, adequadas à formação de cobertura do solo, durante todo ano.

A presença dos canalículos produzidos por anelídeos, artrópodes, moluscos, nematóides, e até vertebrados, além de facilitar a melhor oxigenação do solo com a liberação do gás carbônico do solo facilitam a perfuração das galerias que servem para os mesmos penetrarem o solo. As minhocas, por exemplo, ao cavarem galerias e se alimentarem de solo contribuem para a descompactação do solo, possibilitando não só maior infiltração da água, mas também melhorias nas propriedades físicas do solo. O PD contribui tanto para manutenção de um ambiente propício, quanto como fornecedor de matéria orgânica para a população de microrganismos do solo Almeida (1985).

Sistemas de manejo do solo que não envolvem revolvimentos e que ainda adicionam grandes quantidades de resíduos como é o caso do PD, possibilitam aumentos dos teores de matéria orgânica do solo, conforme afirmam Testa et al. (1992). Porém, em

vista da ausência de revolvimento do solo, pode ocorrer acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais, o que de certa forma não é desejável por não favorecer o aprofundamento do sistema radicular (Muzilli, 1983; Centurion et al, 1985).

Segundo Muzilli (1985) o plantio direto ao provocar alterações na temperatura do solo, teor de umidade e de matéria orgânica, localização dos corretivos e adubos irá afetar a atividade biológica que por sua vez produz mudanças nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo refletindo na fertilidade e eficiência de aproveitamento de nutrientes pelas plantas. Desse modo, justifica-se a necessidade do aprofundamento de estudos do plantio direto nas propriedades edáficas e sua influência na disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Sá (1993) trabalhando solos dos campos gerais, município de Ponta Grossa-PR, com PD a partir do primeiro ano com aplicação de calcário sobre a vegetação de gramíneas original sem incorporação, não constatou queda de produção da soja em relação a outras áreas previamente corrigidas e adubadas em profundidades. Este pesquisador observou ainda que a aplicação de calcário superficial corrigiu a acidez e adicionou bases em profundidades. Isso foi possível, graças aos canalículos produzidos pelo sistema radicular em decomposição e à atividade dos microorganismos e da pedofauna.

Mesmo com o aumento das bases superficiais, este pesquisador observou que é comum verificar acidificação superficial do solo, quando se utiliza o PD. A causa provável é o emprego de adubos nitrogenados em cobertura quando o cultivo é de gramíneas. Nesta situação a acidificação é tanto maior quanto mais arenoso for o solo devido ao maior parcelamento e ao menor teor de matéria orgânica.

2.6. Ausência de Preparo e Cultivo Mínimo

Mazuchowski & Derpsch (1984) afirmam que as operações de preparo do solo devem ser limitadas à eliminação de plantas não desejáveis, obtenção de condições favoráveis à germinação e desenvolvimento das plântulas, melhoria e manutenção da fertilidade do solo e da produtividade, as quais devem ser permanentes. Contudo, qualquer que seja o método de preparo este deve preservar os teores de matéria orgânica e os atributos edafoclimáticos, indispensáveis à produção agrícola e à redução da erosão e/ou outras formas de degradação à níveis tolerados.

O sistema CM, com menor revolvimento do solo, com manutenção dos resíduos vegetais na superfície, aumentam a disponibilidade de substratos nos primeiros centímetros do solo, possibilitando uma maior concentração de nutrientes na biomassa microbiana (Salinas-Garcia et al., 1997).

Oades (1984) afirma que o controle da erosão nos vários sistemas de preparo conservacionistas depende, dentre outros fatores, da maior ou menor quantidade de resíduos culturais adicionados ao solo.

Sistemas de manejos do solo que não envolvem rendimentos e que ainda adicionam grandes quantidades de resíduos sobre o solo, como o cultivo mínimo e ausência de preparo do solo, possibilitam aumentos dos teores de matéria orgânica do solo conforme afirmam Testa et al. (1992).

3-MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Instalação do experimento

O experimento de campo foi conduzido na Fazenda do Glória, Município de Uberlândia-MG, pertencente a Universidade Federal de Uberlândia. A unidade principal de solo é o LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico (LVd). O clima predominante na área, pela classificação de Köppen, é o Aw, que se caracteriza como clima tropical chuvoso (clima de savana), megatérmico, com inverno seco. A temperatura do mês mais frio é superior a 18 °C e a precipitação do mês mais seco é inferior a 60 mm. A precipitação, média de 1.550 mm anuais, caracterizada por um período chuvoso de seis meses (outubro a março). Junho, julho e agosto são os meses mais secos. O regime de umidade do solo de acordo com a Soil Taxonomy é o "ustic", ou seja, a diferença entre as temperaturas médias do verão e do inverno são inferior a 5°C e o número de dias acumulados secos é superior a 90 e inferior a 180 dias. A temperatura média do solo a 50 cm de profundidade está em torno de 22°C, sendo classificado pela Soil Taxonomy como "Isohyperthermic" (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 1982).

O experimento foi instalado em agosto de 2000, em solo originalmente sob vegetação de cerrado, sob uso de pastagem com sinais visíveis de degradação. Foram coletadas 8 amostras de solo inicialmente na profundidade de 0-20 cm, para caracterização da área e avaliação da necessidade de calagem, gessagem e adubação química. O teor de AL trocável é considerado alto e os valores de Ca e Mg são considerados baixos (quadro 1), segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, (1999).

QUADRO 1 – Análise química e física de solo na profundidade de 0-20 cm, na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia-MG, 2000.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	V	M.O.	Areia	Silte	Argila
água	___ mg dm ⁻³	___	___	___	___	___	___	%	___	___ g kg ⁻¹	___
5,2	1,0	31	0,2	0,1	0,6	4,0	8	2,1	550	30	420

pH em água (1:2,5); P e K método de extração Mehlich-1; Ca, Mg e Al método de extração KCl 1 mol L⁻¹; H+Al método de determinação Ca(OAc)₂ pH 7,5; Matéria Orgânica método Yeomans & Brenner; Areia, silte e argila método NaOH 0,1 mol L⁻¹.

As parcelas experimentais com área de 275 m², (11x25 m), foram dispostas em um delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, totalizando área de 7.700 m² (0,77 ha), as quais receberam os seguintes modos de aplicação de calcário e/ou gesso com e/ou sem mecanização para a incorporação do(s) corretivo(s):

1. Sistema de Manejo em Cultivo Convencional, com calcário + gesso agrícola incorporados com grade pesada (CCCG);
2. Sistema de Manejo em Cultivo Convencional, com calcário incorporado com grade pesada (CCC);
3. Sistema de Manejo com Ausência de Preparo do Solo e calcário + gesso agrícola aplicados na superfície (sem incorporação) (APCG);

4. Sistema de Manejo em Cultivo Mínimo, com calcário parcialmente incorporado com o arado escarificador (CMC);
5. Sistema de Manejo em Cultivo Mínimo com calcário + gesso agrícola parcialmente incorporados com arado escarificador (CMCG);
6. Sistema de Manejo com Ausência de Preparo do Solo e calcário aplicado na superfície (sem incorporação) (APC);
7. Sistema de Manejo em Plantio Direto com calcário + gesso agrícola incorporados com grade no primeiro ano agrícola (PDCG).

3.2. Cultivo do milho, ano agrícola 2000/2001

Com base nos resultados da análise de solo na profundidade de 0 – 20 cm (quadro 1), calculou-se a quantidade de calcário dolomítico a ser aplicada pelo método da neutralização do Al^{3+} e da elevação dos teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, (1999) que correspondeu a $119,8 \text{ kg parcela}^{-1}$ de 275 m^2 , ($4,36 \text{ t há}^{-1}$) para os sistemas de manejo de cultivo convencional (CC) e plantio direto (PD) e de $29,95 \text{ kg parcela}^{-1}$ de 275 m^2 ($1,09 \text{ t há}^{-1}$) para os sistemas de manejo de cultivo mínimo (CM) e ausência de preparo (AP) do solo. A diferença nas doses aplicadas se devem às diferenças de incorporação do corretivo, de 20 cm de profundidade para os sistemas de manejo de CC e PD e de 5 cm profundidade para os sistemas de manejo de CM e AP do solo.

A quantidade de gesso agrícola foi calculada com base na textura do solo, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, (1999), na profundidade de 0-20 cm (quadro 1), que correspondeu a $25,52 \text{ kg parcela}^{-1}$ de 275 m^2 ($0,93 \text{ t há}^{-1}$) para os sistemas

de manejo de CC e PD e de 12,76 kg parcela⁻¹ de 275 m² (0,46 t há⁻¹) para os sistemas de manejo de CM e AP do solo. As diferenças nas doses foram devidas às diferenças de incorporação do corretivo, de 20 cm de profundidade para os sistemas de manejo de CC e PD e de 10 cm profundidade para os sistemas de manejo de CM e AP do solo.

Semeou o milho híbrido C-911, com espaçamento entre linhas de 0,80 m e 5 plantas de milho por metro linear. A adubação de semeadura foi de 366 kg há⁻¹ do formulado 04-30-16, a qual correspondeu à aplicação de 15 kg há⁻¹ de N, 110 kg há⁻¹ de P₂O₅ e 59 kg há⁻¹ de K₂O.

3.3. Cultivo da soja, ano agrícola 2001/2002.

Antecedendo a semeadura da soja, procedeu-se a roçagem da braquiária nas parcelas de CM, AP e PD.

A aplicação de calcário dolomítico nas parcelas experimentais visou atingir 50% da saturação por bases nas parcelas de CC. Nas parcelas de CM, AP e PD, dado à incorporação parcial ou à não-incorporação do corretivo, aplicou-se metade da dose recomendada, suficiente para corrigir uma camada de 10 cm de solo.

A quantidade de gesso agrícola foi calculada com base na textura do solo, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, (1999), na profundidade de 0-20 cm (quadro 2), que correspondeu a 25,52 kg parcela⁻¹ de 275 m² (0,93 t há⁻¹) para os sistemas de manejo de CC e PD e de 12,76 kg parcela⁻¹ de 275 m² (0,46 t há⁻¹) para os sistemas de manejo de CM e ausência de AP.

A incorporação do(s) corretivo(s) foi realizada com grade pesada e escarificador, respectivamente, para as parcelas de CC e CM.

Semeou a soja com espaçamento entre linhas de 0,45 m e 18 plantas por metro linear. A adubação de semeadura foi de 400 kg há⁻¹ formulado 0-30-15, a qual correspondeu à aplicação de 120 kg há⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg há⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura, 30 dias após a semeadura da soja, foi de 60 kg há⁻¹ K₂O, na forma de cloreto de potássio.

QUADRO 2 – Quantidade de corretivos aplicada nas parcelas experimentais em Uberlândia - MG, para elevar V a 50%, 2001/2002.

Tratamentos	V(%)	Quantidade de corretivo aplicado (kg parcela ⁻¹)	
		Calcário dolomítico	Gesso agrícola
CCCG	38,31	15,52	25,52
CCC	33,50	24,14	-----
APCG	16,06	26,29	12,76
CMC	15,79	29,09	-----
CMCG	21,63	22,41	12,76
APC	20,85	26,29	-----
PDCG	33,62	11,64	12,76

As sementes de soja foram tratadas com fungicida Vitavax-Thiram[®] 200 SC, na dose de 250ml 100 kg⁻¹ de sementes, aplicando se também o Nutrioxi CoMo 10[®], como fonte de cobalto e molibdênio, na dose de 200ml 100 kg⁻¹ de sementes e inoculante turfoso em pó, na dose de 275g 100 kg⁻¹ de sementes.

3.4. Cultivo do milho, ano agrícola 2002/2003.

No mês de setembro de 2002, coletaram-se amostras de solo na profundidade de 0-20 cm em todas as parcelas experimentais para caracterização química (quadro 3), para fins de avaliação da necessidade de calagem, gessagem e adubação química do solo, visando o cultivo do milho no ano agrícola 2002/2003.

Procedeu-se também a roçagem da braquiária nas parcelas de CC, AP e PD, visando maior eficiência do herbicida Glyphosate, que foi aplicado posteriormente, na dosagem de 4 L ha⁻¹. Em seguida aplicou-se o calcário dolomítico nas parcelas experimentais visando atingir 60% da saturação por bases em todos os tratamentos, baseado nos resultados analíticos.

QUADRO 3 - Quantidade de corretivos aplicada nas parcelas experimentais em Uberlândia-MG, para elevar V a 60%, 2002/2003.

Tratamentos	V(%)	Quantidade de corretivo aplicado (kg parcela ⁻¹)	
		Calcário dolomítico	Gesso agrícola
CCCG	60,94	----	25,52
CCC	57,89	3,00	-----
APCG	36,92	35,60	12,76
CMC	36,58	36,49	-----
CMCG	34,90	38,71	12,76
APC	31,21	50,77	-----
PDCG	48,11	17,33	12,76

As incorporações do calcário e calcário + gesso agrícolas foram realizadas com grade pesada e escarificador, respectivamente, para as parcelas de CC e CM. Nas parcelas de AP e PD o(s) corretivo(s) não foram incorporados.

Em novembro de 2002 realizou-se a semeadura do milho híbrido NB-7240 – HE[®], com espaçamento entre linhas de 0,90 m e 6 plantas por metro linear. A adubação de semeadura foi de 400 kg há⁻¹ do formulado 04-30-16 + 0,2 Zn, correspondendo à aplicação de 16 kg há⁻¹ de N, 120 kg há⁻¹ de P₂O₅, 64 kg há⁻¹ de K₂O e 0,8 kg há⁻¹ de Zn.

Na adubação de cobertura aplicou 19,25 Kg parcela⁻¹ de sulfato de amônio, o que corresponde a 140 kg há⁻¹ de N.

3.5. Cultivo da soja, ano agrícola 2003/2004.

A coleta de dados para este trabalho teve início em Julho de 2003. Para tanto, coletou-se amostras de solo na profundidade de 0-20 cm em todas as parcelas experimentais para caracterização química (quadro 4), para fins de avaliação da necessidade de calagem, gessagem e adubação química do solo, visando o cultivo da soja no ano agrícola 2003/2004; e nas profundidades de 0-5; 5-15 e 15-30cm para avaliar os teores de N-Total, N-Amoniacal (N-NH_4^+), N-Nítrico (N-NO_3^-), Fósforo Disponível (P) e Enxofre (S-SO_4^-), utilizando as seguintes metodologias:

1 – N-Total - método de Kjeldahl, após digestão sulfúrica da amostra, transformando o N orgânico em NH_3 , e posterior transformação de NH_3 em NH_4^+ , este foi recolhido em solução alcalina e quantificado (Tedesco et al., 1985).

2 - NH_4^+ por extração com cloreto de potássio 1 mol L^{-1} e quantificado no espectrofotômetro UV- visível, utilizando o método do salicilato descrito por Kempers & Zweers, 1986.

3 - NO_3^- por extração com cloreto de potássio 1 mol L^{-1} determinação no espectrofotômetro UV- visível (Tedesco et al., 1985).

4 – P disponível extraído por $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 0,025 \text{ mol L}^{-1}$ (extrator Mehlich 1) e determinação no espectrofotômetro UV- visível (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 1997).

5 – SO_4^{2-} por extração com fosfato monocálcico $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e determinação no espectrofotômetro UV-visível, utilizando o método do cloreto de bário descrito por Cantarella & Raij (1997).

No mês seguinte aplicou-se o calcário dolomítico nas parcelas experimentais visando atingir 60% da saturação por bases ($V=60\%$), baseado no quadro-5. Com base na textura do solo, aplicou-se $25,52 \text{ kg parcela}^{-1}$ de 275 m^2 ($0,93 \text{ t há}^{-1}$) para os sistemas de manejo de CC e PD e de $12,76 \text{ kg parcela}^{-1}$ de 275 m^2 ($0,46 \text{ t há}^{-1}$) para os sistemas de manejo de CM e ausência de AP. Em outubro procedeu-se a roçagem da braquiária nas parcelas de CM, AP e PD, visando maior eficiência do herbicida glyphosate.

QUADRO 4 – Caracterização química nas parcelas experimentais, 150 dias antes do plantio da soja do ano agrícola 2003/2004.

Característica	Tratamentos ¹						
	CCCG	CCC	APCG	CMC	CMCG	APC	PDCG
PH em água (1:2,5)	6.03	5.77	5.32	5.64	5.65	5.57	6.15
Ca ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	1.92	1.69	1.40	1.45	1.52	1.65	2.13
Mg ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0.74	1.01	0.49	0.85	0.57	0.87	0.96
K (mg kg^{-1})	35.5	52.0	46.0	58.3	43.7	53.3	39.8
P (mg kg^{-1})	3.3	2.7	5.1	8.5	4.3	4.7	8.2
Al ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00
H+Al ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)	1.52	2.10	2.75	2.42	2.50	2.65	1.8
V (%)	64.58	57.45	42.20	50.63	46.97	49.47	64.32

¹Média de 4 repetições

Em dezembro de 2003 realizou-se a semeadura da soja, com espaçamento entre linhas de 0,45 m e 16 plantas por metro linear. A adubação de semeadura foi de 400 kg há^{-1} do formulado 00-30-15, a qual correspondeu à aplicação de $0,0 \text{ kg há}^{-1} \text{ N}$, $120 \text{ kg há}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ e $60 \text{ kg há}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$.

No mês seguinte (Janeiro 2004) coletou-se amostra de solo nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30cm para avaliar os teores de N-Total, N-Amoniacal (N-NH₄⁺), N-Nítrico (N-NO₃⁻), Fósforo Disponível (P) e Enxofre (S-SO₄⁻), utilizando as metodologias descritas anteriormente. Neste mesmo mês aplicou-se os herbicidas Lactofen na dose de 0,5 L há⁻¹ e Fomesafem na dose de 1 L há⁻¹ para o controle da erva daninha de folha larga. Para o controle da erva daninha de folha estreita aplicou-se o herbicida fluozifop-p na dose de 1,5 L há⁻¹. Aplicou-se também o inseticida fisiológico diflubenzurom na dose de 80 g há⁻¹. Duas semanas depois procedeu-se a adubação potássica de cobertura da soja, na dose de 100 kg há⁻¹ K₂O, utilizando como fonte o cloreto de potássio.

QUADRO 5 – Quantidade de corretivos aplicada nas parcelas experimentais em Uberlândia-MG, para elevar V a 60%, 2003/2004.

Tratamentos	V(%)	Quantidade de corretivo aplicado (kg parcela ⁻¹)	
		Calcário dolomítico	Gesso agrícola
CCCG	64.58	----	25,52
CCC	57.45	0.13	-----
APCG	42.20	0.85	12,76
CMC	50.63	0.46	-----
CMCG	46.97	0.61	12,76
APC	49.47	0.55	-----
PDCG	64.32	----	12,76

(1) saturação de Bases

Os resultados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de tratamentos, utilizando o programa STATISTIC.

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. N-Total

4.1.1. Profundidade 0-5cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

Para as determinações realizadas em Julho de 2003 (quadro-6), ou seja, no período da seca, o N-Total na profundidade de 0-5 cm, foi maior no sistema de manejo ausência de preparo (AP), com aplicação de calcário + gesso (Cal+Ges), porém, não diferindo estatisticamente ($P < 5\%$) dos sistemas AP com aplicação de calcário (Cal) e plantio direto (PD) com aplicação de Cal+Ges.

Provavelmente, este fato está relacionado com a maior concentração de matéria orgânica na superfície uma vez que a mesma é fonte de N (Orgânico), uma fração do N-Total. A ausência de revolvimento do solo, com melhor retenção de umidade, temperatura e, possivelmente, melhor estruturação do solo, pode promover melhor equilíbrio, no processo da mineralização, resultando em maiores concentrações de N-Total junto à superfície do solo (0-5cm). Segundo Moreira & Siqueira, (2002) a mineralização da matéria

orgânica do solo, da qual fazem parte às reações de amonificação e nitrificação, transforma, em média, de 2% a 5% do N orgânico por ano, processo este muito influenciado pelo tipo de uso e manejo do solo.

Os sistemas de manejos cultivo convencional (CC) e cultivo mínimo (CM) com Cal e Cal+Ges proporcionaram os menores teores de N-Total, não diferindo estatisticamente ($P < 5\%$) entre eles. Esta situação pode ser consequência do revolvimento do solo, com a incorporação dos restos culturais, resultando em maior mineralização do nitrogênio orgânico. A maior quantidade de N mineralizado pode favorecer a nitrificação, com perdas mais acentuadas tanto por volatilização como por lixiviação com a desestruturação do solo em seu preparo. Conforme Camargo et al (1997) a maior parte do nitrogênio do solo, encontra-se em formas orgânicas que podem ser mineralizadas durante os cultivos por meio da hidrólise enzimática produzida pela atividade da microbiota do solo tornando o teor de N-Total no solo menor.

Para a coleta de janeiro de 2004, ou seja, no período das águas, observando o N-Total, verifica-se na profundidade de 0-5cm que o manejo CC com Cal mostrou a maior concentração de N-Total, o qual não difere estatisticamente ($P < 5\%$) dos demais sistemas, exceto para o sistema PD que apresenta a menor concentração. Provavelmente, a mineralização da matéria orgânica (M O) no sistema CC pode ser mais intensa devido a uma maior atividades microbianas, elevando assim a sua concentração. E no sistema PD, mesmo que este tenha bastante M.O e que as condições de umidade e temperatura sejam favoráveis a atividade microbiana, o não revolvimento do solo dificultou a mineralização da M O em relação ao CC, apresentando assim a menor concentração. Segundo Ridley et

al., (2001) o processo de mineralização da matéria orgânica ocorre em razão da maior aeração por ocasião da mobilização do solo, somada ao efeito de corretivos.

4.1.2. Profundidade 5-15cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

Na profundidade de 5-15 cm no período da seca (quadro-6), o PD com Cal+Ges foi o sistema que apresentou o maior teor de N-Total, não diferindo dos sistemas AP e CC com Cal+Ges, e AP e CC com Cal. O sistema de manejo CM com Cal apresentou o mais baixo teor do elemento nesta camada. Provavelmente, a não diferenciação apresentada entre os sistemas PD, AP e CC se devem a um fator intrínseco da profundidade e os manejos, em que o não revolvimento do solo nos manejos PD e AP ainda mantêm os teores de N-Total elevado nesta camada, e o revolvimento do solo com grade no manejo CC incorpora a matéria orgânica elevando os teores de N-Total.

Na profundidade de 5-15cm no período das águas, o sistema de manejo AP com Cal+Ges diferenciou estatisticamente ($P < 5\%$) do sistema PD Cal+Ges. Provavelmente, devido ao maior aporte de matéria orgânica gerada pelo sistema PD o que resultou em menor mobilização deste nutriente, devido ao aumento da CTC na superfície, conforme Ridley et al.,(2001).

4.1.3. Profundidade 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

Para a profundidade de 15-30cm no período da seca (quadro-6) o CC com Cal+Ges proporcionou o maior teor do N-Total, evidenciando a possibilidade de lixiviação a partir das camadas mais superficiais para esta camada, ou mesmo maior aprofundamento do sistema radicular com maior incorporação de matéria orgânica. No sistema AP com

Cal+Ges observou-se o menor teor de N-Total, provavelmente, pelas condições químicas e físicas de solo, com limitações tanto à incorporação de matéria orgânica, como a atuação da atividade microbiana sobre a mesma.

QUADRO 6 - Teores de N-Total, nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, em diferentes sistemas de manejo de solo.

Manejos ⁽¹⁾	Profundidades (cm)					
	0-5		5-15		15-30	
	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾
N-Total (g kg⁻¹) Julho/ 2003						
CC	0,70 BC	0,70 BC	0,65 BC	0,68 BC	0,51 DE	0,61 BC
CM	0,65 BC	0,65 BC	0,32 G	0,54 CD	0,46 EF	0,51 DE
AP	0,79 AB	0,93 A	0,67 BC	0,65 BC	0,54 CD	0,42 FG
PD		0,75 AB		0,74 B		0,53 CD
⁽³⁾ CV	10,9%					
N-Total (g kg⁻¹) Janeiro/ 2004						
CC	0,74 A	0,72 AB	0,54 BC	0,47 DE	0,47 DE	0,37 G
CM	0,68 AB	0,60 AB	0,53 CD	0,49 DE	0,47 DE	0,51 CD
AP	0,63 AB	0,63 AB	0,56 AB	0,63 AB	0,42 EF	0,39 FG
PD		0,53 CD		0,46 DE		0,44 EF
⁽³⁾ CV	13,1%					

⁽¹⁾ CC: Cultivo Convencional; CM: Cultivo Mínimo; AP: Ausência de Preparo do Solo; PD: Plantio Direto. ⁽²⁾ Cal: Calcário; Cal+Ges; Calcário+Gesso. ⁽³⁾ CV: Coeficiente de variação. ⁽⁴⁾ Letras maiúsculas, comparam o sistema de manejo, com o corretivo para todas as profundidades. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O N-Total na profundidade de 15-30cm no período das águas, independentemente do sistema de manejo, observou-se teores menores em relação às duas primeiras camadas, pois quanto maior a profundidade menor será a quantidade de M O. Nesta camada o CM com Cal+Ges foi o sistema que apresentou a maior concentração e o PD não diferiu (P<5%) do sistema AP com Cal, os quais apresentou a menor concentração. Possivelmente,

o subsolador ultrapassou os 15 cm de profundidade facilitando a mineralização da matéria orgânica nesta camada.

4.1.4. Profundidades 0-5, 5-15 e 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

Avaliando a influencia da aplicação de gesso agrícola misturado ao calcário (quadro-6), para o N-Total no período de seca, percebe-se que desde a camada superficial (0-5 cm) até a camada mais profunda (15-30 cm), a utilização do gesso possibilitou maior quantidade de N-Total independente do sistema de manejo praticado, mas com quantidades mais expressivas de N-total para os tratamentos que não envolvem revolvimento do solo, principalmente para as camadas mais superficiais.

Analisando as três profundidades no período das chuvas, observa-se que o N-Total na camada de 0-5cm apresenta a maior concentração no manejo CC com Cal em função da mineralização mais intensa da matéria orgânica (M O) do solo neste sistema de manejo. E a menor concentração observada foi com o manejo CC com Cal+Ges na camada de 15-30cm evidenciando que além da desestruturação do solo o gesso contribuiu para uma maior movimentação deste elemento para maiores profundidades. Segundo Rosolem et al (2003), a correção do solo mesmo superficial, consegue mineralizar nitrogênio, melhorando o aproveitamento do nutriente pela planta nesta camada.

Verificando o período de seca e o período de chuva independentemente do sistema de manejo usado, observa-se ainda que nas duas épocas a maior concentração de N-Total encontra-se na camada de 0-5 cm, decrescendo os teores nas profundidades de 5-15 e 15-30 cm, uma vez que a maior concentração da matéria orgânica está na superfície, e que ao ser mineralizada mantêm os teores de N-Total na camada de 0-5 cm maiores que nas camadas

de 5-15 e 15-30 cm. No entanto, é no período de seca que se mostra mais concentrado em N-Total, provavelmente em função da decomposição dos restos culturais deixados pela cultura do milho na safra 2002/2003, bem como o fator lixiviação ser menor.

4.2. N-NH₄⁺

4.2.1. Profundidade 0-5cm, Julho-2003.

Observando a disponibilidade do N na forma NH₄⁺ na profundidade de 0-5cm no período de seca (quadro-7), verifica-se que o sistema de manejo AP com Cal+Ges apresentou o menor teor em relação a todos os outros sistemas de manejo, os quais não diferiram entre si independente da aplicação de gesso. Esta situação pode indicar que no processo de mineralização da M O da camada superficial a produção desta forma nitrogenada é bastante independente do sistema de manejo, sendo, ainda, pouco influenciado pela presença do gesso. Deve-se considerar ainda que a adubação de cobertura, da cultura do milho (safra 2002/2003), com o sulfato de amônio também pode ter influenciado neste resultado, evidenciando para os sistemas de manejo AP, CM e CC com Cal e PD, CM e CC com Cal+Ges dados estatisticamente semelhantes.

4.2.2. Profundidade 5-15cm, Julho-2003.

Percebe-se que com exceção do CM com Cal, o qual proporcionou a menor quantidade de N-NH₄⁺ (quadro-7) na profundidade de 5-15cm, todos os outros sistemas de manejo independe da calagem estar ou não associada ao gesso não diferiram entre si. Provavelmente, o uso do escarificador, que promove maior aeração do solo facilitando

assim, a conversão do amônio em nitrato (nitrificação) na área de atuação do mesmo. Esta hipótese torna-se viável uma vez que na camada de 0-15cm ocorre uma maior atividade da biota do solo.

QUADRO 7 - Teores de $N-NH_4^+$, nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, em diferentes sistemas de manejo de solo.

Manejos ⁽¹⁾	Profundidades (cm)					
	0-5		5-15		15-30	
	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾
$N-NH_4^+$ (mg dm⁻³) Julho/ 2003						
CC	33,48 AB	35,73 AB	32,72 AB	33,69 AB	32,66 AB	30,62 CD
CM	35,62 AB	34,04 AB	31,12 CD	34,68 AB	36,67 A	31,38 BC
AP	36,38 AB	31,41 BC	36,96 A	34,51 AB	32,69 AB	35,09 AB
PD		36,03 AB		33,02 AB		35,03 AB
⁽³⁾ CV	5,6%					
$N-NH_4^+$ (mg dm⁻³) Janeiro/ 2004*						

*Não apresenta nenhum teor de $N-NH_4^+$, em todos os sistemas de manejos e profundidades estudadas.

⁽¹⁾ CC: Cultivo Convencional; CM: Cultivo Mínimo; AP: Ausência de Preparo do Solo; PD: Plantio Direto. ⁽²⁾ Cal: Calcário; Cal+Ges; Calcário+Gesso. ⁽³⁾ CV: Coeficiente de variação. ⁽⁴⁾ Letras maiúsculas, comparam o sistema de manejo, com o corretivo para todas as profundidades. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2.3. Profundidade 15-30cm, Julho-2003.

Na profundidade de 15-30cm o sistema de manejo CM com a aplicação do corretivo calcário apresentou a maior concentração do $N-NH_4^+$ (quadro-7) no solo, e o CC com Cal+Ges, a menor concentração. Acredita-se que o sistema de manejo CC com Cal+Ges apresentou menor teor de amônio devido ao fato da gradagem proporcionar um ambiente de aeração, o que promove a redução dos teores de amônio (oxidação).

4.2.4. Profundidades 0-5, 5-15 e 15-30cm.

Analisando todas as profundidades, verifica-se que o CC com Cal+Ges na subsuperfície (15-30cm) apresenta o menor teor do $N-NH_4^+$ (quadro-7), não diferindo do manejo CM com aplicação do corretivo calcário na camada de 5-15cm. Verifica-se também que o AP com Cal na camada de 5-15cm e CM com Cal na camada de 15-30cm apresentaram as maiores concentrações desse íon. Independentemente do sistema de manejo, provavelmente o calcário sem a presença do gesso (condicionador) não influencia tanto no processo de perdas (lixiviação, nitrificação) e absorção pela planta.

Segundo Caires et al. (2001), a calagem, mesmo quando superficial, mantém teores suficientes de Ca e Mg no solo e aumenta a absorção de nutrientes. Isso se observa com aplicação do corretivo calcário + gesso agrícola (condicionador), que irão liberar uma maior quantidade do íon cálcio (bivalente) deslocando o íon amônio (monovalente) para a solução do solo, ficando o mesmo disponível à planta, microorganismos ou sujeito ao processo de lixiviação.

No período de seca, observa-se de uma maneira geral uma uniformidade nos teores de $N-NH_4^+$ em todas as profundidades, mostrando que provavelmente o $N-NH_4^+$ neste período mantêm-se praticamente inalterável, mas que pode ser absorvido pela cultura de inverno (*Brachiaria* sp), tornando evidente que, ao contrário do que ocorreu no período de chuva, no período de seca a atividade da biota do solo é muito baixa, pois temos altas temperaturas e baixíssima umidade. Dessa forma, não favorece a atividade dos micros e macrorganismos e conseqüentemente, a perda desse elemento.

4.2.5. Janeiro-2004.

Nas amostras de solo de janeiro de 2004, período de chuva (quadro-7), não foi detectado a presença de nitrogênio na forma amoniacal (N-NH_4^+), em nenhum dos manejos (CC, CM, AP e PD) com seus respectivos corretivos (Cal+Ges e Cal). Acredita-se que por o N-NH_4^+ ser um elemento muito dinâmico no perfil do solo, e que a atividade da biota do solo neste período ser muito intensa devido às condições climáticas, este pode ter sido absorvido pelas plantas, transformado em nitrato (nitrificação) e ter-se perdido através da percolação, lixiviação e pela volatilização uma vez que este elemento passa para a forma gasosa. Nesta época houve uma elevada precipitação (1450 mm) de outubro de 2003 até a coleta das amostras.

4.3. N-NO_3^-

4.3.1. profundidade 0-5 e 5-15cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

Encontrou-se (quadro-8) a maior concentração do nitrato (N-NO_3^-) no período da seca na profundidade de 0-5cm, no manejo CM, não diferindo estatisticamente ($P < 5\%$) do manejo AP com Cal+Ges, pois o arado escarificador revolve parcialmente o solo, melhorando a estrutura física do mesmo (macroporos), proporcionando uma maior aeração. Com isso o íon amoniacal é nitrificado mantendo alta a concentração do íon nitrato.

O sistema de CC com Cal+Ges foi o que mostrou a menor concentração de nitrato (N-NO_3^-), o qual não diferiu do CC com Cal, com o uso da grade pesada, revolve todo o solo da camada arável (0-20cm), aumentando a atividade microbiana e a oxidação, que promove a diminuição dos teores de nitrato. Aliado a esse fato, destaca-se também, o processo de lixiviação.

Na profundidade de 5-15cm, no período da seca, o manejo CC com Cal+Ges evidenciou altos teores do N-NO_3^- no solo, provavelmente em função da mineralização ser mais acentuada nesse sistema, bem como os fatores acumulativos da percolação, o qual apresenta-se estatisticamente ($P < 5\%$) igual ao manejo CC com aplicação de Cal. O sistema de CM com Cal+Ges, evidenciou baixos teores de nitrogênio nítrico (N-NO_3^-). Provavelmente, a mineralização da M O é menor nesse sistema de manejo.

Observando o íon nitrato (NO_3^-) no período das chuvas, na profundidade de 0-5cm, verifica-se que o sistema PD com aplicação de Cal+Ges mostrou-se mais significativo, enquanto que no sistema CC com Cal e Cal+Ges, sua concentração foi estatisticamente inferior. Na profundidade de 5-15cm, o PD com Cal+Ges foi o manejo onde se verificou, a maior concentração de nitrato (NO_3^-) no solo. Já os demais manejos não diferiram estatisticamente ($P < 5\%$), apresentando a menor concentração.

Provavelmente, o sistema de PD com Cal+Ges apresentou-se mais significativo nas camadas de 0-5 e 5-15cm, devido este sistema proporcionar uma melhor estruturação física do solo, com menor compactação e conseqüentemente maior número de macroporos, fazendo com que haja uma maior aeração por entre esses canais. Aumentando assim, a atividade da biota com a palhada que este sistema proporciona juntamente com a adubação e correção do solo. Com isso, pode ter ocorrido à transformação do amônio que havia no solo em nitrato (nitrificação). De acordo com D'Andréa *et al.* (2004) é possível afirmar que as adubações e correções da acidez do solo criaram condições favoráveis aos microrganismos nitrificadores.

4.3.2. profundidade 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

O CM e AP com Cal+Ges apresentam-se estatisticamente ($P < 5\%$) idênticos, com maior teor de $N-NO_3^-$ (quadro-8) na profundidade de 15-30cm, no período da seca. O sistema de PD com Cal+Ges, por outro lado, mostrou o menor teor de nitrato no solo nesta camada. Possivelmente, em função da melhor estruturação do solo proporcionado por este sistema, favorecendo a perda do nitrato.

QUADRO 8 - Teores de $N-NO_3^-$, nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, em diferentes sistemas de manejo de solo.

Manejos ⁽¹⁾	Profundidades (cm)					
	0-5		5-15		15-30	
	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾
N-NO₃⁻ (mg dm⁻³) Julho/ 2003						
CC	7,66 DE	7,08 EF	8,91 BC	10,44 AB	8,82 BC	7,66 DE
CM	13,22 A	11,62 AB	7,93 CD	6,07 F	9,18 BC	9,72 BC
AP	9,58 BC	10,89 AB	7,53 DE	8,64 CD	7,61 DE	9,72 BC
PD		7,97 CD		6,87 EF		7,08 EF
⁽³⁾ CV	12,8%					
N-NO₃⁻ (mg dm⁻³) Janeiro/ 2004						
CC	5,61 FG	5,31 FG	4,41 G	4,51 G	5,21 FG	10,20 AB
CM	8,10 CD	9,10 BC	4,01 G	4,51 G	9,70 BC	12,20 A
AP	6,71 EF	7,21 DE	4,41 G	5,51 FG	11,10 AB	5,21 FG
PD		9,60 BC		6,91 EF		8,30 CD
⁽³⁾ CV	11,5%					

⁽¹⁾ CC: Cultivo Convencional; CM: Cultivo Mínimo; AP: Ausência de Preparo do Solo; PD: Plantio Direto. ⁽²⁾ Cal: Calcário; Cal+Ges; Calcário+Gesso. ⁽³⁾ CV: Coeficiente de variação. ⁽⁴⁾ Letras maiúsculas, comparam o sistema de manejo, com o corretivo para todas as profundidades. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Souza (1992) relatou que em sistemas de PD a permanência de resíduos de plantas na superfície dos solos evita as evaporações excessivas de água, mantendo a umidade do solo por mais tempo, reduz a temperatura do solo, aumenta a agregação do solo, e

consequentemente, a interação dos efeitos promove maior atividade biológica, quer por micro ou por macrorganismos, havendo então a formação de canais contínuos no solo.

Por outro lado, o íon nitrato é, normalmente, muito móvel no perfil do solo, especialmente em PD, pois com menor evaporação e melhor estruturação ao longo do perfil, a taxa de infiltração de água tende a ser maior (percolação e lixiviação). O íon nitrato acompanha esse fluxo para camadas mais profundas conforme demonstrou Muzilli, 1983. Sendo assim, em PD ocorre um acúmulo de palhada em superfície e uma menor taxa de mineralização, apresentando o menor teor de nitrato.

Avaliando o $N-NO_3^-$ no período das águas, na camada de 15-30cm, os manejos CM com Cal+Ges e AP com Cal, estatisticamente não diferiram ($P<5\%$), apresentando os maiores teores de nitrato, este fato deve-se possivelmente a menores perdas desse elemento uma vez que o CM revolve muito pouco o solo e não favorece a sua percolação e lixiviação. O CC com Cal e AP com Cal+Ges apresentaram os menores resultados.

4.3.3. profundidades 0-5, 5-15 e 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

No período de seca, em todas as profundidades observa-se que, o sistema de manejo CM com aplicação de Cal, na profundidade de 0-5cm, o $N-NO_3^-$ (quadro-8) apresenta a maior concentração do íon nitrato no solo. Há uma maior aeração nessa camada, transformando o íon amônio em nitrato (nitrificação), tendendo cair a concentração nas demais profundidades.

O sistema CM com Cal+Ges na profundidade de 5-15cm, o $N-NO_3^-$ (quadro-8) apresentou a menor concentração. Possivelmente, o íon nitrato reage com o cálcio formando o nitrato de cálcio. Porém, ele dissolve facilmente tornando-se uma reação

reversível. Com isso, o nitrato fica na solução do solo tornando-se disponível para a planta, ou podendo ser lixiviado. Amado et al. (2002) mostrou que o N em sistemas agrícolas deve considerar os elevados riscos ambientais, uma vez que este nutriente está sujeito a perdas por erosão, lixiviação, denitrificação, e volatilização.

Verificando as três profundidades em conjunto no período das águas, observa-se que o manejo CM com Cal+Ges, camada de 15-30cm, mostra o maior teor de nitrogênio nítrico no solo, não diferindo dos manejos CC com Cal+Ges e AP com Cal na mesma camada. Devido a um período chuvoso muito intenso e o ion nitrato (NO_3^-) ser muito móvel no perfil do solo, este, provavelmente foi perdido por erosão, denitrificação, volatilização e principalmente por lixiviação, mostrando assim que, em relação à coleta anterior, os teores de N-NO_3^- diminuíram, porem, devido à lixiviação, os teores de N-NO_3^- no solo, na camada de 15-30cm apresentaram-se maiores nesta coleta.

Na profundidade de 5-15cm, o CM com Cal não diferiu dos manejos CC e AP com Cal e dos manejos CC e CM com Cal+Ges, mostrando, assim, que o menor teor de nitrogênio nítrico (N-NO_3^-) no solo encontra-se nesta camada. Podendo ser que, a mineralização na camada de 0-5cm o N-NO_3^- seja absorvido pelas plantas ou então desce para as camadas mais profundas.

Analisando o N-NO_3^- no período de seca e no período de chuva, verifica-se no período de seca que a maior concentração de N-NO_3^- encontra-se na profundidade de 0-5 cm. E no período das águas, a maior concentração está na profundidade de 15-30 cm. Os altos teores na camada de 0-5 cm no período da seca, possivelmente podem estar vinculado ao processo de mineralização da matéria orgânica e nitrificação que ocorre devido à

presença de umidade no final das chuvas (final de março), porém estas chuvas são fracas e não causam a perda do N-NO_3^- .

No período das chuvas o processo de mineralização da matéria orgânica e a transformação do amônio em nitrato (nitrificação) ocorrem em maior intensidade. No entanto a percolação e a lixiviação também ocorrem, levando o N-NO_3^- através do fluxo de massa para as camadas mais profundas, evidenciando assim os altos teores de N-NO_3^- na camada de 15-30 cm.

4.4. P-Disponível

4.4.1. Profundidade 0-5, Julho-2003/Janeiro-2004.

A construção da fertilidade dos latossolos, do ecossistema cerrado, para a produção agrícola obrigatoriamente envolve a utilização de insumos portadores do nutriente P. Segundo Holford (1997), em solos tropicais, a “construção” da fertilidade do solo em P torna-se particularmente importante, uma vez que esses solos apresentam baixa disponibilidade natural e alta capacidade de adsorção e de fixação desse nutriente.

Avaliando a disponibilidade de P nos diferentes sistemas de manejo para a profundidade 0-5cm no período seco, ou seja, na entre-safra (quadro-9) percebe-se que o sistema de manejo AP, com aplicação de Cal+Ges apresentou teores mais elevados do elemento. Para o período chuvoso, de máximo desenvolvimento vegetativo da cultura, a maior disponibilidade encontra-se no CM com Cal+Ges embora não tenha diferido do sistema de manejo CC com Cal+Ges. Na etapa inicial da fixação de P pelo solo, há uma atração eletrostática, seguida de reações de fixação cada vez mais estáveis, quanto maior

for o contato e a quantidade de óxidos de ferro e alumínio presentes no solo (Barrow, 1985, Parfitt, 1978; Galdberg & Sposito, 1985). Nota-se, então, que a aplicação tanto do corretivo como do gesso promove maior disponibilidade do fósforo com a diminuição dos teores de alumínio trocável na solução do solo, com menor fixação permanente.

Percebe-se que o sistema em PD com Cal+Ges, embora não diferir do sistema AP com Cal, apresentou a menor disponibilidade desse elemento na camada de 0-5cm tanto no período mais seco do ano, quanto no período das águas. Provavelmente este sistema ao favorecer a maior retenção de umidade e estrutura mais friável do solo, criou condições para que a adubação de plantio fosse depositada abaixo da profundidade de 5 cm. Maior complexação de formas fosfatadas bem como menor taxa de mineralização da M O, também pode ter favorecido esta menor disponibilidade. É possível também, que a aplicação somente na superfície do corretivo, aliado a incorporação do fertilizante na profundidade do plantio tenha facilitado a fixação do fósforo pelas argilas não silicatadas (Óxido de Fe e AL) e a caulinita. De acordo Goedert & Sousa, (1984) a não correção do solo pode aumentar significativamente a fixação do P.

Quanto a influencia do gesso misturado ao calcário, percebe-se que nesta camada mais superficial do solo (0-5cm), não é verificada consistência na disponibilidade de P entre os diferentes sistemas de manejo, embora exista uma tendência dos teores de P serem maiores na presença do gesso tanto no período da seca, como no período das águas. Tal fato está relacionado com a presença desse nutriente no gesso, obtido pela solubilização de rochas fosfatadas com o ácido sulfúrico na produção industrial do ácido fosfórico, sendo o gesso um subproduto. Detalhe importante a ser notado é uma disponibilidade significativamente maior de P para todos os tratamentos de manejo do solo e do corretivo,

no período das águas (janeiro), quando a cultura em pleno desenvolvimento está com absorção maximizada, comparativamente ao período seco do ano, quando o desenvolvimento e absorção pelas plantas são mínimos.

4.4.2. Profundidade 5-15 e 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

Avaliando o efeito dos tratamentos de manejo do solo e associação de gesso agrícola com o calcário para as profundidades de 5-15cm e 15-30cm observa-se (quadro-9) comportamento semelhante entre estas duas profundidades, mas completamente distintos entre o período da seca (julho) e das águas (janeiro). Enquanto, a quantidade de P disponível apresenta tendência de aumentar em profundidade para todos os sistemas de manejo em estudo no período da seca, independente da associação do gesso ao corretivo, no período das águas ocorre o contrario, os teores são significativamente menores na profundidade de 15-30 cm. Teores em níveis médios a alto de P nesta profundidade no período da seca e abaixo do crítico no período das águas, evidencia a grande capacidade da cobertura de entre-safra, formada de *Brachiaria* sp, em disponibilizar P e, por outro lado, a grande concentração de raízes e absorção deste elemento pela cultura da soja.

Teores até 30 vezes menores para alguns sistemas de manejo, no período de crescimento da cultura comparativamente ao período da seca, época normalmente adotada para avaliação do status nutricional do solo para a próxima cultura, poderão induzir a planejamento da adubação e da localização dos fertilizantes equivocados, com reflexo na produtividade da cultura.

Os teores disponíveis de P foram significativamente maiores tanto no período da seca, quanto no período das águas quando a calagem estava associado a presença de gesso

mostrando, desse modo, a presença de impurezas (P) no gesso, capaz de contribuir para o fornecimento a planta.

QUADRO 9 - Teores de P-Disponível, nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, em diferentes sistemas de manejo de solo.

Manejos ⁽¹⁾	Profundidades (cm)					
	0-5		5-15		15-30	
	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾
P-Disponível (mg dm⁻³) Julho/ 2003						
CC	2,10 GH	1,70 HI	3,20 FG	2,00 GH	4,40 EF	6,60 CD
CM	2,50 GH	3,42 FG	2,50 GH	5,70 CD	5,70 DE	8,70 BC
AP	0,80 I	6,26 CD	1,70 HI	8,50 BC	4,80 EF	16,00 A
PD		0,70 I		4,60 EF		10,60 B
⁽³⁾ CV	16,4%					
P-Disponível (mg dm⁻³) Janeiro/ 2004						
CC	8,33 F	12,94 CD	13,45 C	5,85 GH	0,59 J	1,02 J
CM	5,17 HI	13,18 C	19,90 A	16,62 B	0,24 J	1,23 J
AP	4,98 I	7,76 FG	13,92 C	9,52 EF	0,28 J	0,83 J
PD		7,41 FG		10,92 DE		0,58 J
⁽³⁾ CV	4,3%					

⁽¹⁾ CC: Cultivo Convencional; CM: Cultivo Mínimo; AP: Ausência de Preparo do Solo; PD: Plantio Direto. ⁽²⁾ Cal: Calcário; Cal+Ges; Calcário+Gesso. ⁽³⁾ CV: Coeficiente de variação. ⁽⁴⁾ Letras maiúsculas, comparam o sistema de manejo, com o corretivo para todas as profundidades. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Registra-se, que na presença do gesso associado a calagem, a disponibilidade de P, ao invés de diminuir em profundidade, praticamente dobrou na camada de 15-30cm em relação a 5-15cm no período da seca, enquanto que, no período das águas, ocorreu uma redução drástica da disponibilidade na camada mais profunda do solo. Constata-se, desse modo, que nutrientes de baixa mobilidade no solo, como é o caso do fósforo, a importância do uso do gesso agrícola nas condições de uso e manejo sem qualquer revolvimento do solo

(AP) para melhorar o status de P em profundidade no período da entre-safra, enquanto que o sistema de manejo CC, ao promover a melhor homogeneização desse nutriente com a massa de solo, possibilitou a sua menor disponibilidade em relação aos outros sistemas de manejo, possivelmente por facilitar a fixação.

Para o período das águas, ou seja, de crescimento da cultura, o sistema de manejo CC, pelo efeito da fragmentação e melhor incorporação da massa vegetal, foi que mais contribuiu para a maior disponibilização de P, embora em quantidades crítica às necessidades da cultura.

Com relação ao efeito dos diferentes tratamentos de manejo do solo, independente da calagem estar ou não associado com gesso e da profundidade estudada, percebe-se que os menores teores de P foram observados no sistema de manejo AP com Cal e PD com Cal+Ges, enquanto que os maiores teores foram identificados nos sistemas CC com Cal e AP com Cal+Ges, no período da seca, enquanto que no período das águas a maior disponibilidade encontra-se no CM com Cal e Cal+Ges na profundidade de 5-15 cm e a menor disponibilidade no CM e AP com Cal na profundidade de 15-30cm. Provavelmente, não houve correção nesta profundidade aumentando assim a sua fixação. Segundo Magalhães et al., (1987) a incorporação do fosfato ao solo aumenta a sua solubilidade, porém aumenta a fixação pelo Al^{3+} em um solo não corrigido sendo que a utilização de gesso junto à adubação fosfatada poderia ser uma alternativa para diminuir o teor de Al^{3+} no perfil do solo e, conseqüentemente, decrescer a fixação do P sem interferir com a acidez do solo necessária à solubilização do fertilizante.

4.4.3. Profundidades 0-5, 5-15 e 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

Com relação às profundidades estudadas, no período da seca (quadro-9), percebe-se que a maior concentração de P disponível ocorreu na camada de 15-30cm no manejo AP com Cal+Ges e a menor disponibilidade ocorreu na camada de 0-5cm também no manejo AP, embora neste sistema de manejo não ocorrer a incorporação da cultura na entre-safra.

No período das águas a maior concentração de P está na camada de 5-15cm, com o manejo CM com Cal, e a menor, no CM com aplicação de Cal na profundidade de 15-30 cm, o qual não difere estatisticamente ($P < 5\%$) dos demais manejos desta camada.

4.5. S-SO₄⁻

4.5.1. Profundidade 0-5cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

Avaliando o S-SO₄²⁻ na profundidade de 0-5cm no período da seca (quadro-10), o maior teor de enxofre (S-SO₄⁻) foi verificado no tratamento CM com Cal+Ges e o menor no sistema de CC com Cal. Além da presença do gesso (condicionador), a incorporação com o arado escarificador contribuiu para a concentração do S na camada de 0-5cm, uma vez que a escarificação não revolve o solo da camada superficial para a mais profunda, mas quebra os macroporos dificultando a percolação do S.

Analisando os resultados de janeiro (período de chuva) verifica-se que na profundidade de 0-5cm, o maior teor de S foi obtido na parcela de CC com Cal, e os menores no CM e AP com Cal+Ges. O menor valor para este sistema de manejo possivelmente esteja relacionado com o revolvimento do solo, facilitando tanto a movimentação de água no solo como a homogeneização do elemento com a fração sólida do solo.

4.5.2. Profundidade 5-15cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

Na profundidade de 5-15cm em julho-2003 (quadro-10), os tratamentos CM com Cal e Cal+Ges, e o sistema AP com Cal+Ges foram os que proporcionaram maior disponibilidade de $S-SO_4^-$ nesta camada, sendo o sistema de CC com Cal e Cal+Ges seguido do sistema PD com Cal+Ges, os tratamentos que proporcionaram a menor disponibilidade de S no solo.

Provavelmente para o CC a desestruturação do solo favoreceu a maior perda por lixiviação do sulfato para maiores profundidades. O sistema PD proporciona uma boa estruturação física do solo reduzindo a compactação e absorvendo com maior facilidade a água da chuva devido à presença de maior aporte de M O (palhada). Facilitando assim a perda do $S-SO_4^-$ através da percolação, bem como a presença do gesso agrícola que carrega as bases, corrigindo o solo nas camadas mais profundas, favorecendo o crescimento radicular e conseqüentemente a maior absorção do nutriente.

Na profundidade de 5-15cm em janeiro-2004, os maiores teores de S foram obtidos nos tratamentos CM e AP com Cal+Ges. Provavelmente, o uso de arado escarificador no sistema de manejo CM, o qual não revolve totalmente o solo, tenha evitado perda por percolação e lixiviação. Os teores mais baixos foram observados no CC com Cal e no sistema PD com Cal+Ges, apresentando, portanto, um comportamento inverso ao da profundidade de 0-5cm. Possivelmente, o revolvimento do solo com grade aradora no CC possibilitou um maior contato do $S-SO_4^-$ com as partículas de solo reduzindo a movimentação do mesmo para as camadas mais profundas. E os baixos teores encontrados no PD devem-se à boa estruturação física do solo proporcionada por este sistema, como descrito anteriormente.

4.5.3. Profundidade 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

Para a profundidade de 15-30cm no período da seca (quadro-10) o tratamento AP com Cal+Ges foi o que proporcionou maior teor de enxofre. Nesta camada, o sistema de CC com Cal e Cal+Ges seguido do sistema PD com Cal+Ges, foram os que apresentaram os menores teores de $S-SO_4^{2-}$ devido ao que foi explicado anteriormente. E de acordo com Summer, (1992) o gesso agrícola resultante da produção de fertilizantes fosfatados, além de ser utilizado como fonte de Ca e S para crescimento das plantas tem sido empregado como condicionador, diminuindo a toxidez de alumínio em solos ácidos ou corrigindo solos salinos em profundidade.

QUADRO 10 - Teores de $S-SO_4^-$, nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, em diferentes sistemas de manejo de solo.

Manejos ⁽¹⁾	Profundidades (cm)					
	0-5		5-15		15-30	
	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾	Cal ⁽²⁾	Cal+Ges ⁽²⁾
S-SO₄⁻ (mg dm⁻³) Julho/ 2003						
CC	8,8 F	11,2 F	10,9 F	10,4 F	25,1 C	24,0 C
CM	12,3 EF	18,1 D	26,4 C	28,2 C	41,3 AB	38,8 B
AP	11,8 EF	12,2 EF	15,9 DE	27,8 C	27,2 C	43,6 A
PD		12,0 EF		11,4 F		24,4 C
⁽³⁾ CV	7,7%					
S-SO₄⁻ (mg dm⁻³) Janeiro/ 2004						
CC	6,25 H	5,18 HI	5,32 H	10,54 G	19,74 F	28,40 B
CM	3,13 IJ	0,63 K	18,98 F	26,25 CD	22,91 E	18,53 F
AP	2,33 JK	0,81 K	12,24 G	28,18 BC	24,29 DE	34,69 A
PD		4,78 HI		5,81 H		18,67 F
⁽³⁾ CV	5,6%					

⁽¹⁾ CC: Cultivo Convencional; CM: Cultivo Mínimo; AP: Ausência de Preparo do Solo; PD: Plantio Direto. ⁽²⁾ Cal: Calcário; Cal+Ges; Calcário+Gesso. ⁽³⁾ CV: Coeficiente de variação. ⁽⁴⁾ Letras maiúsculas, comparam o sistema de manejo, com o corretivo para todas as profundidades. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na profundidade 15-30cm no período das águas, os maiores teores de S foram encontrados no tratamento AP com Cal+Ges. Possivelmente, a aplicação de gesso na superfície seguida por lixiviação para subsolos ácidos resulta em melhor crescimento radicular e maior absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas (Sumner et al., 1986; Carvalho; Raij, 1997). Os teores mais baixos foram encontrados nos sistemas de CM com Cal e no sistema PD com Cal+Ges. Como discutido anteriormente, o PD proporciona uma maior quantidade de macroporos e o $S-SO_4^-$ possui grande mobilidade no perfil do solo principalmente na presença do gesso. E aliado a alta precipitação (1450 mm) de outubro de 2003 até a coleta das amostras (janeiro de 2004), favoreceu a perda desse elemento para as camadas mais profundas.

4.5.4. Profundidades 0-5, 5-15 e 15-30cm, Julho-2003/Janeiro-2004.

O $S-SO_4^{2-}$ em julho mostrou-se significativo nas três profundidades (quadro-10) na presença do corretivo Cal+Ges. Possivelmente, isso se deve à presença do ion sulfato na composição do gesso agrícola ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$ com 24% S). O melhor resultado foi observado no tratamento AP com Cal+Ges na profundidade de 15-30cm. Possivelmente em função do S ser um elemento muito móvel no perfil do solo, concentrando-se nas camadas mais profundas.

Em janeiro, tomando-se como base toda profundidade analisada, percebe-se que o maior teor foi verificado no tratamento AP do solo com aplicação de Cal+Ges, na profundidade de 15-30cm. A presença da palhada e o não revolvimento do solo possibilitam uma melhor estruturação e agregação do mesmo neste sistema, favorecendo a

infiltração da água e a percolação de $S-SO_4^{2-}$, pode-se salientar também a presença dos óxidos de Fe e Al (cargas positivas) nesta profundidade, atraindo assim o S.

Analisando os teores de S no período de seca e no período de chuva, nota-se que as concentrações na superfície (0-5 cm) são menores que na subsuperfície (15-30 cm). Verifica-se assim, uma semelhança no comportamento do S em relação às duas épocas estudadas. No entanto, no período de seca os teores de $S-SO_4^{2-}$ apresentam-se maiores que no período de chuva. Provavelmente isto ocorre em função do S ser muito móvel no perfil do solo e aliado às chuvas, este elemento, através do fluxo de massa percola para as camadas mais profundas ultrapassando a camada de 15-30 cm.

Observa-se ainda que o sistema AP com Cal+Ges nas duas épocas foi o que apresentou a maior concentração de enxofre. Possivelmente o gesso tenha influenciado no resultado, uma vez que o gesso é fonte de S. Observa-se também que somente na profundidade de 0-5 cm, no período das águas, que os teores de $S-SO_4^{2-}$ apresentam-se menores na presença do gesso. Provavelmente, o S percolou para as camadas de 5-15 e 15-30 cm, apresentando assim os menores teores na camada superficial (0-5 cm), e de acordo com o que foi discutido anteriormente, possivelmente deve-se a grande mobilidade do S no perfil do solo.

5-CONCLUSÕES

- O N-Total apresentou a maior concentração na profundidade de 0-5cm, independente da época e do sistema de manejo adotado.
- Em todos os manejos e profundidades, o N-NH_4^+ no período da seca apresentou altos teores enquanto que no período das águas estava totalmente ausente.
- Nas duas épocas, o N-NO_3^- apresentou a maior concentração no CM, no entanto, no período da seca foi na camada de 0-5cm, e nas chuvas foi na camada de 15-30cm.
- Em todos os manejos, o P apresentou maiores concentrações na camada de 15-30 cm no período da seca enquanto que no período das águas foi na camada de 5-15 cm.
- Independentemente da época e do manejo adotado, o S apresentou maior concentração na camada de 15-30 cm.

6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.S. de & RODRIGUES, B.N. *Guia de herbicidas: recomendações para o uso adequado em plantio direto e convencional*. Londrina: IAPAR, 1985, 482p.

ALVARENGA, C.R. Potencialidade de adubos verdes para conservação e recuperação de solos. Viçosa, MG, UFV, 1993. 112p. (Tese de Doutorado).

ALVARENGA, M.I.N.; SILVEIRA, D.A. da; PASSOS, R. R. & BAHIA, V.G. Manejo visando à conservação e recuperação de solos altamente susceptíveis à erosão sob os aspectos físicos, químicos e biológicos. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, n.191, p.49-58, 1998.

ALVAREZ V., V.H. (Eds.). Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais; *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5.^a Aproximação*, Viçosa, 1999. p.43-60.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. *Rev. Bras. Ci. Solo*. v. 26, p. 241-248, 2002.

- BARROW, N.J. Reaction of anions and cations with variable - charge soils. *Adv. Agron.* v. 38, p. 183-230, 1985.
- BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORREA, G.F. & COSTA, L.M. Misturas de gesso e matéria orgânica alterando atributos físicos de um latossolo com compactação simulada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, p.125-130, 1997.
- CAIRES, F.E.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHVEIRI, A.W.; MADRUGA, F.F.; FIGUEIREDO, A. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações de características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, p.315-327, 1999.
- CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A. & FONSECA, A.F. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. *R. Bras. Ci Solo*. v.25, p. 1029-1040, 2001.
- CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C. & VIDOR, C. Comparative study of live hydrolytic methods in the determination of soil organic nitrogen compounds. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* v. 28, p. 1303-1309, 1997.
- CAMARGO, F.A. de O; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O.(eds.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, RS, Gênese, cap.07, 1999. p.117-137.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Determinação de sulfato em solos: método BaCl₂ em pó. 1997 (Notas de aula).

- CARVALHO Jr. I. Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em latossolo de textura média, sob diferentes usos. Viçosa, MG, UFV, 1995, 83p. (Dissertação de Mestrado).
- CARVALHO, M.C.S. & RAIJ, B. van. Calcium sulphate phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. *Plant Soil*. v. 192, p. 37-48, 1997.
- CASTRO, O.M. de. Preparo do solo para a cultura do milho. Campinas, 1989. 41p. (*Serie técnica, 3*)
- CENTURION, J.F.; DEMATTE, J.L.I. & FERNANDES, F.M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *Revista brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, 9, p.267-270, 1985.
- CHESHIRE, M.V.; BEDROCK, C.N.; WILLIAMS, B.L.; CHAPMAN, S.J., SOLNTSEVA, I.; THOMSEN, I. The immobilization of nitrogen by straw decomposing in soil. *European Journal of Soil Science*, 50:329-341, 1999.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação*. Viçosa, 1999. 359p.
- DALAL, R.C. & MAYER, R.J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. II. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. *Aust. J. Soil Res.*, Melbourne, 24, p.281-292, 1986b.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N. GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa agropecuária brasileira*. v.39, n.2, p. 179-186, 2004.

EMBRAPA - Levantamentos de reconhecimentos de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. SNLCS, Rio de Janeiro. *Boletim de Pesquisa 1*, 1982.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FAVARETTO, N. Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium related to water quality and plant nutrition. *West Lafayette, Purdue University*, 2002. 150p. (Tese de Doutorado)

FUCKS, L.F.; REINERT, D.J.; CAMPOS, B. C.; BORGES, D. F., SAPINI, C. *Degradação da estabilidade estrutural pela aração e gradagem do solo sob plantio direto por quatro anos*. In: Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água 10, Florianópolis, 1994. *Anais*. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p.196-197.

GAHOONIA, T.S.; RAZA, S.; NIELSEN, N.E. Phosphorus depletion in the rhizosphere as influenced by soil moisture. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.159, n.2, p.213-218, 1994.

GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: Simpósio sobre fertilizantes na agricultura brasileira, Brasília, 1984. *Anais*. Brasília: EMBRAPA, 1984. p.206-255. (Documentos,14).

GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.; LOURENÇO, S. Nutrient use efficiency in brasilian acid soils: Nutrient management and plant efficiency. In: MONIZ, A.C.; FULANI, A.M.C.;

- SCHAFFERT, R.E.; FAGERIA, N.K.; ROSOLEM, C.A.; CANTARELLA; H. *Plant-soil interactions at low pH: Sustainable agriculture and forestry production*. Brasília: SBCS, 1997. p.97-104.
- HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus:its measurement, and its uptake by plants. *Aust. J. Soil Res.* v. 35, p.227-239, 1997.
- KEMPERS, AJ.; ZWEERS, A. Ammonium determination in soil extracts by the salicilat method. *Commum. In Soil Sci. Plant Anal.* v.17, n.7, p.715-723, 1986.
- MAGALHÃES, J.C.A.J.; MELLO, F.A.F.; THOMAZI, M.D. Avaliação agronômica de fosfatos naturais com ênfase para solos sob vegetação de cerrado: I. *Revista de Agricultura.* v.62, p.61-89, 1987.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.251 p.
- MALAVOLTA, E. ABC da adubação. 5ª ed. São Paulo: *Agronômica Ceres*, 1989. 292 p.
- MAZUCHOWSKI, J.Z. & DERPSCH, R. Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas.Curitiba: *ACARPA*, 1984. 68p.
- MELLO, E.L. Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo sob chuva simulada. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2002. 88p. (Tese de Mestrado)
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2002. 626p.
- 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.

MUZILLI, O. Fertilidade do sistema de plantio direto. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V. & MACHADO, J., (Ed.). *Atualização em plantio direto*. Campinas, Fundação Cargill, 1985.p. 147-160.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, *Departamento de Solos*, 1999. 399p.

OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability mechanisms and implication for management. *Plant Soil*, Dordrecht, 76, p.319-337, 1984.

PARFITT, R.L. Anion adsorption by soils and soil materials. *Adv. Agron.* v. 30, p. 1-50, 1978.

PAVAN, M.A. ; BINGHAM, F.T. PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum application to a brazilian oxisol. *Soil Science Society America Journal*, Madison, 48, p.33-38, 1984.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, V. Van; GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H.A.A.;Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. *Pesq. Agrop. Bras*, 1992.

RAIJ, B.V. Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. *São Paulo, Associação Nacional para Difusão de adubos e Corretivos Agrícolas*. 1988, 88 p.

RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo, Agronômica Ceres/POTAFOS, 1991. 343p.

RIDLEY, A. M.; WHITE, R. E.; HELYAR, K. R.; MORRINSON, G. R.; HENG, L. K.; FISHER, R. Nitrate leaching loss under annual and perennial pastures with and without lime on a duplex soil in humid southeastern Australia. *European Journal of Soil Science*, Oxford, v. 52, n. 1, p. 237-252, 2001.

RHEINHEIMER, D.S., SANTOS, E.J.S., KAMINSKY, J., BORTULIZZI, E.C., GATIBONI, L.C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.24, p.797-805, 2000.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA, R. H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. *Pesq. agropec. bras.*v.38, n.2, p.301-309, 2003.

SÁ, J.C. de M.. Manejo da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: Plandio Direto no Brasil. Passo Fundo: *Aldeia Norte/EMBRAPA-CNPT/FUNDACEP-FECOTRIGO/FUNFAÇÃO-ABC*, 1993. P.37-60.

SALINAS-GARCIA, J.R.; HONS, F.M.; MATOCHA, J.E. Long-terms effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Science Society of America Journal*, 61:152-159, 1997.

SOPRANO, E. Movimentação de íons e crescimento de café em função da aplicação de sais de cálcio em colunas de solo. Viçosa: UFV, 1986 92p. (*Tese, Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas*).

SHEPERD, M. A.; STOCKDALE, E.A.; POWLSON, D.S.; JARVIS, S.C. The influence of organic nitrogen mineralization on the management of agricultural systems in the UK. *Soil Use and Management*, v. 12, p.76-85, 1996.

SOUZA, L.S. *Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo*. Porto Alegre, 1992. 162p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SUMMER, M.E. Uso atual do gesso no mundo em solos ácidos. In: Seminário sobre o uso do gesso na agricultura, 2., Uberaba, 1992. Uberaba: Ibrafos, 1992. p.7-40.

- TEDESCO, M.J.; VOLKWEIS, S.J.; BOHEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1985. 186p. (Boletim Técnico de Solos, 5)
- TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J. & MIELNICZUK, J. Características químicas de um podzólico vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. *Revista brasileira de Ciências do Solo*. Campinas, 16, p.107-114, 1992.
- TIESSEN, H.; STEWART, J. W. B.; MOIR, J. O. Changes in organic and inorganic phosphorus of two grassland and their particle size fraction during 60-90 years of cultivation. *Journal of Soil Science*, Oxford, v. 34, p. 815-823, 1983.
- VALE, F. R. do; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G. A de A. *Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes*. Lavras, ESAL/FAEPE, 1994. 171p.
- VEDOATO, R.A. Princípios básicos de plantio direto. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V. & MACHADO, J. (Ed). *Atualização em plantio direto*. Campinas, *Fundação Cargill*, 1985. p.18-30.
- VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; MALAVOLTA, E. O gesso agrícola como fonte de cálcio e enxofre - respostas de culturas anuais e perenes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, Brasília, 1985. *Anais. Brasília: EMBRAPA DDT*, 1986. p.17-43.
- YAMADA, T. & LOPES, A.S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. *Informações Agronômicas*. Piracicaba: POTAFÓS, 1998. p.2-8. (Encarte Técnico, 84)