



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

NITROGÊNIO MINERAL DO SOLO SOB MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE COBERTURA NO CERRADO

OLÍVIA PADILHA FONSECA

Brasília, DF
Julho de 2011

OLÍVIA PADILHA FONSECA

NITROGÊNIO MINERAL DO SOLO SOB MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE COBERTURA NO CERRADO

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Cícero Célio de Figueiredo
Co-orientadora: Arminda Moreira de Carvalho

**Brasília, DF
Julho de 2011**

FICHA CATALOGRÁFICA

FONSECA, Olívia Padilha

“NITROGÊNIO MINERAL DO SOLO SOB MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE COBERTURA NO CERRADO” Orientação: Cícero Célio de Figueiredo, Brasília 2011. 42 páginas
Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2011.

1. Mineralização 2. Amônio 3. Nitrato

I. Figueiredo, C.C.de. II. Drº.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FONSECA, O. P. Nitrogênio mineral do solo sob milho em sucessão à plantas de cobertura no Cerrado. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2011, 42 páginas. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: OLÍVIA PADILHA FONSECA

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Nitrogênio mineral do solo sob milho em sucessão à plantas de cobertura no Cerrado.

Grau: 3º **Ano:** 2011.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

OLÍVIA PADILHA FONSECA

OLÍVIA PADILHA FONSECA

NITROGÊNIO MINERAL DO SOLO SOB MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE COBERTURA NO CERRADO

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Cícero Célio de Figueiredo
Co-orientadora: Arminda Moreira de Carvalho

BANCA EXAMINADORA:

Cícero Célio de Figueiredo
Doutor, Universidade de Brasília - UnB
Orientador / email: cicerocef@unb.br

Arminda Moreira de Carvalho
Doutora, Embrapa Cerrados - CPAC
Co-orientadora / email: arminda@cpac.embrapa.br

Thais Rodrigues Coser
Mestre, Universidade de Brasília - UnB
Examinadora / email: thacoser@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Cícero Célio de Figueiredo pela atenção, apoio e compreensão nos momentos que precisei e pela contribuição à minha formação acadêmica.

À minha co-orientadora, Armanda Moreira de Carvalho, por todo apoio e por todo conhecimento adquirido em todo período de estágio na Embrapa Cerrados.

Aos funcionários Edinho, Edson e Cláudio que ajudaram na execução de todos os processos deste experimento realizados no campo e ao Zebra pela ajuda nas análises laboratoriais.

À meus amigos estagiários Raíssa e Joaozinho pelo companheirismo e ajuda em todos os momentos de trabalho na Embrapa Cerrados.

À todos os professores que se dedicaram à formação dos graduandos em agronomia na UnB, sendo fundamental para meu aprendizado.

À meus grandes amigos Adriene, Raíssa, Gutão, Titio, Joaozinho, Mineiro, Peixe, Rodrigo, Izadora, Mari e Guinixo pelo companheirismo e amizade durante o curso de agronomia.

Às minhas queridas amigas, Dalvinha, Byla, Cata e Manu pelo apoio sempre.

À meu namorado Tiago, pelo amor, companheirismo, amizade e apoio estando sempre ao meu lado.

À minha família unida, que amo muito, pela confiança e por estar ao meu lado me apoiando durante toda a minha vida.

FONSECA, Olívia Padilha. **Nitrogênio mineral do solo sob milho em sucessão à plantas de cobertura no cerrado.** 2011. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

Uma das vantagens do uso de plantas de cobertura é facilitar a disponibilidade de nutrientes, como o nitrogênio, para plantas subseqüentes através da mineralização realizada por microrganismos do solo. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, com o objetivo de determinar teores de NH_4^+ e NO_3^- no solo do Cerrado sob o uso de plantas de cobertura (Milheto, Braquiária ruziziensis e feijão-bravo-do-ceará) no fim e início da estação chuvosa, sendo utilizada como testemunha a vegetação espontânea. O delineamento experimental aplicado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições. As espécies vegetais representaram as parcelas e os períodos de corte (floração e maturação) constituíram as subparcelas. A amostragem do solo foi feita em cada subparcela nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm do solo. No fim do período chuvoso o teor de NH_4^+ foi superior ao teor de NO_3^- . No início do período chuvoso o teor de NO_3^- foi superior ao de NH_4^+ nas camadas superficiais de 0 a 30 cm. A concentração de NH_4^+ foi mais elevada no solo sob feijão-bravo-do-ceará em relação ao milheto no fim da estação chuvosa. Nas parcelas das três espécies vegetais utilizadas (milheto, braquiária e feijão-bravo-do-ceará) o teor de NO_3^- nas camadas de 0 a 30 cm foi superior à parcela com vegetação espontânea no início da estação chuvosa.

Palavras-chave: mineralização; amônio; nitrato.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVO	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1. Bioma Cerrado	11
3.2. Nitrogênio mineral	12
3.3. Plantas de cobertura	15
3.3.1 Fixação biológica de nitrogênio	16
3.3.2. Plantas de cobertura para uso em agroecossistemas no Cerrado	18
3.3.2.1. Feijão-bravo-do-ceará.....	18
3.3.2.2. Milheto	20
3.1.2.3 Braquiária ruziziensis	21
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1. Caracterização da área experimental	23
4.2. Implantação do experimento.....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6. CONCLUSÕES	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
8. ANEXOS.....	41

1. INTRODUÇÃO

As plantas de cobertura possuem muitas vantagens para o sistema agrícola e tem como objetivo principal a manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo, atuando como condicionadores químicos, físicos e biológicos deste (CARVALHO & AMABILE, 2006). Uma de suas principais funções do uso das plantas de cobertura é aumentar a disponibilidade de nutrientes, como o nitrogênio, para plantas subsequentes ou em consórcio. Outros benefícios são diminuir a incidência de plantas invasoras, melhorar a estrutura do solo, manter níveis de matéria orgânica, aumentar a atividade biológica e retenção de água no solo, e evitar processos erosivos, o que é fundamental para solos do Cerrado (PRIMAVESI, 1984).

Podem ser utilizadas, com essa finalidade, gramíneas, leguminosas ou outras espécies vegetais. As leguminosas têm a capacidade de fixar nitrogênio do ar por meio da associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, possuem alta capacidade de absorção de nutrientes do solo e, a maioria, possui decomposição rápida, incrementando a oferta de nutrientes às culturas. As gramíneas também disponibilizam nutrientes, mas sua decomposição é normalmente mais lenta por possuírem alta relação C/N (MIYASAKA, 1984; AMABILE & CARVALHO, 2006). Porém, os resíduos de guandu e mucuna, apesar da baixa razão C/N possuem decomposição mais lenta do que de braquiária *rupestris*, devido aos altos teores de lignina no tecido vegetal das leguminosas e baixas concentrações desses compostos na parte aérea da gramínea (CARVALHO *et al.*, 2011, no prelo).

O nitrogênio, nutriente mais demandado pelas plantas, encontra-se em quantidades mínimas no solo nas formas minerais assimiláveis pelas plantas (NH_4^+ e NO_3^-), pois a maioria encontra-se na forma orgânica. E ao contrário dos outros nutrientes, o nitrogênio, não é liberado pelo intemperismo de minerais nos solos (SOUSA & LOBATO, 2004). As transformações do nitrogênio orgânico em inorgânico são feitas por microrganismos do solo e suas atividades são influenciadas por fatores ambientais do solo, como acidez, aeração, umidade, temperatura, teor de nutrientes e mineralogia do solo (BAYER, 1996).

Os microrganismos quando decompõem a matéria orgânica suprem suas demandas de energia e nitrogênio e disponibilizam, através da mineralização, nitrogênio

assimilável para as plantas absorverem. Contudo esses microrganismos podem imobilizar por um tempo esse nitrogênio, na forma orgânica ou inorgânica. Quando os materiais possuem baixa relação C/N proporcionam rápida mineralização e quando a relação C/N é alta favorecem a imobilização desse nutriente (SOUSA & LOBATO, 2004).

A disponibilidade de nutrientes e a produtividade de agroecossistemas dependem da atividade e quantidade de microrganismos responsáveis pela mineralização e da quantidade e qualidade de resíduos vegetais ou substrato no solo. Assim, a quantidade desse material vegetal no solo e sua composição somada a outras condições ambientais influenciam diretamente no crescimento da população e na atividade desses microrganismos. Portanto, a quantificação do nitrogênio mineral é importante para entender a interação desses microrganismos com o substrato/material vegetal no solo e assim, assegurar tomadas de decisão mais precisas e necessárias para a melhoria da qualidade do solo e consequentemente o aumento da produção agrícola.

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi determinar teores de nitrogênio mineral na forma de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) em Latossolo sob uma sucessão de milho e plantas de cobertura (milheto, braquiária *ruziziensis* e feijão-bravo-do-ceará), no fim e no início da estação chuvosa.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Bioma Cerrado

O segundo maior Bioma do País, depois da Floresta Amazônica é o Cerrado, possuindo 204 milhões de hectares e grande importância no cenário agrícola nacional e mundial. No Cerrado é possível, com tecnologia, incrementar a produtividade e reduzir o desmatamento para manter a área de produção mantendo a atual reserva natural, que chega a aproximadamente 50% (EITEN, 1993).

Os solos predominantes nessa região são os Latossolos Vermelhos ou Vermelho-Amarelo representando 46% desse Bioma (REATTO *et al.*, 1998). Esses solos são fisicamente adequados, ou seja, profundos e porosos, de textura, em grande parte, média a argilosa, e relevo, predominantemente, plano a suave ondulado, o qual propicia o uso de mecanização. Mas possuem fatores limitantes para o uso agrícola, como baixa fertilidade química e forte acidez, além das condições de clima seco, com baixas precipitações pluviométricas que predominam no Cerrado em aproximadamente metade do ano (CORREIA, *et al.*, 2004)

Com aplicações de corretivos e fertilizantes, aliadas à época adequada de plantio obtêm-se bons rendimentos de culturas comerciais. O uso de plantas de cobertura também proporciona melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas desses solos, depois da conversão aos sistemas agropecuários (SPERA *et al.*, 2006).

Além da baixa ou nenhuma precipitação que ocorre em metade do ano no Bioma Cerrado, os solos dessa região possuem baixa retenção de água (SPERA *et al.*, 2006). A utilização de adubos verdes pode alterar a capacidade de retenção de água nesses solos. Com a incorporação de adubos verdes, os solos apresentaram, após um ano, diferenças significativas em relação ao solo sem incorporação de adubos verdes na disponibilidade de água nas camadas superficiais (BURLE *et al.*, 1990).

Burle *et al.* (1992) avaliaram durante o período de março a novembro, estação seca do Bioma Cerrado, a sobrevivência de 52 espécies de leguminosas e verificaram que 37 espécies sobreviveram e continuaram crescendo, como por exemplo, o feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*). Foi sugerido, que a sobrevivência das espécies está relacionada à profundidade das raízes e à eficiência no uso da água do solo. A

manutenção de plantas entre as safras (entressafra) é fundamental para minimizar impactos negativos provocados pelos agroecossistemas, como a erosão, perdas de matéria orgânica e assoreamento de mananciais hídricos, além de promoverem a maior ciclagem de nutrientes e disponibilizarem estes para as culturas subsequentes (CARVALHO & AMABILE, 2006).

3.2. Nitrogênio mineral

A maior parte do nitrogênio que se encontra no solo está na forma orgânica, não disponível pelas plantas, e muito pouco na forma inorgânica (NH_4^+ e NO_3^-), passível de absorção pelas plantas. Embora esse elemento seja um dos mais difundidos na natureza, ele praticamente não existe nas rochas que dão origem aos solos, portanto o grande supridor desse nutriente para o solo é o ar atmosférico que possui cerca de quatro quintos do seu volume composto por nitrogênio na forma molecular bastante estável de N_2 , que fixado bioquímica ou industrialmente, adquire a condição de vir a ser assimilável pelos vegetais (RAIJ, 1991; SOUSA & LOBATO, 2004).

A matéria orgânica é decomposta por microrganismos do solo. Neste processo estes suprem suas demandas de energia e nitrogênio e com a mineralização dos compostos orgânicos, disponibilizam nitrogênio para as plantas. Ocorre, por um período, imobilização de nitrogênio orgânico ou inorgânico no corpo desses microrganismos, que uma vez completados seus ciclos de vida e decompostos, também liberam nitrogênio assimilável pelas plantas. Materiais com relação C/N baixa (menor que 20:1) proporcionam maior rapidez da mineralização, com relação C/N alta (maior que 30:1) favorecem a imobilização e para valores intermediários a imobilização e mineralização são equivalentes (SOUSA & LOBATO, 2004). Fatores de solo e clima como acidez (pH), textura, mineralogia, aeração, umidade e temperatura também afetam a mineralização do nitrogênio presente na matéria orgânica e resíduos culturais (BAYER, 1996). A quantidade e qualidade do material vegetal que é adicionado ao solo também são importantes nesses processos, já que a dinâmica de decomposição está relacionada com esses fatores (quantidade de biomassa, razão entre C e N, teores de lignina, celulose e hemiceluloses) (CARVALHO, *et al.*, 2011, no prelo).

Costa *et al.* (1990) avaliando efeitos de mucuna-preta no solo, tanto com incorporação quanto mantida na superfície, durante 178 dias constataram que a mineralização de N foi mais rápida nos primeiros 25 dias e mais lenta nos últimos 50 dias. Essa diferença foi atribuída à redução da quantidade de material com o tempo e também à maior concentração de lignina no restante do material que sobra com o decorrer do tempo, conferindo mais resistência à decomposição. Foi constatado também pelos autores que no solo em que a mucuna-preta foi incorporada a mineralização foi 60% maior do que no solo em que a mucuna-preta ficou na superfície, pois além de haver menor perda de amônia por volatilização, a decomposição é mais favorável quando há incorporação. Esse sistema coloca o material vegetal em maior contacto com os microrganismos e o ambiente mais aerado favorece bastante a atividade microbiana.

As formas de nitrogênio aproveitáveis pelas plantas são amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-). No solo os microrganismos heterotróficos através da mineralização da matéria orgânica transformam o nitrogênio orgânico em amônia (NH_3) que em reação com a água forma o NH_4^+ (amonificação). O NO_3^- é formado através da oxidação do NH_4^+ por bactérias que atuam em condições favoráveis, de solos drenados, pH neutro e outros fatores (nitrificação). As bactérias do gênero *Nitrossomonas* transformam o amônio em nitrito (NO_2^-) e posteriormente este é oxidado a nitrato com a atividade das bactérias do gênero *Nitrobacter* (SERRANA, 2000).

Nas camadas superiores do solo, o íon amônio, por ser um cátion, permanece em forma trocável, adsorvido pelas cargas negativas do solo. Já o nitrato, por ter carga negativa, é afastado da superfície das partículas do solo, permanecendo na solução, sendo assim muito móvel e mais susceptível à lixiviação (RAIJ, 1991). Suhet *et al.* (1986) verificaram que após setenta dias da aplicação de N na forma de uréia na superfície do solo, grande parte dos 200 kg/ha encontrava-se nas camadas mais profundas do solo e com bases experimentais estimaram um índice de lixiviação do nitrato entre 1 e 1,5 mm, no perfil do solo, por mm de chuva em solos argilosos.

Além da lixiviação de nitrato existem outras formas de perda de nitrogênio mineral no solo. O NH_4^+ pode ser convertido a amônia (NH_3) e esta ser volatilizada; pode ocorrer a desnitrificação em que o nitrito (NO_2^-) é reduzido a nitrogênio molecular (N_2) ou a óxido nitroso (N_2O). O NH_4^+ pode ser adsorvido nos minerais de argila, se condensar com a matéria orgânica (húmus) e formar complexos de quinonas (NH_2),

processos estes que indisponibilizam o nitrogênio para consumo dos microrganismos mineralizadores (PAUL & CLARK, 1989).

A temperatura do solo possui uma alta correlação com a atividade respiratória dos microrganismos neles presentes. Os microrganismos amonificadores manifestam-se mesmo sob baixas temperaturas, já os nitrificadores são ativos quando a temperatura situa-se entre 25 e 30°C. Quando a temperatura fica superior a essa faixa há um desequilíbrio entre mineralização e imobilização, intensificando o primeiro processo, afetando o equilíbrio da matéria orgânica do solo. Pode-se afirmar que as elevadas temperaturas dos solos tropicais mantêm os teores de matéria orgânica em níveis inferiores aos dos solos das regiões temperadas (SERRANA, 2000).

Quanto ao valor de pH do solo, verifica-se que a atividade dos microrganismos amonificadores é indiferente, enquanto que a atividade dos nitrificadores é extremamente dependente. A nitrificação é beneficiada e intensa quando o pH está próximo a neutralidade (6,6 a 8,0), justificando o efeito provocado pela calagem neste fenômeno. Nota-se que apesar da nitrificação ocorrer em pH neutro, o processo é acidófilo, por tanto reacidifica o solo após a correção do pH feita pela calagem (SERRANA, 2000).

A aeração do solo é mais um fator que afeta a atividade das bactérias nitrificadoras, pois o oxigênio é um requerimento obrigatório para todas as espécies aeróbias. A aeração adequada do meio para esses microrganismos depende de fatores como teor de umidade e estrutura do solo. A umidade afeta o regime de aeração do solo, e assim a produção de nitrato. A alta umidade limita a difusão de O₂ e a baixa, em condições áridas, reduz a produção por insuficiência de água para a atividade das bactérias. O teor ótimo de água varia consideravelmente com o tipo de solo, podendo-se tomar como referência 1/2 a 3/4 da capacidade de campo do solo. Geralmente as reações de mineralização produtoras de NH₄⁺ (amonificação) são menos sensíveis a umidade. Assim há um acúmulo de NH₄⁺ em solos com stress ou alta quantidade de água (CASSINI, 2011).

3.3. Plantas de cobertura

A utilização de plantas de cobertura tem como objetivo a manutenção ou a melhoria do potencial produtivo dos sistemas agrícolas. Essa prática, também chamada de adubação verde, consiste em cultivar algumas espécies vegetais e posteriormente incorporá-las ao solo ou deixá-las na superfície para que melhorem as características físicas, químicas e biológicas deste em todo seu perfil. Estas melhorias devem se refletir em incrementos de produtividade da cultura que poderá estar em rotação, sucessão ou em consórcio com estas espécies (CALEGARI *et al.*, 1993).

A adubação verde pode ser usada buscando-se muitas finalidades, como facilitar a disponibilidade de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg e S, podendo ser fornecidos por leguminosas, gramíneas ou outras espécies vegetais com potencial de melhoria da qualidade do solo em sistema de produção; combater invasoras persistentes e pragas, enriquecendo a rotação de culturas; cobrir o solo na entressafra, ou no início do crescimento da cultura; quebrar camadas compactadas e adensadas e melhorar a agregação do solo (PRIMAVESI, 1984).

A manutenção da palhada/resíduos vegetais na superfície do solo é utilizada no sistema plantio direto que consiste na aplicação de um conjunto de tecnologias como ausência de revolvimento do solo, permanente cobertura do mesmo, rotação de culturas e manejo integrado de pragas e doenças. Esses resíduos vegetais em cobertura protegem o solo diminuindo processos erosivos, mantêm níveis de matéria orgânica e sua qualidade, promovem economia de água, controle de plantas invasoras e favorecem a ciclagem de nutrientes (ALVES *et al.*, 2009). Assim como as plantas incorporadas no solo como adubação verde, atuam como condicionadores físico, químico e biológico, porém necessitam de um período mais longo para que seus efeitos sejam estabelecidos (AMABILE & CARVALHO, 2006).

No Cerrado, as gramíneas têm sido mais utilizadas com essa finalidade de plantio direto, com destaque para o milheto. Isto se deve a sua maior tolerância ao déficit hídrico, maior produção de biomassa e menor custo das sementes. Além disso, as elevadas temperaturas associadas à alta umidade, no verão, promovem rápida decomposição dos resíduos vegetais de baixa relação C/N, exceto daquelas plantas com características de decomposição lenta, que não é o caso do milheto (LARA CABEZAS *et al.*, 2004).

A utilização de leguminosas, incorporadas ou na superfície do solo, também melhora a qualidade do solo pelo fato de as raízes dessas plantas fixarem nitrogênio do ar, através de associação com as bactérias do gênero *Rhizobium*. Ainda, essas plantas são ricas em compostos orgânicos nitrogenados e apresentam um sistema radicular geralmente bem ramificado e profundo. Essas características garantem, às leguminosas, maior assimilação de nutrientes do solo (MIYASAKA, 1984) e, em geral, decomposição rápida, aumentando velozmente a oferta de nutrientes às culturas. Porém, as quantidades de nutrientes liberados pelas gramíneas podem ser iguais ou superiores às quantidades liberadas pelas leguminosas, dependendo da produção de fitomassa e da concentração de nitrogênio, lignina, celulose e hemiceluloses na parte aérea (ALVARENGA *et al.*, 2001; CARVALHO *et al.*, 2010).

A eficiência no uso de plantas de cobertura está condicionada ao conhecimento do clima, dos solos e da propriedade como um todo, incluindo a escolha adequada da espécie a ser utilizada nos sistemas de produção (CARVALHO & AMABILE, 2006). Para Pereira *et al.* (1992) algumas características devem ser consideradas na escolha da espécie, como ser grande produtora de fitomassa e de sementes; ter o ciclo compatível com o sistema de produção; ter sementes de fácil produção e colheita; ser tolerante a pragas e doenças; apresentar enraizamento profundo; ser tolerante a alumínio tóxico; ser boa extratora de nutrientes; ser infectiva e efetiva na absorção de nitrogênio atmosférico, no caso das leguminosas; ser tolerante a seca e proporcionar aumento expressivo no rendimento das culturas subsequentes.

3.3.1 Fixação biológica de nitrogênio

A fixação biológica de nitrogênio é a transformação do nitrogênio atmosférico elementar (N₂) em forma assimilável pelas plantas através da enzima nitrogenase, presente em microrganismos de vida livre, ou associados a alguns grupos de plantas. (CALEGARI *et al.*, 1993; RIBEIRO JUNIOR & RAMOS, 2006).

A associação de leguminosas com bactérias do gênero *Rhizobium* é a que apresenta maior expressão nos estudos de processos microbiológicos. A quantidade de nitrogênio fixado por essa associação vai depender da espécie, da presença de rizóbio eficiente e das condições de solo e clima, podendo chegar a fixar até 200 kg/ha de N

(CALEGARI *et al.*, 1993). Mas de acordo com Derpsch (1979), citado por Calegari *et al.* (1993), o aproveitamento desse nitrogênio pelas plantas sucessoras às leguminosas varia de 12% a 25%, em solos arenosos e de 25% a 50% em solos argilosos.

Para ocorrer essa associação nem sempre é necessária a inoculação já que o rizóbio é uma bactéria aeróbia que se encontra no solo vivendo saprofiticamente sem a presença da leguminosa hospedeira (RIBEIRO JUNIOR & RAMOS, 2006). O que ocorre no solo é a multiplicação do rizóbio na superfície da raiz onde penetra até o citoplasma induzindo a divisão de células que irão formar os nódulos. Nos nódulos, as bactérias ficam em uma forma imóvel, chamada bacterióide e o complexo enzimático, nitrogenase, que elas possuem, utiliza a energia fornecida pela planta para fixar N₂ atmosférico que posteriormente será mineralizado e utilizado pelas plantas (FRANCO *et al.*, 1984).

A fixação biológica do nitrogênio é vantajosa, pois as leguminosas fixadoras se desenvolvem com baixa utilização de insumos, disponibilizam nitrogênio e outros nutrientes para a cultura subsequente e mantem parte do nitrogênio na forma orgânica evitando perdas por lixiviação. Diferentemente da fertilização nitrogenada que além do alto custo é facilmente perdida no solo, podendo poluir o lençol freático (RIBEIRO JUNIOR & RAMOS, 2006).

De acordo com Ceretta *et al.* (1994), uma planta é eficiente em relação à incorporação de nitrogênio no solo quando a concentração de N na cultura subsequente está entre 2,2% e 2,7%. Um dos atributos que aumentam essa eficiência é coincidir a demanda da cultura subsequente por N com a mineralização e o fornecimento do N durante o processo de decomposição dos resíduos vegetais da planta de cobertura, e assim, evitar perdas desse nutriente (CARVALHO, 2005).

Pela alta capacidade simbiótica das leguminosas esperava-se sua grande utilização em sistema plantio direto. Porém, as gramíneas estão ocupando grandes áreas porque além de possuírem muitas características benéficas como rusticidade, fácil manejo e baixo custo de estabelecimento, algumas dessas plantas também possuem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico através da associação com *Azospirillum* spp., uma bactéria de vida livre que se desenvolve na rizosfera das plantas ou no interior delas e que além da fixação de nitrogênio, promovem enraizamento aumentando a

absorção de nutrientes em razão dos efeitos hormonais (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Okon e Labandera-Gonzales (1994) durante 20 anos avaliaram dados de gramíneas em relação à inoculação de *Azospirillum* spp. em várias partes do mundo e observaram um aumento de 5% a 30% na produtividade em 60% a 70% dos casos. As gramíneas são menos eficientes que as leguminosas na fixação de nitrogênio, porém possuem resultados significativos e não podem ser desconsideradas, pois ocupam grande parte do cerrado, podem ser utilizadas na integração lavoura-pecuária (ILP) como cobertura de solo e na alimentação animal, e ainda, possuem qualidades como grande produção de biomassa e decomposição lenta, protegendo o solo por mais tempo (CARVALHO & AMABILE, 2006). No caso de braquiária ruziziensis, que vem ocupando grandes áreas de plantio direto no Cerrado, sobretudo na ILP, a decomposição é acelerada devido aos baixos teores de lignina, resultando em ciclagem mais eficiente de nutrientes e incrementos significativos no rendimento das culturas, incluindo o milho (CARVALHO *et al.*, 2011, no prelo).

3.3.2. Plantas de cobertura para uso em agroecossistemas no Cerrado

3.3.2.1. Feijão-bravo-do-ceará

O feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis* Mart e Benth) é originário da América central e América do sul e pertence à família Leguminosae, subfamília Papillonoideae e tribo Phaseoleae. Portanto é uma leguminosa de clima tropical e subtropical que não resiste a geadas e vegeta nas matas de beira-mar, frequentemente difundida na zona tropical dos dois hemisférios, nas caatingas da Bahia e no Piauí, próximo à barra do Rio Negro (CALEGARI *et al.*, 1993).

Essa espécie é uma das mais promissoras para os cerrados, no que se refere à adubação verde, pois apresenta resistência ao estresse hídrico sendo uma boa opção para a cobertura do solo durante a seca, época que grande parte das áreas cultivadas na região encontram-se descobertas. Além disso, fornece nitrogênio às culturas subsequentes e possui elevada produção de matéria seca aérea e radicular (AMABILE *et al.*, 1995).

Carvalho *et.al.* (2008) avaliaram características relacionadas à decomposição de resíduos vegetais de diferentes plantas de cobertura (crotalária juncea, feijão-bravo-do-ceará, guandu cv. Caqui, mucuna-cinza, girassol, milheto, nabo-forrageiro e vegetação espontânea) e seus efeitos no rendimento do milho no cerrado. O feijão-bravo-do-ceará juntamente com a mucuna-cinza apresentaram rendimentos mais elevados de matéria seca e acumularam maiores quantidades de N. Além disso, a produtividade do milho foi maior quando em sucessão ao feijão-bravo-do-ceará. Ressalta-se que essa leguminosa apresenta sistema radicular bastante profundo, podendo reciclar grande parte desse nitrogênio de camadas profundas do solo, possibilitando a reciclagem não só do N, mas de outros nutrientes também potencialmente lixiviáveis como o potássio (K) e o cálcio (Ca) e assim contribuir significativamente para a produtividade do milho. (CARVALHO *et al.*, 1999). A capacidade de fixar nitrogênio através da associação com rizóbios é outra forma de acumular grandes quantidades de N e também favorecer a produtividade do milho (RIBEIRO JUNIOR & RAMOS, 2006).

Na avaliação de Sodré Filho *et al.* (2004) sobre produção de biomassa e cobertura do solo por diferentes culturas de sucessão ao milho, além de a mucuna e o feijão-bravo-do-ceará apresentarem grande produção de biomassa, também demonstraram rusticidade durante o período de deficiência hídrica. Isto se deve ao sistema radicular agressivo, que absorve água e nutrientes das maiores profundidades do solo (ALVARENGA *et al.*, 1995) e ao fato de se adaptarem a diferentes texturas de solo, de arenosa à muito argilosa e a solos ácidos, com baixa fertilidade e presença de alumínio (BURLE, *et al.*, 2006).

Uma das principais vantagens do uso do feijão-bravo-do-ceará no Bioma Cerrado está relacionada à elevada tolerância às condições de estresse hídrico, resultando em sua longa permanência como cobertura verde durante o período da seca e capacidade de rebrota com as primeiras chuvas nessa região. A capacidade de reciclar nutrientes também é uma contribuição significativa dessa espécie, possivelmente, por sua produção de fitomassa, incluindo o rebrotamento e, acentuada decomposição dos resíduos vegetais. Porém, o feijão-bravo-do-ceará também possui limitações e as principais são as dificuldades de produção de sementes devido à não-uniformidade de maturação e dormência, além do desenvolvimento inicial bastante lento (CARVALHO, 2005).

3.3.2.2. Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) é originário da África, pertencente à família Poaceae (Gramineae), subfamília panicoideae e tribo Paniceae (BRUNKEN, 1977). É uma planta de clima tropical, muito cultivada no sul do Brasil e caracteriza-se por ser uma gramínea anual de verão, de ciclo curto, com hábito ereto e porte alto podendo chegar a 5 m de altura (GUIMARÃES, 2006).

A partir de 1990, o milheto passou a ser utilizado intensamente no cerrado, sendo cultivado na safrinha (fevereiro a abril), principalmente após a cultura da soja, e na primavera (agosto a outubro) com a finalidade de cobertura de solo para o sistema plantio direto ou outros sistemas como integração lavoura pecuária, servindo para pastejo na entrada do inverno e depois formando nova cobertura do solo devido ao rebrotamento e germinação de sementes que caíram no chão (PITOL, 1999).

As principais características da espécie são a alta capacidade de reciclagem de nutrientes (especialmente nitrogênio e potássio); a supressão de plantas daninhas através dos efeitos físicos e/ou alelopáticos; a possibilidade de diminuir a incidência de nematóides, quando utilizado em rotação e a formação de palhada mais duradoura em relação à algumas leguminosas (ARAÚJO *et al.*, 2008).

Além disso, o milheto tem a capacidade de tolerar bem a seca por ter sistema radicular profundo, que pode atingir até 3,60 m, e por ter grande eficiência na transformação de água em fitomassa. Possui, também, alta capacidade em adaptar-se a diferentes solos, como arenosos, de baixa fertilidade, elevados níveis de alumínio e pH baixo; facilidade para produzir sementes e boa adaptação à mecanização. Essas características favorecem seu uso como planta de cobertura (BONAMIGO, 1999).

Torres *et al.* (2008) avaliaram a produção de fitomassa seca, a taxa de decomposição e acúmulo de nutrientes nas plantas de cobertura de solo. Como resultado, as gramíneas apresentaram maior produção de fitomassa seca, variando entre 2,4 e 10,3 Mg.ha⁻¹ e entre elas o milheto produziu a maior quantidade, seguido pelo sorgo e pela braquiária. Em relação à decomposição, a braquiária e a vegetação espontânea foram as coberturas que apresentaram taxas mais elevadas de decomposição com 88,6% e 87,4% respectivamente e o milheto a menor taxa de decomposição com 67,6%. Sobre o acúmulo de nutrientes na fitomassa seca das plantas de cobertura,

observou-se que o milho e a crotalaria foram as plantas que mais acumularam N, P, Ca, Mg e S.

Por possuir essas características de alta produção de fitomassa e baixa decomposição, em comparação com algumas outras espécies de leguminosas, podendo proteger o solo por mais tempo, além do grande acúmulo de nutriente é que o milho passou a ter destaque no Cerrado quando começou a ser utilizado no sistema de plantio direto como planta de cobertura. A geração de grande quantidade de fitomassa proporciona vantagens expressivas no sistema agrícola como um todo, podendo ser citadas a diminuição das variações de temperatura e umidade do solo, a manutenção da matéria orgânica, a proteção contra erosão e reciclagem de nutrientes (LOPES, 1997).

Carvalho *et al.* (2010) avaliando teores de hemicelulose, celulose e lignina observaram que algumas leguminosas como Guandu cv mandarim e mucuna-preta possuem teores de lignina maiores do que o milho e de acordo com Souza (2009) isso faz com que a decomposição do milho seja semelhante à de algumas leguminosas, ou seja, não muito lenta, promovendo liberação adequada de nutrientes às plantas subsequentes.

De acordo com Pitol (1999), a principal limitação ao uso dessa espécie é a desuniformidade da floração e da produção de sementes. Quando o milho é semeado após a cultura de verão, pode gerar problemas de ressemeadura que resultará em germinação no meio da cultura sucessora. Por isso é importante seguir rigorosamente a época de manejo da espécie.

3.1.2.3 Braquiária ruziziensis

A braquiária ruziziensis (*Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard) pertence a família poaceae e é originária da África Tropical, parte oriental da República do Zaire, em Ruanda e Kenya (VILELA, 2011). Foi introduzida no Brasil de forma voluntária, sendo amplamente disseminada como forrageira para produção pastoril (INSTITUTO HÓRUS, 2005). Segundo Keller-Grein et al. (1996), das pastagens implantadas no Brasil, 85% correspondem ao gênero *Brachiaria*.

O ambiente natural dessa espécie são ecossistemas campestres, áreas desmatadas ou úmidas. De acordo com Vilela (2011), a mesma necessita de 1.000 mm de água por ano e adapta-se à altitude de 2.000 m e à ampla faixa climática. Entretanto, é afetada por temperaturas muito baixas, não resistindo a geadas, sendo sua temperatura ótima para o crescimento de 28 a 33°C.

Essa gramínea é uma planta herbácea e sua propagação pode ocorrer na forma de sementes ou mudas. Ela apresenta boa habilidade de competir com plantas invasoras, formando uma cobertura densa em solos férteis. Seu uso é mais indicado para solos fortemente ondulados e montanhosos, pois não se desenvolve bem em solos encharcados, requerendo boa drenagem e condições de média fertilidade. Possui tolerância a solos ácidos e alta proteção contra a erosão, por apresentarem alta quantidade de raízes que ocupam todo o volume de solo explorado, promovendo assim, a agregação de partículas do solo, e conseqüentemente, melhorando a estrutura física, aeração e retenção de água no solo (MAROCHI, 2006).

Por possuir todas essas características a braquiária *ruziziensis* é muito favorável para a utilização em sistema de plantio direto. No Cerrado tem sido muito utilizada com esse fim, principalmente, por produzir um grande volume de matéria verde e seca, protegendo bem o solo e por possuir fácil estabelecimento (MAROCHI *et al.*, 2005).

Menezes *et al.* (2004) avaliaram a produção de fitomassa de diferentes plantas de cobertura e as maiores produções de fitomassa total e residual foram obtidas com braquiária *ruziziensis* e crotalária *juncea*. A produção da braquiária *ruziziensis* em massa seca aos 90 dias após a germinação foi a mais alta com 13,11 t.ha⁻¹ e em 300 dias após a germinação apresentou 4,99 t.ha⁻¹ resultando na maior taxa de decomposição média com 81,79 kg.ha⁻¹.dia⁻¹. Por tanto, pode-se inferir que essa gramínea é muito boa para cobertura do solo devido a sua grande quantidade de fitomassa produzida e contribui para uma ciclagem mais rápida de nutrientes em sistema de plantio direto.

A braquiária *ruziziensis* por possuir alta produção de biomassa, alta taxa de decomposição com baixos teores de lignina proporciona rendimento ao milho semelhante às leguminosas (crotalária, feijão-bravo-do-ceará e guandu) e superior à outras gramíneas (trigo, sorgo e milheto) (Carvalho *et al.*, 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, localizada a 15°35'30" latitude S, 47°42'30" longitude O e altitude de 1.007 m. O solo deste local é classificado como Latossolo Vermelho A moderado de textura argilosa em relevo plano.

A área está inserida no domínio morfoclimático do Cerrado. Conforme classificação proposta por Köppen, o clima é tropical estacional (Aw), ou seja, possui inverno seco e chuvas máximas de verão. A precipitação média anual oscila, nessa região, em torno de 1.400 mm e 1.600 mm e a temperatura média anual varia entre 22°C e 27°C (ADÁMOLI et al., 1987). A precipitação pluviométrica e a temperatura média mensal da área experimental estão apresentadas na figura 1.

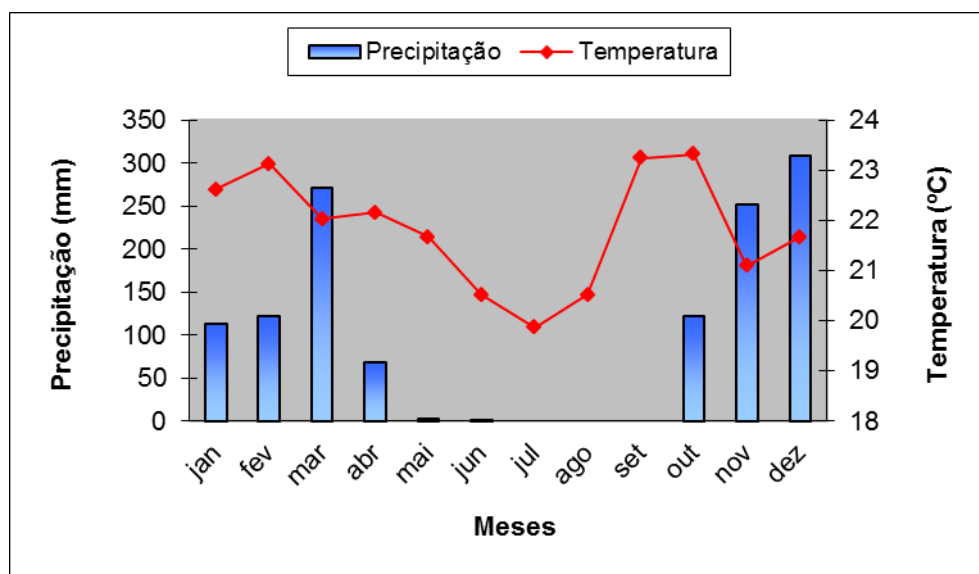


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura média no ano agrícola 2010, de acordo com a estação meteorológica da Embrapa Cerrados. Planaltina-DF, 2010.

A análise química (camada de 0 a 10 cm) efetuada em 2009 forneceu os seguintes resultados: pH (em água) = 6,0; MO = 21,7 g kg⁻¹; P_{mehlich-1} = 0,9 mg kg⁻¹; Al⁺⁺⁺ = 0,1 cmol_c kg⁻¹; H⁺ + Al⁺⁺⁺ = 2,9 cmol_c kg⁻¹; Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ = 2,9 cmol_c kg⁻¹; K⁺ = 0,1 cmol_c kg⁻¹.

4.2. Implantação do experimento

Em 2007 iniciou-se, na área experimental, um sistema de sucessão de cultivos com a cultura de milho e plantas de cobertura sob sistema plantio direto. Em abril de 2010, após a colheita do milho efetuou-se a semeadura de espécies vegetais para cobertura do solo. Foram semeadas as espécies feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis* Mart e Benth), milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) e braquiária ruziziensis (*Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard). A testemunha foi ausência de culturas em sucessão ao milho (vegetação espontânea). A densidade de plantas foi diferenciada para cada espécie. Para o feijão-bravo-do-ceará foram utilizadas 10 plantas m^{-1} , para milheto 40 plantas m^{-1} e braquiária ruziziensis 20 plantas m^{-1} . O espaçamento entre linhas de semeadura foi de 0,5 m para todas as espécies vegetais, conforme Carvalho & Amabile (2006).

Essas plantas foram semeadas diretamente sobre os restos culturais do milho, não havendo adubação, sendo aproveitado apenas a fertilização residual do adubo aplicado na ocasião do plantio do milho, que recebeu no sulco de semeadura as doses de 20 kg ha^{-1} de N, 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 100 kg ha^{-1} de K_2O , 15 kg ha^{-1} de S e 10 kg ha^{-1} de FTE BR 12 provenientes da uréia, superfosfato triplo, cloreto de potássio, superfosfato simples e fritas silicatos complexos (FTE), respectivamente. Em cobertura foram aplicados 100 kg ha^{-1} de N na forma de uréia, sendo 50 kg ha^{-1} de N quando as plantas de milho emitiram a sexta folha e os outros 50 kg ha^{-1} de N quando o milho apresentou o oitavo par de folhas.

A amostragem do solo para determinação das concentrações de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) foi realizada em duas épocas: no final do período de chuva (março de 2010), coincidindo com a fase de maturação do milho, e início do período de chuva (outubro de 2010), quando as plantas de cobertura encontravam-se na área como cobertura morta (subparcela de corte na floração) e cobertura viva (subparcela de corte na maturação). Foram retiradas amostras compostas (cinco subamostras), em diagonal, em cada subparcela nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. Essas subamostras foram coletadas nas entrelinhas e ao acaso, tanto na cultura de milho quanto nas plantas de cobertura.

O amônio (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-) foram extraídos do solo com solução de cloreto de potássio (KCl 1 mol L^{-1}). O procedimento para determinação de NH_4^+ e NO_3^-

trocáveis envolve a destilação por arraste de vapores das soluções contendo essas formas de nitrogênio mineral, óxido de magnésio (MgO) e liga de Devarda. Em meio alcalino forte, criado pela adição de MgO, o NH_4^+ é convertido à amônia (NH_3) que é arrastada por vapores, condensada e depositada em solução indicadora de ácido bórico à 2%. Após essa primeira destilação é acrescentada liga de Devarda que tem como finalidade converter nitrato de amônio em amônia (NH_3) e esta é depositada novamente em ácido bórico à 2% pela destilação. Por fim, as soluções de ácido bórico mais os destilados são titulados com H_2SO_4 0,002 M. A quantificação do N mineral é dependente da umidade do solo. A umidade de cada amostra foi determinada pelo método gravimétrico.

O delineamento experimental aplicado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições. As espécies vegetais (feijão-bravo-do-ceará, milho, braquiária e vegetação espontânea) representaram as parcelas (8 x 12 m) e os períodos de corte (floração e maturação) constituíram as subparcelas (4 x 12 m).

A Análise de variância foi aplicada ao experimento com dados repetidos ao longo do tempo (fim e início da estação chuvosa) e espaço (0-5; 5-10; 10-20; 20-40; 40-60 cm) para avaliar os efeitos das espécies vegetais, dos períodos de corte, das profundidades de solo e das épocas de amostragem, além das interações entre esses fatores.

Essas análises e os respectivos desdobramentos das interações significativas foram efetuados pelo PROC MIXED e o teste de comparações múltiplas de médias por Tukey-Kramer a 5% de significância (SAS, 2000).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise estatística obteve-se efeito significativo ($P < 0,05$) dos fatores épocas de amostragem, profundidades, da interação entre esses dois fatores e da interação da época de amostragem com espécies vegetais sobre o teor de nitrogênio mineral (NH_4^+ e NO_3^-) no solo (Tabela 1).

Tabela1. Efeito significativo de fatores sobre o teor de nitrogênio mineral (NH_4^+ e NO_3^-) no solo pelo teste de Tukey-Kramer. Planaltina-DF, 2010.

Fatores	Efeito significativo (P)	
	Amônio (NH_4^+)	Nitrato (NO_3^-)
Época	$P < 0,0001$	$P < 0,0001$
Profundidade	$P < 0,0001$	$P < 0,0001$
Época x Profundidade	$P < 0,0001$	$P < 0,0001$
Espécie x Época	$P < 0,0004$	$P < 0,0127$

No fim da estação chuvosa (março de 2010) observaram-se teores significativamente mais elevados de NH_4^+ no solo do que no fim da estação seca (Tabela 2). Esse resultado está de acordo com os resultados encontrados por Dias (2008) que avaliou teores de amônio e nitrato em solos sob plantas consorciadas com a paricá (*Schizolobium Amazonicum*) na região do nordeste paraense e encontrou maiores teores de NH_4^+ na estação chuvosa (janeiro e março) em relação à estação seca (outubro e novembro) em todos os tratamentos. Espíndola *et al.* (2001) também obtiveram resultados semelhantes quando avaliaram teores de NH_4^+ e NO_3^- no solo sob *Paspalum notatum* Flugge cv. Batatais na região da Baixada Fluminense (RJ) em todas as estações do ano, pois obtiveram picos de NH_4^+ durante o outono reduzindo no inverno e o aumento do teor de NO_3^- no inverno em relação ao outono. As alterações descritas no trabalho de Espíndola *et al.*, para os teores de NH_4^+ e NO_3^- foram acompanhadas de redução progressiva no teor de umidade do solo no período entre o verão e o inverno, assim como também pode-se observar nos dados de precipitação pluviométrica deste experimento (Figura 1).

Considerando que essa primeira amostragem, em março, foi feita no solo ainda sob o milho e que houve aplicação de uréia em cobertura (100 kg ha^{-1}), esse resultado possivelmente foi devido à transformação de amônia (NH_3) em amônio (NH_4^+) e a não

oxidação de amônio a nitrato (NO_3^-). Essa oxidação foi, portanto, reduzida, ou não ocorreu, provavelmente pela baixa atividade das bactérias nitrificadoras (*Nitrossomonas* e *Nitrobacter*), responsáveis por essa transformação, devido à grande precipitação ocorrida na estação chuvosa, principalmente no mês de março quando foi feita a coleta, em que a precipitação total do mês foi de 270,97 mm (Figura 1) com média de 8,74 mm diários.

As bactérias nitrificadoras necessitam de condições favoráveis de solo drenado e outros fatores como pH neutro, temperatura do solo entre 25°C e 30°C, baixa relação C/N das plantas e disponibilidade de alimento para serem ativadas no solo (MALAVOLTA & NEPTUNE, 1983). A condição anaeróbica que causa baixa nitrificação é comumente relacionada a solos encharcados e campos de arroz irrigados, mas é também de suma importância para as áreas de plantio direto com altos teores de matéria orgânica e umidade, quando do uso de fertilização nitrogenada (SERRANA, 2000).

Outro fator que confirma a baixa ocorrência de nitrificação é não ter havido aumento de NO_3^- em profundidade no solo (Figura 2), que indicaria lixiviação desse íon após sua formação através da oxidação do amônio. O nitrato (NO_3^-) por ser um ânion é repelido pelas cargas negativas do solo, presentes nas camadas superficiais, ficando em solução e sendo facilmente lixiviado para as camadas mais profundas (RAIJ, 1991). Esse comportamento apesar de não ser característico de Latossolos, também ocorre nesses solos, principalmente, em condições de teores adequados de matéria orgânica na superfície do solo, como ocorre no sistema plantio direto. Nesse caso, a mineralização da matéria orgânica, que resulta em húmus é o principal responsável pelo fornecimento de cargas negativas na superfície desses solos.

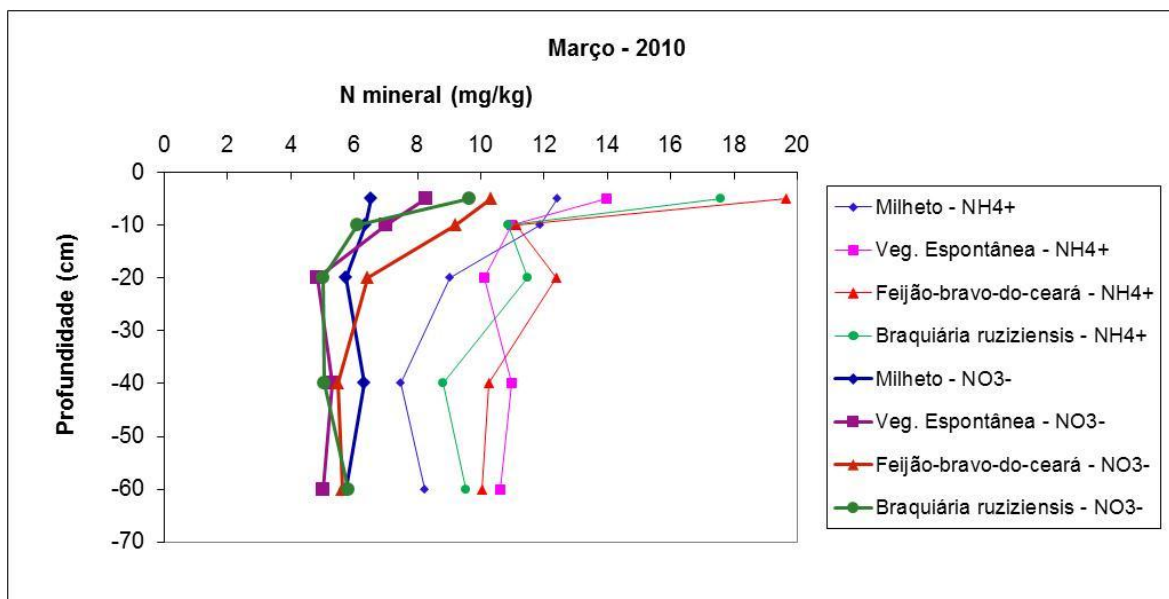


Figura 2. Teores de NH_4^+ e NO_3^- em diferentes profundidades do solo sob espécies vegetais no fim do período chuvoso. Planaltina-DF, 2010.

Nesse mesmo período (março de 2010), apesar de as plantas de cobertura ainda não terem sido semeadas e os outros fatores, como fertilização e clima, serem semelhantes entre uma parcela e outra, houve diferença significativa nos teores de amônio (NH_4^+) entre as parcelas em que a rotação do milho é feita com milheto e as parcelas em que é feita com feijão-bravo-do-ceará (Tabela 2; Figura 2). Esse fato provavelmente foi devido à mineralização dos resíduos vegetais dessas plantas no solo.

A associação de cultivos realizada apenas com gramíneas afeta a mineralização devido a alta razão C/N encontrada no solo. Porém, a qualidade do carbono desse material vegetal também é fundamental à medida que afeta o processo de decomposição em função das concentrações de lignina, celulose e hemiceluloses. Os microrganismos necessitam de quantidade de carbono (C) e nitrogênio (N) equilibrados para o seu desenvolvimento. Quando não encontram nitrogênio suficiente nas plantas para realizarem a mineralização, estes imobilizam o nitrogênio ou utilizam nitrogênio via fertilização para suprir suas necessidades (PAUL & CLARK, 1989).

Provavelmente foi isso que ocorreu nas parcelas sob uso de milheto. O amônio formado a partir da uréia aplicada foi consumido pelos microrganismos para suprirem suas necessidades de nitrogênio. Por isso encontraram-se menores teores de amônio no solo sob milheto em relação ao solo sob a leguminosa feijão-bravo-do-ceará (Tabela 2; Figura 2). A utilização de leguminosas em associação com gramíneas mantém a relação

C/N do solo equilibrada, fazendo com que os microrganismos não utilizem o nitrogênio oriundo da fertilização (PAUL & CLARK, 1989).

Aita *et al.* (2001) obtiveram resultados semelhantes na região de Santa Maria (RS) quando durante quatro anos avaliaram plantas de cobertura (leguminosas e uma espécie gramínea) como fonte de nitrogênio ao milho através da rotação de culturas. A gramínea avaliada (aveia-preta) foi a que menos adicionou nitrogênio ao solo.

Estes resultados também estão de acordo com Silva *et al.* (2006) que avaliaram o aproveitamento do nitrogênio (técnica de ^{15}N) da crotalária (leguminosa) e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. Nesse experimento, o milho em sucessão ao milheto, independente da dose de N aplicada, obteve aproveitamento do N inferior ao milho cultivado em sucessão à crotalária.

Tabela 2. Teor de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) no solo sob uso de diferentes plantas de cobertura, no fim e início do período de chuva. Planaltina-DF, 2010.

Espécie	Amônio (NH_4^+)		Nitrato (NO_3^-)	
	Março	Outubro	Março	Outubro
	mg kg^{-1}		mg kg^{-1}	
Braquiária ruziziensis	11,65ab A	5,41a B	6,32a A	8,37a A
Feijão-bravo-do-ceará	12,69a A	6,64a B	7,41a B	9,95a A
Milheto	9,80 b A	7,09a B	6,13a B	11,21a A
Vegetação espontânea	11,32ab A	6,60a B	6,08a B	8,32a A
Média	11,37 A	6,43 B	6,49a B	9,46a A
CV%	36,8		48,9	

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

No início da estação chuvosa (Outubro de 2010), o teor de NO_3^- , além de ter sido maior que no período anterior (Tabela 2), foi superior ao teor de NH_4^+ nas camadas de 0 a 30 cm do solo (Figura 3). Nessa amostragem, o fertilizante nitrogenado não deve mais interferir nos teores de nitrogênio mineral encontrados nas camadas superiores do solo, pois, provavelmente, foram absorvidos pelas plantas de cobertura ou lixiviados e perdidos no perfil do solo, ou ainda, desnitrificado na forma de óxidos (SOUSA & LOBATO, 2004). A maior concentração de nitrato nessas camadas é devido à

mineralização das plantas de cobertura pelos microrganismos do solo. As condições estavam favoráveis às atividades das bactérias nitrificadoras, portanto o processo de nitrificação ocorreu causando maior concentração do íon nitrato nas camadas onde as plantas possuem maior interferência, seja de decomposição de resíduos vegetais ou de ação das raízes.

D'Andréa *et al.* (2004), obtiveram resultados semelhantes quando avaliaram teores de nitrato e amônio no solo sob plantas anuais em sistema plantio direto e convencional, sendo que todos os tratamentos apresentaram maiores teores de N na forma de nitrato do que amônio nas camadas superiores do solo.

Observa-se que nessas camadas superficiais houve maior mineralização das três plantas de cobertura (milheto, braquiária *ruziziensis* e feijão-bravo-do-ceará) em relação à vegetação espontânea, pois se encontram, nessas parcelas, maiores teores de nitrato (Figura 3). Os menores teores de lignina observados na parte aérea dessas espécies vegetais de cobertura resultaram em decomposição mais acelerada dos seus resíduos vegetais (CARVALHO, *et al.*, 2011, no prelo), e podem ter contribuído bastante para as concentrações mais elevadas de nitrato nas camadas superficiais do solo neste experimento. Isso demonstra que a produção e a qualidade de fitomassa em relação aos teores de lignina, celulose e hemicelulose, somada à outras características como rusticidade e maior concentração de nitrogênio na composição proporcionam ambientes mais favoráveis à atividade dos microrganismos responsáveis pela nitrificação (CARVALHO & AMABILE, 2006; BAYER, 1996).

Esse resultado está de acordo com os encontrados por Costa *et al.* (1990) que avaliaram teores de nitrogênio mineral no solo sob mucuna-preta incorporada, mucuna-preta na superfície e sem plantas de cobertura (testemunha), e verificaram que no decorrer do tempo os tratamentos com mucuna-preta obtiveram maior mineralização de N em relação à testemunha, apresentando inicialmente alto teor de NH_4^+ e posteriormente grande aumento de NO_3^- demonstrando ter ocorrido nitrificação.

Maiores incrementos de nitrogênio no solo sob ervilhaca comum, ervilha forrageira, chícharo, tremoço azul e aveia preta em relação à vegetação espontânea também foram observados por Aita *et al.* (2001).

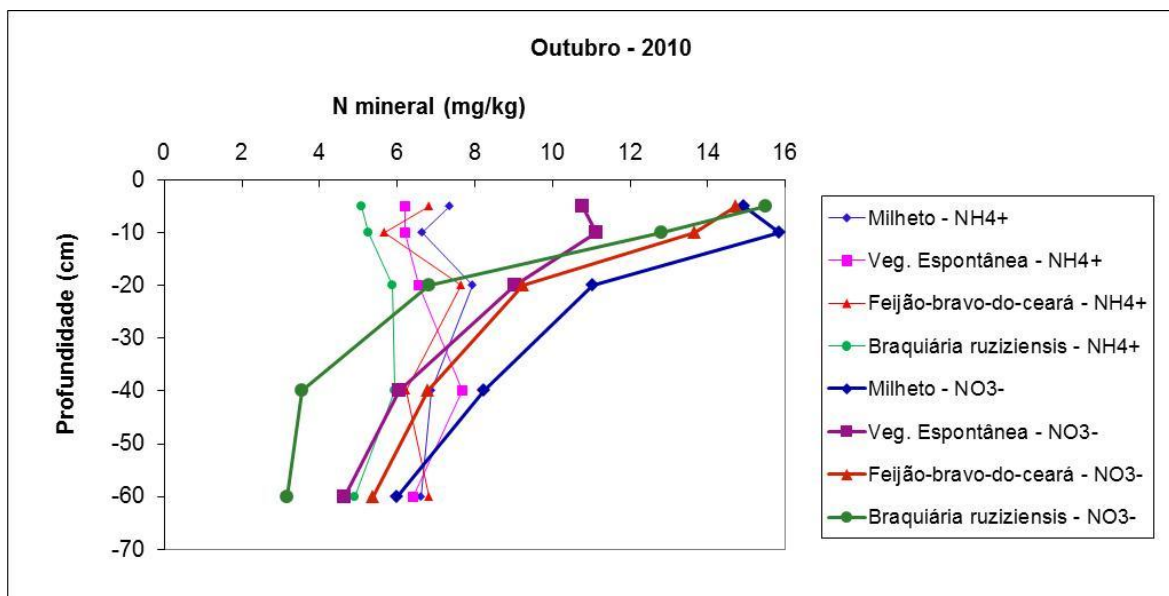


Figura 3. Teores de NH_4^+ e NO_3^- em diferentes profundidades do solo sob espécies vegetais no início do período chuvoso. Planaltina-DF, 2010.

Nos Latossolos do cerrado pode ocorrer inversão de cargas nas camadas mais profundas do solo, com cargas elétricas superficiais positivas, diferentemente das camadas superiores. Óxidos de ferro e de alumínio e materiais amorfos que predominam na fração argila desses solos possuem sítios positivamente carregados dependendo de atributos como pH, matéria orgânica, superfície de adsorção e concentração eletrolítica. Se o pH dos latossolos for baixo, o que é comum sob vegetação natural de Cerrado e estiver abaixo do ponto de carga zero (pcz), os colóides apresentarão carga líquida positiva. Porém, nas camadas superficiais ocorre predomínio de cargas negativas devido aos altos teores de matéria orgânica, que é a principal fonte dessas cargas por apresentar o pcz inferior ao material mineral. Dessa forma, as camadas superficiais do solo ficam com carga líquida negativa e as camadas inferiores, com o decréscimo de matéria orgânica, poderão apresentar carga líquida positiva. Com isso, nessas camadas mais profundas, os ânions NO_3^- ficam adsorvidos ao solo e os cátions NH_4^+ ficam na solução e são facilmente perdidos (EMBRAPA, 1978).

Provavelmente essa inversão de carga ocorreu no solo da área experimental e aliado ao baixo índice pluviométrico entre as amostragens (Figura 1) que diminuiu a lixiviação e aos baixos teores de matéria orgânica em profundidade fez com que a concentração de nitrato nas camadas mais profundas (30 a 60 cm) se mantivesse semelhante nos dois períodos de amostragens (Tabela 4; Figura 2 e 3) e a concentração

de amônio fosse reduzida de março a outubro (Tabela 4, Figura, 2 e 3). Infere-se também que não houve nitrificação, nessas camadas, pois não há redução de amônio juntamente com um aumento de nitrato em nenhum dos períodos (Tabela 4, Figura 2 e 3). A nitrificação nessas camadas mais profundas (30 a 60 cm) não ocorreu possivelmente pelas condições não favoráveis à atividade das bactérias nitrificadoras (*Nitrossomonas* e *Nitrobacter*), como pH baixo, devido a calagem ter sido feita apenas na ocasião de abertura da área em 2000; pouca quantidade de alimento (matéria orgânica) e baixa temperatura.

Esses resultados foram coerentes com os obtidos em Oliveira *et al.* (2000) que avaliaram a adsorção de nitrato em várias profundidades do Latossolo Vermelho, também localizado na Embrapa Cerrados em Planaltina - DF, em áreas com cerrado típico, com cerradão e duas áreas cultivadas com soja e milho. Em todas as áreas o nitrato adsorvido aumentou com a profundidade. A maior adsorção do nitrato nas camadas mais profundas também foi observada por Cahn *et al.* (1992) em um Latossolo Vermelho-Amarelo da Amazônia.

Tabela 4. Teor de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) em diferentes profundidades do solo, no fim e início do período de chuva. Planaltina-DF, 2010.

Profundidade	Amônio (NH_4^+)		Nitrato (NO_3^-)	
	Março	Outubro	Março	Outubro
cm	mg kg^{-1}		mg kg^{-1}	
0-5	15,9a A	6,36a B	8,68a B	13,98a A
5-10	11,21b A	5,94a B	7,16a B	13,36a A
10-20	10,74b A	7,01a B	5,50b B	9,04b A
20-40	9,38c A	6,68a B	5,54b A	6,15c A
40-60	9,6c A	6,19a B	5,55b A	4,79c A
Média	11,37	6,43	6,49	9,46
CV%	36,8		48,9	

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesse trabalho permitem concluir que:

1. A dinâmica do nitrogênio no solo é influenciada pela época do ano, plantas de cobertura e profundidade do solo.
2. No final da estação chuvosa (março) os teores de NH_4^+ são maiores do que os de NO_3^- no solo sob uso de todas as plantas de cobertura.
3. No início da estação chuvosa (outubro) os teores de NH_4^+ são menores do que os determinados no final da estação chuvosa, em todas as profundidades estudadas.
4. A concentração de NH_4^+ é mais elevada no solo sob feijão-bravo-do-ceará em relação ao milheto no fim da estação chuvosa.
5. O teor de NO_3^- é maior do que o de NH_4^+ nas camadas superiores do solo (0 a 30 cm) no início do período chuvoso (outubro).
6. Maiores teores de NO_3^- ocorrem nas camadas superiores do solo sob uso de plantas de cobertura (braquiária ruziziensis, feijão-bravo-do-ceará, milheto) em relação à vegetação espontânea na amostragem feita em outubro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÁMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; NETTO, J. M. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA - CPAC; São Paulo: NOBEL, p.33-98, 1987.

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, p.157-165, 2001.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.30, p.175-185, 1995.

ALVARENGA, R. C.; LARA C., W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

ALVES, P. C. A. C.; SOUZA, L. L. P.; CARVALHO, A. M. de. Composição química e decomposição e de plantas de cobertura sob manejo na floração e maturação. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Anais. Fortaleza- CE, 2009.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de. Histórico da adubação verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.). Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 23-40.

AMABILE, R.F.; GARCIA, J.; DUARTE, J.B. ; SILVA, J.C.S.S.; NETO, A. L.F. Superação de dormência em sementes de feijão bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*). Pesquisa Agropecuária Tropical, Vol. 25, No 1 (1995).

ARAÚJO, L. C. A. ; TEIXEIRA, C.M. ; CARVALHO, G.J. ; ANDRADE, M.J.B. ; Silva, C.A. . DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES DAS PALHADAS DE MILHETO E MILHETO+FEIJÃO-DE-PORCO NO PLANTIO DIRETO DO FEIJOEIRO. In: IX Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão, 2008, Campinas. Congresso Nacional de Pesquisa em Feijão, 2008. p. 1566-1569.

BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 240p., 1996.

BONAMIGO, L. A. A Cultura do milheto no Brasil: implantação e desenvolvimento no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília, Anais... Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p.31-65

BRUNKEN, J. N. A systematic study of *Pennisetum* sect *Pennisetum* (Graminea). American Journal of Botany, v. 64, n. 2, p. 161-176, 1977.

BURLE, L. M.; CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.). Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 71-142.

BURLE, M. L.; PERES, J. R. R; SHUET, A. R.; RESCK, D. V. S.; PEREIRA, J. & BOWEN, W. T. Reciclagem de N por leguminosas cultivadas durante a seca nos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1990. 3p. (EMBRAPA-CPAC. Pesquisa em Andamento, 46)

BURLE, M. L.; SHUET, A. R.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S.; PERES, J. R. R.; CRAVO, M. S.; BOWEN, W.; BOULDIN, D. R. & LATHWELL, D. J. Legume green manures: dry-season survival and the effect on succeeding maize crops. Raleigh, Tim McBride, 1992. 35p. (Bulletin, 92-04)

CAHN, M. D.; BOULDIN, D. R.; CRAVO, M. S. Nitrate sorption in the profile of an acid soil. Plant and Soil, Dordrecht, v.143, p.179-183, 1992.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. do P.; COSTA, M. B. B. da; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S. AMADO, T. J. C. Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CARVALHO, A. M. de. Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo: composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. 199f. Tese (Doutorado)-Universidade de Brasília, Brasília.

CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. Plantas condicionadora de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.). Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 143-170.

CARVALHO, A. M. de; BUSTAMANTE, M. M. C.; SOUSA JUNIOR, J. G. A.; VIVALDI L.J. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:2831-2838, 2008.

CARVALHO, A. M. de; CARNEIRO, R. G.; AMABILE, R. F.; SPERA, S. T.; DAMASO, F. H. M. Adubos verdes: efeitos no rendimento e no nitrogênio do milho em plantio direto e convencional. Planaltina DF: Embrapa-CPAC, 1999. 20p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 7).

CARVALHO, A. M. de; DANTAS, R. A.; COELHO, M. C.; LIMA, W. M.; SOUSA, J. P. S. P. de; FONSECA, O. P.; JUNIOR, R. G. Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no cerrado. Planaltina DF: Embrapa-CPAC, 2010. 15p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 290).

CARVALHO, A. M. de; SOUZA, L. L. P. de; JÚNIOR, R. G.; ALVES, P. C. A. C.; VIVALDI, L. J. Cover plants that present potential use in integrated systems in the Cerrado region. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v., p., 2011.

CASSINI, S. T. Ciclo do nitrogênio. Disponível em http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao_ambiental/Tecnologias_Ambientais2005/Ecologia/CicloNPS.doc> acesso em 16 mai. 2011.

CERETTA, C. A.; AITA, C.; BRAIDA, J. A.; PAVINATO, A.; SALET, R. L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, v. 18, p. 215-220, 1994

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, G. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.29-61.

COSTA, F. J. S. A., BOULDIN, D. R., SUHET, A. R. Evaluation of N recovery from mucuna placed on the surface or incorporated in a Brazilian Oxisol. *Plant and Soil* 124, p. 91-96, 1990.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. 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*, 39:179-804, 2004.

DIAS, J.D. Dinâmica do amônio e nitrato em solos consorciados com plantios de paricá (*Schizolobium Amazonicum*) em Aurora do Para, Pará. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará, 2008. 88p.

EITEN, G. Vegetação do cerrado. In: PINTO, M. N. Cerrado. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993. p.17-73.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1978. 455p. (Embrapa- SNLCS. Boletim Técnico, 53).

ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D.; GUERRA, J. G. M. & SILVA, E. M. R. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. *Floresta Amb.*, V. 8, n.1, p.104 - 113, 2001.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. Contribuição da fixação biológica de N₂ na adubação verde. In: FUNDAÇÃO CARGIL (Campinas, SP). Adubação verde no Brasil. Campinas, 1984. p. 199 – 215

GUIMARÃES JÚNIOR, R. Avaliação nutricional de silagens de milho (*Pennisetum glaucum* (L.). R. Br.). 2006. 90 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

INSTITUTO HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. *Brachiaria ruziziensis*. 2005. Disponível em:<<http://www.institutohorus.org.br>>. Acesso em: 03 Mai 2011.

KELLER-GREIN, G.; MAASS, B. L.; HANSIN, J. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, A. B. do

(Ed). *Brachiaria: Biology, Agronomy, and improvement*. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. P. 165-42. (CIAT Publication, n. 259).

LARA CABEZAS, W. A. R. et al. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.4, p.1005-1013, 2004.

LOPES, A. S. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros – região dos cerrados. Anais, 26. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Rio de Janeiro RJ. CD-ROM. 1997. p.26.

MALAVOLTA, E; NEPTUNE, A. M. L. Caracterização e eficiência dos adubos nitrogenados. São Paulo: SN Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 1983. 45p.

MAROCHI, A. I. Opções de coberturas em sistema de plantio direto para região de clima tropical. 2006. Disponível em: <<http://www.portaldagronegocio.com.br/conteudo.php?id=23296>>. Acesso em: 03 Mai 2011.

MAROCHI, A. I.; BORGES, J. H.; SCALEA, M. *Brachiaria ruziziensis* é alternativa de cobertura de solo para o sistema de Plantio Direto no Cerrado. *Agricultura e Meio Ambiente*. 3ª ed, ano I, 2005. Disponível em: <http://www.monsanto.com.br/monsanto/brasil/newsletter/agricultores/03_200maio/edi01_noticia_brachiaria.asp>. Acesso em: 03 Mai 2011

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.34, p.173-180, 2004.

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGIL (Campinas, SP). *Adubação verde no Brasil*. Campinas, 1984. p. 64 – 123

OKON, Y. LABANDERA-GONZALES, C. A. Agronomic applications of azospirillum: na evaluation os 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994.

OLIVEIRA, J. R. A. de; VILELA, L.; AYARZA, M. A. Adsorção de nitrato em solos de Cerrado do Distrito Federal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.6, p.1199-1205, 2000.

PAUL, E. A., CLARK, F. E. Soil Microbiology and Biochemistry. San Diego, CA, Academic press, 1989. 275p

PEREIRA, J.; BURLE, M. L. & RESK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In.: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990. Goiânia. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.140-154.

PITOL, C. O milheto em sistemas de plantio direto. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina, DF. Anais... Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p. 69-73.

PRIMAVESI, A. Problemas e soluções na adubação verde. In: FUNDAÇÃO CARGIL (Campinas, SP). Adubação verde no Brasil. Campinas, 1984. p. 313 -314

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991. 343p.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.) Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.47-83.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G. Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.). Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p.171-210.

SAS Institute. SAS/STAT: User's guide, version 8.1, Cary, 1999-2000. v1. 943p.

SERRANA FERTILIZANTES. Boletim Técnico Fertilizantes: Dinâmica do Nitrogênio no Solo. Maio, 2000. 6 p. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/3188358/Dinamicado-Nitrogenio-no-Solo>>. Acesso em: 15 mai. 2011.

SILVA, E. C. da ; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. da C. ; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento do nitrogênio (¹⁵N) da crotalária e do milheto pelo milho sob

plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 36, n. 3, p. 739-746, 2006.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. *Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília: MEC: ABEAS: Lavras: Esal: FAEPE, 1988. 235 P.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. de. Fitomassa em cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 4, p. 237-234, 2004.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, G. *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.129-145.

SOUZA, L. L. P. de. *Avaliação da composição química e decomposição de plantas de cobertura em agroecossistema no cerrado*. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2009, 42 páginas. Monografia.

SPERA, S. T.; CORREIA, J. R.; REATTO, A. Solos do Bioma Cerrado: propriedades químicas e físico-hídricas sob uso e manejo de adubos verdes. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.). *Cerrado: adubação verde*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 23-40.

SUHET, A. R.; PERES, J. R. R.; VARGAS, M. A. T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). *Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo*. São Paulo: Nobel; Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC, 1986. p. 119-144.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. & FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.421-428, 2008.

VILELA, H. Séries gramíneas tropicais – Gênero *Brachiaria* (*Brachiaria ruziziensis* – Capim). *Agronomia: O portal da ciência e tecnologia*. Disponível em:<http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_gramineas_tropicais_brachiaria_ruziziensis.htm>. Acesso em: 03 Mai 2011.

8. ANEXOS



Figura 3. Área da Embrapa Cerrados onde foi realizado o experimento. Planaltina-DF, 2010.



Figura 4. Parcela com feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*). Planaltina-DF, 2010.



Figura 5. Parcela com milheto (*Pennisetum glaucum*). Planaltina-DF, 2010.



Figura 6. Parcela com braquiária ruziziensis (*Brachiaria ruziziensis*). Planaltina-DF, 2010.