



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV

**NITROGÊNIO DISPONÍVEL NO SOLO SOB SISTEMA DE
SUCESSÃO DE MILHO E PLANTAS DE COBERTURA**

Maria Thereza Mendonça

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA – DF
JULHO/2013

Universidade de Brasília
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV

Nitrogênio disponível no solo sob sistema de sucessão de milho e plantas de cobertura.

Maria Thereza de Mendonça
Matrícula: 10/01728

Projeto final de Estágio Supervisionado, submetido à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Maria Lucrécia Gerosa Ramos
Bióloga, Ph.D. em Fisiologia Vegetal, professora da UnB
Orientadora

Arminda Moreira de Carvalho
Eng. Agr., Doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Cerrados.

Thais Rodrigues Coser
Eng. Agr., Mestre em Agronomia.

Brasília-DF, Julho de 2013.

Mendonça, Maria Thereza de
Nitrogênio disponível no solo sob sistema de sucessão de
milho e plantas de cobertura. / Maria Thereza de Mendonça
– Brasília, 2013.
39 p.
Monografia – Universidade de Brasília / Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária, 2013.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome da Autora: Maria Thereza de Mendonça

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Nitrogênio disponível em sistema de sucessão de milho e plantas de cobertura.

Ano: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia 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 pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Maria Thereza de Mendonça Matrícula: 10/01728

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por sempre abençoar os meus caminhos.

À minha avó Tereza, meu exemplo de vida, que está no Céu intercedendo a Deus pela minha proteção e felicidade.

Aos meus pais Aurelina e Elvecio, por nunca medirem esforços para me ajudar a realizar os meus sonhos, pelo amor incondicional e por cada segundo de suas vidas a mim dedicado.

Aos meus irmãos, por terem acreditado no meu sonho e por todo o imensurável apoio e carinho, sem o qual seria impossível ter chegado até aqui.

Às minhas cunhadas e sobrinhos pelo incentivo e confiança.

A todos os meus familiares que rezaram por mim e me deram força para alcançar o meu objetivo. Em especial às minhas tias Albertina, Amélia, Ana, Coraci e Januária, pois também foram fundamentais para o êxito dessa conquista.

Ao meu príncipe Victor Hugo por esses quase 8anos de companheirismo e cumplicidade, sempre acreditando em mim. Obrigada pela paciência e por ter dividido os momentos de dúvida, medo, cansaço, alegria, empolgação, ansiedade... Com certeza você tornou o caminho até aqui muito mais agradável e prazeroso.

À toda a família do Victor Hugo pelo incentivo e por todos os momentos desopilantes.

A todos os meus colegas de curso e semestre por ter compartilhado cada momento dessa conquista.

À minha orientadora, Dra. Maria Lucrecia Gerosa Ramos, por todas as oportunidades oferecidas durante o curso, pela paciência e ensinamentos.

À Engenheira Agrônoma Thais Coser, meu exemplo de profissional, que me ensinou muito mais que a simples técnica, me ensinou a persistir, a nunca se cansar até atingir o seu objetivo, a conseguir o que quiser sem precisar mandar, a sorrir nos momentos de desespero, a ser perfeccionista, a cantar nos momentos de cansaço, a nunca perder o foco e a amar tudo em nossa profissão.

À toda a equipe do laboratório de Bioquímica do solo.

A todos os professores pelo conhecimento compartilhado.

À Dra. Arminda Carvalho pelo apoio no experimento e por ter aceitado o convite de membro desta banca.

NITROGÊNIO DISPONÍVEL NO SOLO SOB SISTEMA DE SUCESSÃO DE MILHO E PLANTAS DE COBERTURA

RESUMO—O uso de fertilizantes nitrogenados é um dos principais fatores que oneram a produção agrícola, pois este é o nutriente absorvido em maiores quantidades pela maioria das culturas. Concomitantemente, o uso de plantas de cobertura pode interferir positivamente na disponibilidade de nitrogênio para as plantas. O N disponível é o nitrogênio da zona radicular, proveniente de várias fontes, cuja forma química pode ser absorvida pelas raízes das plantas. Algumas plantas de cobertura podem interferir na disponibilização de N por diversos fatores, como: sistema radicular profundo, decomposição mais lenta, principalmente devido à relação C/N, produção elevada de fitomassa, etc. O objetivo deste trabalho foi quantificar o nitrogênio disponível em Latossolo sob o cultivo de plantas de cobertura no pré-plantio do milho em diferentes profundidades, com e sem aplicação de adubo nitrogenado. O experimento foi conduzido na EMBRAPA Cerrados, com delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições e em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram plantadas as plantas de cobertura: Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), Feijão-Bravo-do-Ceará (*Canavalia brasiliensis* Mart e Benth), Crotaláriajuncea (*Crotaláriajuncea* L.), Mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr.), Braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e a testemunha com vegetação espontânea; nas subparcelas os tratamentos foram: aplicação de 130 Kg/ha de nitrogênio, parcelada em duas vezes, e sem a aplicação de nitrogênio na cultura em subsequência (milho). O nitrogênio disponível no solo foi quantificado no pré-plantio do milho nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, utilizando-se o extrato químico de fosfato-borato tampão pH 11,2.

Após a análise do N disponível no solo, pode-se concluir que houve efeito da adubação nitrogenada, a partir da profundidade de 10-20 cm; o milheto foi a planta de cobertura que promoveu maiores valores de N disponível no solo e o feijão bravo do ceará, os menores valores; houve efeito das plantas de cobertura somente na profundidade de 0-5 cm e que a aplicação de nitrogênio favorece uma homogeneidade na distribuição de N disponível no perfil do solo.

Palavras-chave: mucuna, feijão bravo do ceará, milheto, braquiária, profundidade do solo, manejo do solo, extrator químico de N.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1. A DINÂMICA DO NITROGÊNIO E A SUA IMPORTÂNCIA.....	12
3.2. A CULTURA DO MILHO (<i>ZEAMAYS</i>).....	14
3.3. CARACTERÍSTICAS DAS PLANTAS DE COBERTURA	16
3.3.1 MILHETO	17
3.3.2 FEIJÃO-BRAVO-DO-CEARÁ	19
3.3.3 MUCUNAPRTEA	19
3.3.4 CROTALÁRIA	20
3.3.5 BRAQUIÁRIA	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6. CONCLUSÕES	32
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N), nutriente mais demandado pelas plantas (principalmente as gramíneas), encontra-se em quantidades mínimas nas formas minerais no solo (NH_4^+ e NO_3^-), pois 98 % do nitrogênio do solo está complexado na forma orgânica, e ao contrário dos outros nutrientes, o N não é liberado pelo intemperismo de minerais nos solos (Schulten & Schnitzer, 1998). Apesar do solo apresentar uma concentração considerável de nitrogênio complexado em formas orgânicas, este é mineralizado em pequenas quantidades (1 a 3%) durante o ciclo de cultivo de culturas (Keeney, 1982), pois apresenta-se como parte de uma mistura heterogênea de compostos com estabilidade variável, como resíduos vegetais e animais, materiais húmicos, microbiota do solo e seus metabólitos (Curtin & McCallum, 2004).

A implantação de agroecossistemas no Cerrado sem considerar questões relacionadas à qualidade do solo vem causando sérios problemas de degradação de seus atributos físicos, químicos e biológicos, ocorrendo principalmente, as perdas de matéria orgânica (Silva et al., 2001) e, como consequência, há reduções nos teores de nitrogênio do solo. A prática de plantio direto e sistemas que envolvam consorciação, rotação e/ou sucessão de plantas de cobertura e graníferas propiciam o aumento do teor de matéria orgânica devido ao maior aporte de resíduos vegetais e mineralização de nutrientes, principalmente nas camadas superficiais do solo (Silva et al., 2001). O uso de fertilizantes nitrogenados é um dos principais fatores que oneram a produção das culturas. A principal fonte de N é a matéria orgânica do solo, no entanto, boa parte não está na forma prontamente disponível para a planta (Urquiaga & Zapata, 2000). Desta forma, o estudo da disponibilidade deste nutriente no solo às plantas é uma alternativa para se aperfeiçoar o uso deste insumo, evitando-se desperdícios e gastos desnecessários.

O uso de plantas de cobertura pode interferir positivamente na disponibilidade do nitrogênio para as plantas. Os resíduos culturais são decompostos pelos microrganismos do solo que, dependendo da qualidade destes e das condições ambientais, o N é mineralizado e pode ser utilizado pelas culturas (Bartholomew, 1965). Scarsbrook (1965) define o N disponível como sendo o nitrogênio da zona radicular, proveniente de várias fontes, cuja forma química pode ser absorvida pelas raízes das plantas. O uso de plantas de cobertura, seja como cobertura ou material incorporado ao solo, resulta em outras importantes vantagens como: proteção do solo

contra a erosão, menor incidência de radiação solar intensa, redução ou eliminação de camadas compactadas, controle de plantas daninhas, de nematoides e de pragas e doenças (Carvalho et al., 1999).

As leguminosas e não leguminosas podem ser utilizadas como plantas de cobertura, dentre elas, em condições de solo de cerrado, destacam-se: o feijão bravo do ceará, a crotalária, a mucuna e a braquiária.

O feijão bravo do ceará destaca-se no período da entressafra em áreas de Cerrado pela sua resistência à seca, pois suporta condições de estresse hídrico e desenvolve-se bem em solos ácidos, com baixa fertilidade e na presença de alumínio (Carvalho, 2005). Essa leguminosa apresenta sistema radicular bastante profundo e pode reciclar a maior parte do N de camadas profundas do solo (Burle et al., 1992; Carvalho et al., 1999b).

O milho é cultivado no Cerrado de fevereiro a abril (safrinha) e como cobertura de solo de agosto a outubro. Possui sistema radicular (raiz fasciculada) profundo e abundante e é uma planta de cobertura eficiente, pois tem sua decomposição menos acelerada, principalmente por sua elevada razão C/N (Carvalho, 2005).

A crotalária apresenta taxa de decomposição mais baixa do que a de outras leguminosas devido aos elevados teores de lignina e celulose dessa espécie, entretanto, possui elevada capacidade de fixação de nitrogênio. Segundo Alcântara et al., (2000), a incorporação da *Crotalaria juncea* favorece maior disponibilidade de nutrientes, enquanto que no plantio direto proporciona maior proteção ao solo.

A mucuna preta apresenta raiz pivotante profunda e segundo Carvalho et al., (2006), a incorporação de mucuna preta ao solo pode corresponder à adubação de 50 Kg ha⁻¹ de N.

Já a braquiária, apresenta raízes abundantes e finas, são excelentes recuperadoras da estrutura física dos solos, ocupando-o todo e resultando em aumento do teor de matéria orgânica. As raízes também são excelentes recicladoras de nutrientes, pois absorvem nutrientes por todo o volume do solo e em profundidade de até 1,0 m, reciclando-os por ocasião da absorção e depósitos dos nutrientes após a morte destas raízes (Monsanto, 2013).

2. OBJETIVO

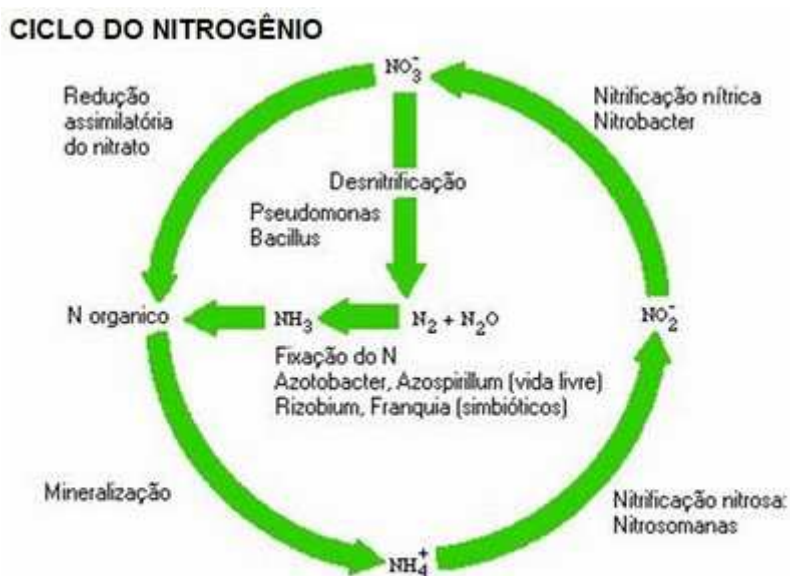
O presente trabalho teve o objetivo de quantificar o nitrogênio disponível em Latossolo sob o cultivo de plantas de cobertura no pré-plantio do milho em diferentes profundidades, com e sem aplicação de fertilizante nitrogenado aplicado em cobertura.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A dinâmica do nitrogênio e a sua importância

Do ponto de vista agrícola, o ciclo do nitrogênio no solo é o mais importante. O N no solo está predominantemente na forma orgânica – mais de 95% do N total. As frações inorgânicas são compostas principalmente por NH_4^+ e NO_3^- . A maior parte do N do solo provém do ar, principalmente pela fixação biológica de nitrogênio e por deposições atmosféricas de formas combinadas de N (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-). O N que retorna ao solo por deposição aérea vem na forma de chuva ou poeira e provém do N emitido como NH_3 ou NO_x por ação antrópica ou não (Cantarella, 2007).

As reações envolvendo o N ligado à matéria orgânica do solo (MOS) são predominantemente mediadas por microrganismos e, dependendo da combinação de fatores (umidade, temperatura, pH, etc.), parte do N pode estar em frações de fácil mineralização como os aminoácidos e açúcares aminados e se tornar disponível para as plantas (Stevenson, 1982), ou, estar na forma mineral, como o nitrato, podendo ser perdido para as águas superficiais e do subsolo, ou para a atmosfera na forma gasosa.



Fonte: Microorganismos e os ciclos biogeoquímicos
Aroldo Correa da Fonseca e Edilsa Rosa Silva

Sistemas de produção em que não há revolvimento do solo, como o plantio direto, com grande aporte de material vegetal fresco, contendo carbono orgânico

disponível como fonte de energia, tendem a apresentar maior reciclagem do N do que sistemas mais pobres em fornecimento de resíduos vegetais (Anghinoni, 2007). Dessa forma, o N ligado a açúcares aaminados despertou interesse como provável fonte de N disponível, ou seja, nitrogênio de fácil mineralização, capaz de fornecer N às plantas (Stevenson, 1982).

As condições ótimas para a mineralização do N orgânico do solo são aquelas que favorecem a atividade dos microrganismos, como: pH entre 6 e 7, condições aeróbias, umidade em torno de 50 a 70% da capacidade de retenção de água pelo solo, temperatura entre 40 e 60 °C (Moreira & Siqueira, 2002). Tais condições são também favoráveis ao desenvolvimento das plantas. No entanto, graças à variedade de organismos envolvidos, as reações de mineralização ocorrem em ampla gama de condições de acidez, temperatura e umidade.

A mineralização diminui com a redução da umidade, mas pode continuar ocorrendo mesmo quando o solo seca além do ponto de murcha (-1,5 MPa), o que sugere que pode haver um acúmulo de N inorgânico no solo durante períodos de seca. Além disso, o molhamento do solo seco parece estimular a mineralização e provocar um pico de liberação de N disponível, o que explica o estímulo ao crescimento das plantas após as chuvas que ocorrem depois de um período seco (Cantarella, 2007).

Adições de materiais orgânicos ao solo tais como restos culturais, adubos verdes e orgânicos, afetam o equilíbrio entre a mineralização e a imobilização de N no solo. A direção para onde os processos de mineralização-imobilização tendem, depende da relação C/N do material (Cantarella, 2007) e também da recalitrância dos materiais adicionados (Carvalho et al., 2005). Para atender às necessidades dos microrganismos decompositores sem precisar utilizar o N do solo, o resíduo deve ter pelo menos 15 a 17 g Kg⁻¹ de N, o que corresponde a uma relação C/N de 25 a 30 (Silgram & Shepherd, 1999).

A condição de equilíbrio, na qual a mineralização é aproximadamente igual à imobilização, ocorre quando a relação C/N do substrato está na faixa de 20 a 30. No entanto, a adição ao solo de materiais orgânicos pobres em N, como resíduos de gramíneas (relação C/N de 50 ou mais), faz com que os microrganismos recorram ao N inorgânico disponível no solo para manter o crescimento da população. Com isso, a imobilização do N no solo predomina. Nesta fase, as plantas apresentam deficiência de N, visto que os microrganismos, numerosos e mais bem distribuídos no solo, competem com vantagem pelo N disponível (Cantarella, 2007).

O potencial do solo para fornecer N também pode ser estimado pela extração de N pelas culturas não adubadas, desde que se tenha uma medida de N disponível no solo no início do ciclo. A magnitude dos valores de N que ciclam continuamente no solo também ajuda a compreender o fato das plantas geralmente absorverem mais N do solo do que o proveniente de fertilizantes, mesmo em culturas intensamente adubadas. Sistemas agrícolas que promovem o aporte e a reciclagem de resíduos orgânicos no solo, tais como o plantio direto, áreas com adubo verde, etc., intensificam a atividade microbiana e a intermediação dos microrganismos do solo no processo de fornecimento de N às plantas (Cantarella, 2007).

De modo geral, os métodos envolvem determinações de N inorgânico (NH_4^+ e, principalmente, NO_3^-), por serem estas as formas prontamente absorvidas pelas plantas. Entretanto, as concentrações de N inorgânico podem alterar-se rapidamente com as chuvas, comprometendo a utilidade do método para prever a disponibilidade de N para as culturas.

Os métodos químicos ou biológicos para avaliação da capacidade do solo em fornecer N, têm o desafio de detectar, em um material heterogêneo e quimicamente complexo como o solo, frações passíveis de mineralização em curto prazo. O fato da mineralização do N orgânico ser realizada por microrganismos, sujeitos à interferência de fatores climáticos difíceis de prever, é um aspecto complicador para a utilização de tais métodos (Cantarella, 2007). Porém, vários métodos que envolvem extratores fracos, tais como: soluções de KCl 2 mol L^{-1} a quente, tampão fosfato-borato a pH 11,2 (Gianello&Bremner, 1986), e incubações em condições anaeróbias (Waring&Bremner, 1964), são considerados bons preditores de N disponível no solo e continuam a ser considerados como métodos promissores da análise da disponibilidade de N no solo (Bundy&Meisinger, 1994).

3.2. A cultura do milho

O milho, provavelmente, é a mais importante planta comercial com origem nas Américas e é uma das culturas mais antigas do mundo. Logo depois do descobrimento da América, foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins, até que seu valor alimentício tornou-se conhecido. Passou, então, a ser plantado em escala comercial e espalhou-se desde a latitude de 58° norte (União Soviética) até 40° sul (Argentina) (EMBRAPA, 2013). A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas

formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O uso do milho em grão para alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, que, mundialmente, chega a 70%. Nos Estados Unidos, cerca de 50% do milho produzido é destinado a esse fim, enquanto que no Brasil varia de 60 a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano (Ceccon, 2007).

No Brasil Central, na região dos Cerrados, embora o cultivo do milho seja feito em diversas condições climáticas, considerando a variabilidade temporal e espacial do clima, pode-se observar que, durante todo o ciclo da cultura, a temperatura é superior a 15°C e não ocorrem geadas. A temperatura noturna, em alguns locais, é elevada (maior que 24°C), o que afeta o desempenho das plantas, principalmente no período coincidente com aquele entre emborrachamento e grão leitoso, reduzindo a produtividade. De forma geral, nessa região, a melhor época de semeadura é entre setembro e novembro, dependendo do início das chuvas (EMBRAPA, 2013).

Nos últimos anos, a cultura do milho, no Brasil, vem passando por importantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos da produtividade e produção. Entre essas tecnologias, destaca-se a necessidade da melhoria na qualidade dos solos, como o manejo adequado, rotação de culturas, plantio direto e o manejo da fertilidade, através da calagem, gessagem e adubação equilibrada, visando uma produção sustentada.

Na Tabela 1, é apresentada a extração média de nutrientes pela cultura do milho na produção de grãos e para silagem (matéria seca) e, dentre os nutrientes mais extraídos do solo, destacam-se o nitrogênio e o potássio, para a produção de grãos e matéria seca para silagem.

Tabela 1. Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem, em diferentes níveis de produtividades.

Tipo de exploração	Produtividade	Nutrientes extraídos				
		N	P	K	Ca	Mg
	t/ha	-----kg/ha -----				
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	7	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

(Fonte: Coelho & França 1995)

Do ponto de vista econômico e ambiental, a dose de N aplicada é a mais importante decisão no manejo do fertilizante. A crescente adoção do sistema de plantio direto, no Brasil, e a necessidade de utilizar culturas de cobertura e rotação de culturas, visando à sustentabilidade desse sistema, são aspectos que devem ser considerados na otimização da adubação nitrogenada.

Na Tabela 2, é apresentada a estimativa de necessidade de adubação nitrogenada para a cultura do milho, que, para atingir 7ton há⁻¹, são necessários 145 kg de N.

Tabela 2. Estimativa da necessidade de adubação nitrogenada para a cultura milho.

Necessidade da cultura para produzir:	
Grãos, 7000 kg ha ⁻¹ x 1,4 % de N -----	98 kg
Palhada, 7000 kg ha ⁻¹ x 1,0 % de N -----	70 kg
Total -----	168 kg
Fornecimento pelo solo:	
20 kg de N por 1 % de M.O. (solo com 3 % de M.O.) -----	60 kg
Resíduo de cultura, 30 % de N da palhada -----	21 kg
Total -----	81 kg
Necessidade de adubação:	
$N_f = (168 - 81)/0,60^*$ -----	145 kg
*fator de eficiência do N = 60 %	

(Fonte: Embrapa Milho e Sorgo)

Onitrogênio é o nutriente mais exigido pelo milho e é responsável pelo desenvolvimento vegetativo e o verde intenso das folhas. O N é constituinte essencial dos aminoácidos, sendo fundamental para a síntese de proteínas e, uma vez que a formação dos grãos depende do conteúdo de proteínas na planta, a produção de milho está diretamente relacionada com o suprimento de N (MUZILLI, 1983).

3.3 Características das plantas de cobertura

Grande parte do sucesso do sistema de plantio direto (SPD) reside no fato de que a palhada deixada por culturas de cobertura sobre a superfície do solo, somada aos resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal. Além disso, o SPD contribui para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção das características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de tal modo que a sua qualidade seja melhorada.

O uso de culturas de cobertura ou adubos verdes em sistemas de rotação visando melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade agrícola é uma prática muito antiga. Durante a primeira metade do século XX, as leguminosas foram intensivamente utilizadas como fonte de N, mas após a Segunda Guerra Mundial, houve uma significativa redução no uso dessas espécies, devido ao aumento da disponibilidade de fertilizante mineral de origem industrial (CALEGARI et al., 1993).

A quantidade de palha sobre o solo é regulada por dois fatores principais: relação C:N do resíduo vegetal adicionado ao solo, teores de lignina e polifenóis e pelo manejo que lhe é dado. Com respeito ao primeiro fator, a relação C:N é inerente à espécie e reflete a velocidade com que a decomposição do material pode se processar. Quanto a essa característica, as plantas podem ser agrupadas em duas classes, uma de decomposição rápida (exemplo: leguminosas) e a outra de decomposição lenta (exemplo: gramíneas), sendo bem aceito um valor de relação C:N próximo a 25 como de referência na separação entre elas. As leguminosas, por imobilizarem nos seus tecidos o nitrogênio da fixação biológica feita pelo rizóbio associado, possuem relação C:N próximo a 20 e taxa de decomposição rápida, ao passo que as gramíneas são de decomposição mais lenta, pois o conteúdo de N na fitomassa é menor (EMBRAPA, 2013).

Embora isso seja verdadeiro, tem-se observado que, para as condições da região dos Cerrados, mesmo quando a palha é basicamente de gramíneas, há uma

decomposição acelerada do material, de tal forma que manter uma camada de cobertura de solo nessas condições torna-se uma atividade complexa e vai exigir conhecimento e experiência por parte daquele que pratica o SPD. O milheto é um exemplo clássico, uma vez que apresenta relação C:N de 30 ou maiores valores, estando na fase de emborrachamento/florescimento, mas nos Cerrados sua decomposição tem sido relativamente rápida, quando manejado nessa época, dificultando o acúmulo de palha (EMBRAPA, 2013).

3.3.1. Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L)) é uma gramínea anual que, nos últimos anos, sua área plantada tem aumentado, sobretudo nas regiões de Cerrado, pelo enorme potencial de cobertura do solo oferecido para ser utilizado no sistema de plantio direto. O milheto, segundo Scaléa (1999), é uma planta da família das gramíneas de grande adaptação ao Cerrado brasileiro, onde o nível de fertilidade é baixo e o período de estiagem é quase sempre prolongado durante o ano. A sua alta adaptabilidade às condições do Cerrado se deve à sua capacidade de tolerar déficit hídrico prolongado, com precipitações abaixo de 400 mm. A adaptação a solos menos férteis está na sua capacidade de extração de nutrientes, devido ao seu sistema radicular profundo (Carvalho et al., 2005)

Em relação à produção de fitomassa seca, mesmo em condições de baixa umidade e fertilidade, o milheto tem se mostrado mais produtivo do que outras plantas de cobertura produtoras de fitomassa. Segundo Salton et al. (1995), o milheto, nas condições citadas anteriormente, tem produzido cerca de 112 kg por dia de fitomassa seca, o que equivale a um total de 6.8 t ha⁻¹. O potencial produtivo do milheto em condições desfavoráveis de clima e solo mostra o quanto a cultura é promissora para determinados segmentos do agronegócio brasileiro.

A época de semeadura do milheto está em função da finalidade do uso da cultura. Para a utilização da mesma para cobertura do solo no sistema de plantio direto, a cultura é semeada na safrinha, após a colheita do milho ou da soja, no período que compreende o final de janeiro até meados de abril. Plantios efetuados anteriormente a estes períodos produzem mais massa e mais grãos; já plantios tardios produzem menos massa e podem apresentar baixas produtividades (Carvalho et al., 2005). Outra opção de plantio para produção de massa seca para cobertura do solo é o período entre agosto a

setembro, antes da sementeira do milho ou da soja em novembro, época na qual se faz a dessecação do milheto (Scaléa, 1998), que pode ser utilizado como palhada para o sistema de plantio direto.

O milheto dependendo da época de plantio, produz de 20 a 70 t. ha⁻¹ de matéria verde. No Brasil, o milheto tem sido utilizado em sucessão às culturas de verão principalmente como forrageiras (pastoreio ou silagem) e para produção de palhada para a proteção do solo em sistema de plantio direto. Assim, na recomendação de adubação para o estabelecimento dessa gramínea tem que se levar em consideração sua finalidade de exploração.

A utilização do milheto como planta de cobertura de solo, funcionará como uma “bomba” recicladora de nutrientes e, dependendo do nível de fertilidade do solo, pode-se dispensar a adubação, aproveitando o adubo residual da cultura anterior, geralmente o milho ou a soja. No Cerrado, o milheto tem sido a espécie com maior produção de massa no período da seca e com grande capacidade de supressão de ervas daninhas. Para um bom aproveitamento do potencial de cobertura do solo pelo milheto, o intervalo entre a germinação e o corte varia de 45 a 55 dias (Carvalho et al., 2005).

3.3.2. Feijão bravo do ceará

O feijão bravo do ceará (*Canavalia brasiliensis*) é uma planta anual ou bianual, herbácea, de crescimento prostrado, com grande potencial de produção de biomassa e rusticidade durante períodos de deficiência hídrica, devido ao sistema radicular agressivo, que absorve água e nutrientes a maiores profundidades do solo. Esta espécie possui sensibilidade ao fotoperíodo, assim, sementeiras tardias acarretam diminuição da fase vegetativa e, por conseguinte, reduz a produção de matéria seca (WUTKE, 2007).

Estudos conduzidos pelo Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados comprovam que o feijão bravo do ceará constitui uma das plantas mais promissoras para os cerrados, no que se refere à adubação verde. Apresenta excelente resistência ao estresse hídrico, é uma opção para a cobertura do solo durante a seca, período que grande parte das áreas cultivadas na região encontram-se desnudas. Ademais, esta espécie fornece nitrogênio às culturas subsequentes, além da excelente produção de matéria seca (Amabile, 1995). Além disso, a planta retorna seu crescimento rapidamente no início das chuvas e pode suprimir as ervas daninhas (CARVALHO & SODRÉ FILHO, 2000).

3.3.3. Mucuna preta

A mucuna preta é uma planta anual, herbácea, rasteira, com ramos trepadores vigorosos e bem desenvolvidos. A maioria das espécies de mucuna exibe razoável tolerância a um número de estresses abióticos, incluindo seca, baixa fertilidade e alta acidez do solo, porém são sensíveis à geada e não crescem bem em solos frios e úmidos (FERRAZ; LOPES, 2003).

A mucuna preta, *Mucuna atterima*, planta da família das leguminosas que tem como centro de origem a China, exerce alelopatia sobre plantas daninhas. (BARNI et al, 2003).

A época de semeadura da mucuna vai de outubro a fevereiro. O espaçamento e densidade recomendados é de 50 cm entre linhas, empregando-se sete sementes por metro linear, sendo necessários de 100 a 135 kg há⁻¹ (Braga et al., 2006). A produtividade de matéria seca é de 6 a 8 t/ha e 1.000 a 1.500 kg há⁻¹ de sementes. Segundo Ferraz e Lopes (2003), a mucuna preta produz cerca de 35 t de fitomassa verde há⁻¹, e fixa cerca de 120 a 157 kg de N há⁻¹ano⁻¹.

A mucuna deve ser semeada de setembro a janeiro, uma vez que necessita de 140 a 150 dias para florescer e seu desenvolvimento é afetado se ocorrer frio no final do ciclo (BARNI et al, 2003).

A adubação verde com mucuna preta propicia aumentos significativos de produtividade para várias culturas. Essa espécie apresenta também efeito alelopático sobre a tiririca (*Cyperus rotundus*), planta daninha de difícil controle (FERRAZ; LOPES, 2003). O efeito da mucuna sobre fungos fitopatogênicos do solo também tem sido estudado (FERRAZ; LOPES, 2003).

Espécies de mucuna são recomendadas como adubo verde por possibilitarem melhorias na fertilidade e compactação do solo, além do seu efeito benéfico nos sistemas de rotação de culturas, que visam reduzir populações de algumas espécies de nematóides (FERRAZ et al, 2003).

3.3.4. Crotalária

Espécie originária da Índia, com ampla adaptação às regiões tropicais. As plantas produzem fibras e celulose de alta qualidade, próprias para a indústria de papel e

outros fins. A *Crotalariajuncea* L. é uma leguminosa arbustiva, de caule ereto, cujo porte varia de 2 a 3 m, possui ciclo anual e apresenta crescimento inicial rápido. A planta adapta-se bem em solos argilosos e arenosos (Carvalho et al., 2005).

O principal uso da crotalária é na adubação verde e para cobertura do solo por serem plantas pouco exigentes em nutrientes e com grande potencial de fixação biológica de nitrogênio. Como adubo verde, pode ser incorporada ao solo na época do florescimento, aproximadamente 100 dias após o plantio. Apresenta grande produção de massa verde (50 a 70 t há⁻¹), um bom sistema radicular que melhora a infiltração de água, e possui boa capacidade de fixação de nitrogênio, promovendo elevada reciclagem de vários nutrientes no perfil do solo. Pode também ser roçada na época da colheita das sementes, deixando-se os resíduos no solo, na forma de cobertura morta. A semeadura pode ser feita em linhas, no espaçamento de 0,50 m entre linhas, com 20 a 25 sementes por metro linear (cerca de 30 a 40 kg de sementes/ha). No plantio a lanço, utilizam-se 60 sementes m⁻², e uma densidade aproximada de 35 a 40 kg há⁻¹ de sementes. A incorporação das plantas ao solo pode ser feita após 8 a 10 semanas. O aporte de N ao sistema solo/planta é estimado entre 100 e 300 kg N ha⁻¹ ano⁻¹.

A época de plantio é de outubro a março, admitindo-se semeaduras até abril em regiões com temperaturas mais elevadas, para a produção de sementes, quando as plantas ficam mais baixas, pela elevada sensibilidade da espécie ao fotoperíodo, o que facilita a colheita de sementes.

3.3.5. Braquiária

A *Brachiariaruziziensis* é uma planta originária da África, perene, estolonífera, composta por rizomas curtos, talo piloso, folhas lanceoladas, de cor verde claro, inflorescência em forma de raques em fita e plana, com floração nos meses de dezembro e janeiro no hemisfério sul.

A *Brachiariaruziziensis* cresce em vários tipos de solos, porém requer boa drenagem e condições de média fertilidade (Vilela, 2010). No entanto, em consórcio com milho safrinha tem demonstrado ser uma importante alternativa para manter a cultura de rendimento econômico, aumentar o aporte de resíduos na superfície do solo e proporcionar maior retorno econômico na sucessão soja-milho safrinha (Ceccon, 2007).

O seu plantio pode ser realizado desde o nível do mar até 1.800 m de altitude, nas latitudes de 0 a 25 graus norte ou sul. Essa planta se comporta bem em solos de

fertilidade média a alta, tem razoável tolerância ao frio, baixa tolerância à umidade e média tolerância à seca. Apresenta excelente velocidade de recuperação após as primeiras chuvas, no final da seca e esta é uma característica importante da planta para ser utilizada nas regiões Nordeste e Centro- Oeste do Brasil.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, situada a 15°35'30" latitude S, 47°42'30" longitude O. O solo é classificado como Latossolo Vermelho A moderado, textura argilosa, fase Cerrado, relevo plano. A análise química (camada de 0-10 cm) efetuada no estabelecimento do experimento de acordo com Embrapa (1997), 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.

Em relação ao clima, a área está inserida no domínio morfoclimático do Cerrado, com clima tropical estacional (Aw), ou seja, com inverno seco e chuvas máximas de verão, conforme a classificação proposta por Köppen. Nesta região a precipitação média anual oscila em torno de 1.400 mm e 1.600 mm, e a temperatura média anual do ar varia entre 22 °C e 27 °C (Adámoliet al., 1987).

O experimento constituiu-se de sucessão de plantas de cobertura/milho, sob sistema de plantio direto. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições e em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram plantadas as plantas de cobertura: Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), Feijão-Bravo-do-Ceará (*Canavalia brasiliensis* Mart e Benth), Crotalária juncea (*Crotalária juncea* L.), Mucuna preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr.), Braquiária (*Brachiaria ruziziensis*). Considerou-se como a testemunha a vegetação espontânea.

As plantas de cobertura foram semeadas diretamente sobre os restos culturais do milho e utilizando a fertilização residual desta cultura, que recebeu no sulco de semeadura as doses de: 20 Kg ha⁻¹ de N, 150 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 100 Kg ha⁻¹ de K₂O, 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 todas as parcelas.

As parcelas possuíam as dimensões 12mx30m e as subparcelas de 12mx15m. A semeadura das plantas de cobertura ocorreu no início de abril de 2012 e a coleta das amostras de solo foi feita no início de outubro de 2012, período de pré-plantio do milho (*Zea mays*). Todas as plantas de cobertura foram roçadas em sua respectiva época de floração. A crotalária floresce com 60 dias de cultivo e, portanto foi cortada no início de junho de 2012. O feijão bravo do ceará e a braquiária florescem aos 100 dias após a

semeadura e foram roçados no final de julho. O milho foi cortado no final de junho, aos 90 dias após o plantio, assim como a mucuna preta.

Nas subparcelas, os tratamentos foram: aplicação de 130 Kg há⁻¹ de nitrogênio, parcelados em duas vezes, na emissão do quarto e do oitavo par de folhas, respectivamente e sem a aplicação de nitrogênio em cobertura, na cultura do milho. O solo coletado nas subparcelas foi composto de cinco subamostras, nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm.

O nitrogênio disponível foi determinado no Laboratório de Biologia do Solo da Universidade de Brasília, pelo método de extração de N do solo com solução Na₃PO₄/bórax - tampão pH 11,2 + NO₃⁻ proposto por Serra (2006).

As análises foram feitas em duplicatas, transferindo-se 2g de cada amostra de solo, peneiradas em peneira de 2mm, para tubos de ensaio contendo 0,2 g de óxido de magnésio (MgO) e 0,1g de liga de Devarda. No destilador de nitrogênio adicionaram-se 20mL da solução tampão pH 11,2 e 20 gotas de simeticona para diminuir a excessiva formação de espuma em presença de liga metálica. Procedeu-se a destilação, recolhendo-se o destilado em balão volumétrico de 50 mL, contendo 10 mL de HCl 0,05 N até atingir o volume aproximado de 35 mL. A quantificação do N foi feita por colorimetria em espectrofotômetro a 440 nm, utilizando-se 1mL do reagente Nessler.

Para o cálculo dos teores de nitrogênio das amostras, foram realizadas curvas de calibração obtidas pela destilação de soluções padrões de N contendo 0, 15, 30, 45 e 60 µgmL⁻¹ de N. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as comparações entre as médias foram realizadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.3 (Ferreira, 2003).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando todos os tratamentos com as plantas de cobertura na **Tabela 1**, pode-se observar que houve diminuição do N disponível no perfil do solo, com ou sem adubação nitrogenada e a camada de 0-5 cm apresentou os maiores valores (52,38 e 56,83mg N/kg solos tratamentos com e sem nitrogênio, respectivamente). A diminuição do N disponível no perfil do solo pode estar relacionada com a distribuição das raízes das diferentes espécies utilizadas ou com a lixiviação de N, principalmente do nitrato. Dessa forma, como o sistema de manejo utilizado é o plantio direto, a decomposição dessas espécies na superfície pode interferir na concentração de nutrientes nas camadas mais superficiais e como na camada superficial há maior biomassa microbiana, parte dos resíduos pode estar incorporado nos organismos.

Tabela 1. Efeito da aplicação de N e das profundidades no nitrogênio disponível do solo (mg N/kg solo)

Profundidade	Subparcelas	
	C/N	S/N
0-5 cm	52,38 aA ⁽¹⁾	56,83 aA
5-10 cm	38,91 aB	41,03 aB
10-20 cm	29,32 aC	27,71 bC
20-40 cm	27,50 aC	20,18 bCD
40-60 cm	23,10 aC	14,59 bD

(1) Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm não houve diferença significativa na concentração de N disponível na comparação dos tratamentos com e sem aplicação de N em cobertura. Segundo Kitur (1984), dentre as causas prováveis para a menor disponibilidade de nitrogênio no sistema plantio direto nestas condições apresentadas, a imobilização microbiana do N tem sido considerada a mais importante.

Nas camadas 10-20cm, 20-40cm e 40-60 cm houve diferença significativa da concentração de nitrogênio disponível nas parcelas com aplicação de N em cobertura e estes apresentaram maiores valores de N disponível que o tratamento sem adubação de cobertura com N. O fato das subparcelas com aplicação de nitrogênio em cobertura apresentarem maior disponibilidade de N disponível, talvez possa estar relacionada com

a lixiviação do N aplicado na forma de adubos químicos e/ou com a desnitrificação do N aplicado nas porções de solo mais superficiais.

Deve-se ressaltar que a adubação em cobertura feita no milho alterou a disponibilidade de N no final do ciclo da cultura e a maior disponibilidade de N pode ter promovido melhor desenvolvimento radicular na cultura do milho, além de alterar a dinâmica microbiana nas diversas camadas estudadas e, possivelmente, devido à maior densidade de raízes, pode ter estimulado os microrganismos do solo, o que provocou maior disponibilidade de N até a camada de 40 a 60 cm.

Em relação às diferentes plantas de cobertura utilizadas, as parcelas com e sem aplicação de nitrogênio não diferiram estatisticamente entre si para todas as plantas de cobertura estudadas. Isto talvez possa ser explicado pelo longo intervalo de tempo entre aplicação do fertilizante nitrogenado e coleta do solo (**Tabela 2**).

No tratamento com plantio anterior de milheto, foi o que apresentou maior N disponível, seguido do tratamento com crotalária. Sabe-se que o milheto dispõe de raízes abundantes e profundas e a crotalária é boa recicladora de nutrientes, dessa forma, esses fatores podem estar correlacionados a esses resultados (**Tabela 2**). Em estudo realizado por Carvalho et al.(2009), foi observado que o milheto apresenta alto rendimento de matéria seca, conseqüentemente, sugere uma maior disponibilização de nutrientes quando da sua decomposição e esta pode ser acelerada com a adição de nitrogênio.

Tabela 2. Efeito da adubação nitrogenada e das plantas de cobertura no nitrogênio disponível do solo (mg N/kg solo).

Tratamentos	Adubação nitrogenada		
	C/N	S/N	Média
Milheto	41,19 ⁽¹⁾	43,43	42,31 A
FBC	28,73	25,63	27,18 C
Vegetação espontânea	31,49	34,24	32,87 BC
Mucuna Preta	31,46	28,54	30,00 BC
Braquiária	34,57	26,93	30,75 BC
Crotalária	38	33,63	35,82 AB
Média	32,07 a	34,24 a	

(1) Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos tratamentos com plantio anterior de feijão-bravo-do-ceará, mucuna preta e braquiária, o N disponível foi semelhante e esteve entre 27,18, 30,00 e 30,75 mg N kg⁻¹ solo, respectivamente. Este resultado talvez esteja relacionado com a taxa de decomposição dessas espécies. Como a maioria das leguminosas, o feijão-bravo-do-ceará e a mucuna preta possuem baixa relação C/N, concomitantemente, se a decomposição é rápida, o aproveitamento e/ou a lixiviação do nitrogênio nas subparcelas pode ser precoce, resultando em baixa concentração de nitrogênio disponível. A maior imobilizaçãomicrobiana ocorre nas camadas superficiais do solo sob plantio direto, podendo ser suficientemente elevada para, isoladamente, afetar a absorção de N pelas plantas (Vargas & Scholles, 1998).

Por outro lado, a braquiária, que é uma gramínea, apresentou comportamento semelhante a essas leguminosas, o que de acordo com Carvalho et al., (2009), pode ser atribuído aos baixos teores de lignina nos tecidos de *Brachiariaruziziensis*.

Na **Tabela 3** são apresentados os resultados do N disponível em solo sob diferentes plantas de cobertura entre as profundidades de 0 a 5 até 40 a 60 cm. As plantas de cobertura feijão-bravo-do-ceará e crotalária apresentaram as mesmas tendências em relação ao N disponível em profundidade, ou seja, na profundidade de 0-5, o N disponível foi semelhante a 5-10 cm e maior que nas outras profundidades estudadas.

Tabela 3. Nitrogênio disponível (mg N/kg solo) em solos cultivados com diferentes plantas de cobertura e em diferentes profundidades.

Profundidade	Plantas de cobertura					
	Milheto	FBC	Vegetação espontânea	Mucuna Preta	Braquiária	Crotalária
0-5 cm	75,06 aA	46,90 bcA	52,94 bcA	54,76 bcA	39,89 cA	58,10 bA
5-10 cm	48,26 aB	34,95 aAB	36,79 aB	40,48 aA	35,52 aAB	43,81 aAB
10-20 cm	31,34 aC	21,62 aBC	29,87 aBC	25,53 aB	29,65 aAB	33,10 aBC
20-40 cm	30,94 aC	19,60 aC	26,91 aBC	17,27 aB	24,43 aB	23,89 aC
40-60 cm	25,96 aC	12,83 aC	17,83 aC	11,98 aB	24,28 aB	20,19 aC

(1) Médias seguidas pelamesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Carvalho et al.,(2009), em estudo feito neste mesmo experimento no ano de 2008, a produtividade do milho foi maior nas parcelas anteriormente com crotalária e feijão bravo do ceará (FBC). Dessa forma sugere-se que o N proveniente do material decomposto seja imobilizado na forma orgânica e sirva como um reservatório de N que será mineralizado de acordo com o desenvolvimento da cultura. E, portanto, não se conseguiu visualizar uma maior disponibilidade de N no pré-plantio do milho por ocasião desses fatores.

Nos tratamentos com milho houve diferença significativa entre as profundidades de 0-5 e 5-10 cm. Porém, entre as camadas de 10 a 60 cm não houve diferença quanto ao teor de N disponível. Nos tratamentos com mucuna preta, o N disponível diminuiu a partir da profundidade de 10-20 cm e apresentou valores semelhantes até a camada de 40-60 cm.

Nas parcelas com *Brachiariaruziziensis*, houve uma concentração mais homogênea do N disponível até a camada de 40 a 60 cm e só houve diferença significativa entre as camadas de 0-5 cm e as de 20-40 e 40-60 cm.

Nas parcelas com vegetação espontânea, as concentrações de N disponível ao longo do perfil do solo, em geral, foram semelhantes àquelas com feijão bravo do ceará e, na superfície do solo (0-5cm) apresentou valores de N disponível semelhantes ao feijão bravo do ceará e mucuna preta e nas camadas inferiores do solo, apresentou valores semelhantes às outras plantas de cobertura. Esses dados sugerem que ao se fazer o manejo da vegetação espontânea, deve-se roçá-las e estas devem ser mantidas na superfície do solo, pois podem ser fonte importante de N disponível no solo.

Na camada de 0-5 cm, o tratamento com milho foi o que apresentou os maiores valores de N disponível (75,06 mg N/kg solo) e a braquiária apresentou os menores valores (39,89 mg N/kg solo). Nas outras profundidades estudadas, não houve diferença significativa entre as plantas de cobertura.

Essas diferenças da concentração de N disponível nas diferentes profundidades pode estar relacionada com a época de manejo de cada planta de cobertura, pois o feijão bravo do ceará foi a última planta roçada e portanto teve um intervalo menor de tempo de decomposição até a coleta de solo. Já o milho, foi a primeira planta de cobertura a ser manejada, ou seja, teve um tempo maior de mineralização dos nutrientes quando da coleta de solo. Dessa forma, foi a espécie com os maiores valores de N disponível.

Corroborando com as explicações supracitadas, o milho foi o que apresentou maiores concentrações de N disponível na camada de 0-5 cm, resultado este que pode ter relação com menores taxas de decomposição dessa espécie, pois quanto mais lentamente a planta se decompõe, mais nutrientes haverá nas camadas superficiais a longo prazo (Figura 1). O milho tem uma relação C/N = 50 (Carvalho et al., 2009), o que indica que sua mineralização é bastante lenta, o que corrobora com os resultados apresentados no presente trabalho.

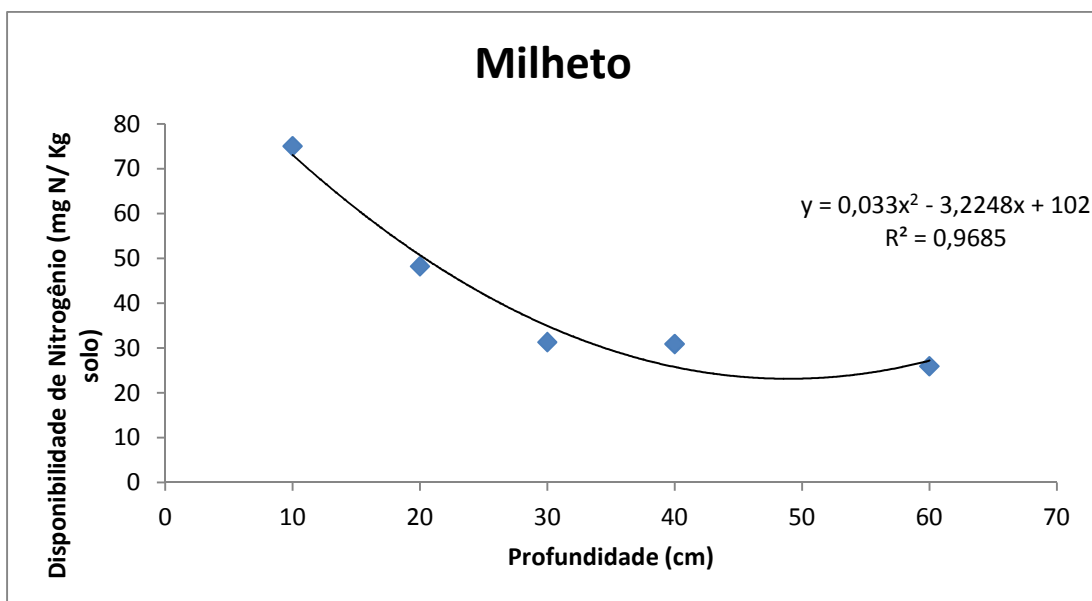


Figura 1. Nitrogênio disponível versus profundidade para milho.

A mucuna preta apresenta alta disponibilidade de N nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm, pois, como essa planta é uma espécie leguminosa, a fixação biológica de nitrogênio pode favorecer esse aumento de N disponível (Figura 2), além disso, esta leguminosa possui maior teor de lignina promovendo uma decomposição mais lenta que as outras leguminosas (Carvalho et al., 2009).

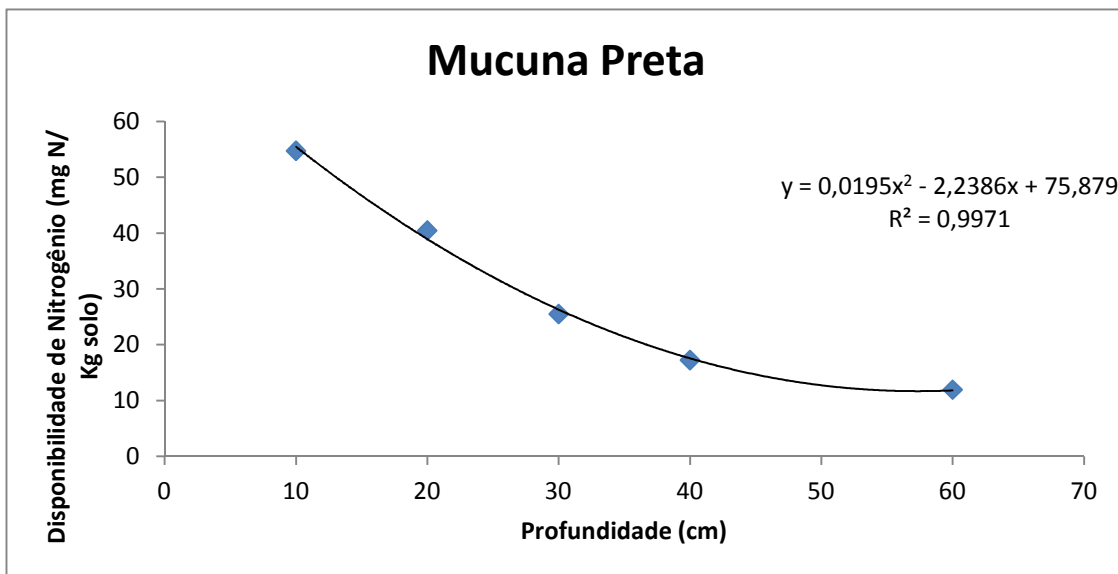


Figura 2. Nitrogênio disponível versus profundidade para mucuna preta.

A crotalária é uma planta de cobertura que apresentou distribuição de nitrogênio disponível mais homogênea no perfil do solo, assim como o FBC, pois as duas espécies são leguminosas, conseqüentemente têm baixa razão C/N, se decompõem mais rapidamente e, portanto, os nutrientes vão sendo distribuídos no perfil de solo (Figura 3 e 4). Esses resultados podem ser ratificados, pois, segundo Amado et al., (2000), de maneira geral, aceita-se que materiais com relação C/N em torno de 25 promovem um equilíbrio entre os processos de imobilização e mineralização de nitrogênio e de acordo com Carvalho et al., (2006), a relação C/N da crotalária é igual a 21 e do feijão-bravo-do-ceará igual a 30.

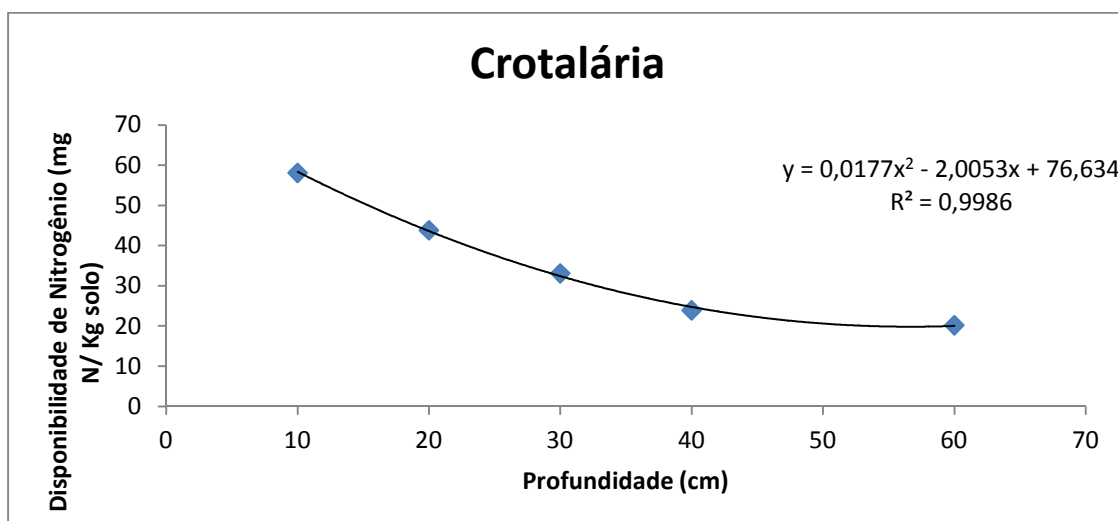


Figura 3. Nitrogênio disponível versus profundidade para crotalária.

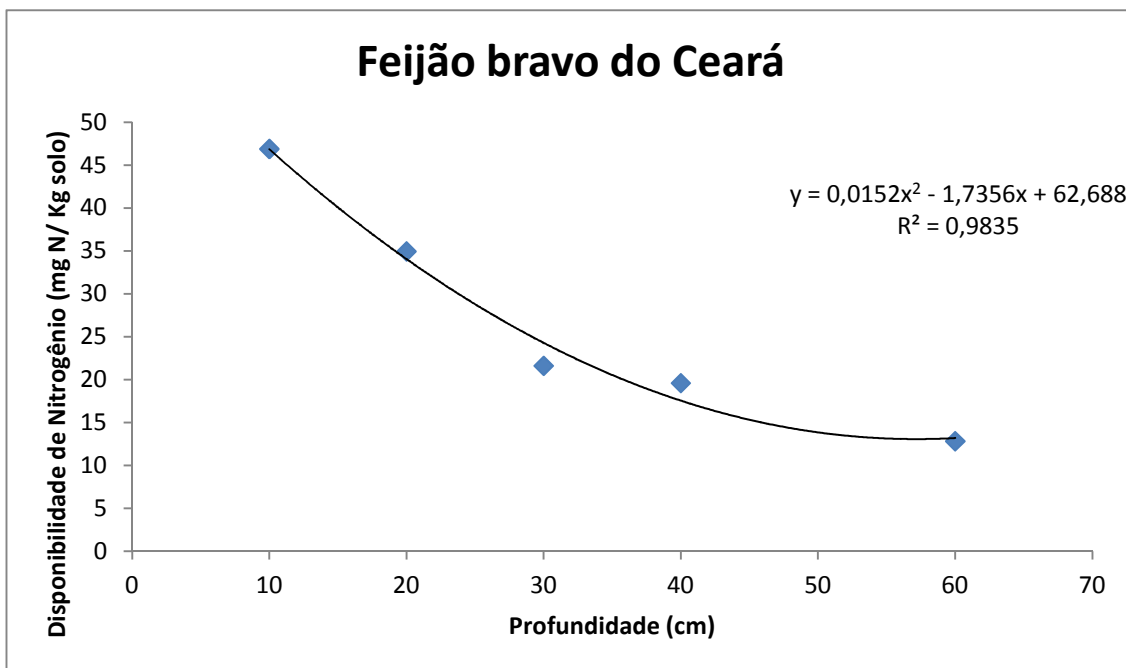


Figura 4. Nitrogênio disponível versus profundidade para Feijão bravo do ceará.

A braquiária mostrou concentrações elevadas de N disponível em todo o perfil de solo, resultado que pode estar relacionado com o fato de suas raízes serem excelentes recicladoras de nutrientes, pois buscam nutrientes por todo o volume do solo e em profundidade acima de 1,0 m, reciclando-os por ocasião da absorção e depósitos dos nutrientes após a morte destas raízes(Figura 5).

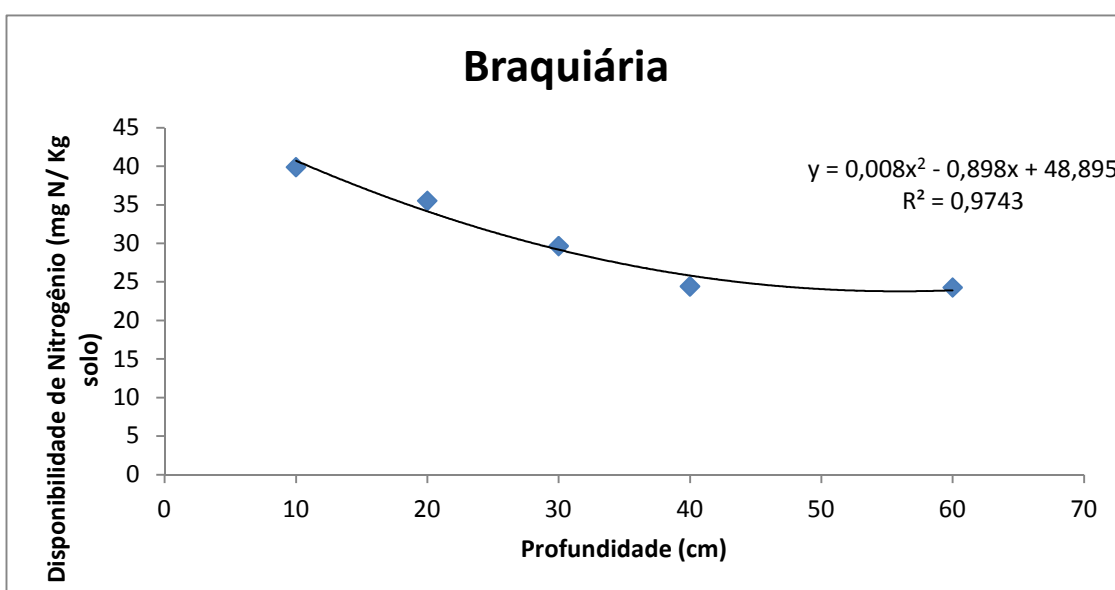


Figura 5. Nitrogênio disponível versus profundidade para Braquiária.

A vegetação espontânea também apresentou homogeneidade na distribuição de N disponível no perfil de solo (Figura 6) e depois do milho, foi o tratamento com maior disponibilidade de N nas subparcelas sem aplicação de N em cobertura. Isso pode estar vinculado à diversidade de espécies que ocuparam as parcelas de vegetação espontânea, pois estas exploram a superfície e o perfil do solo de formas bem diferentes entre si, devido a sistemas radiculares, hábitos de crescimento e necessidades nutricionais diferentes.

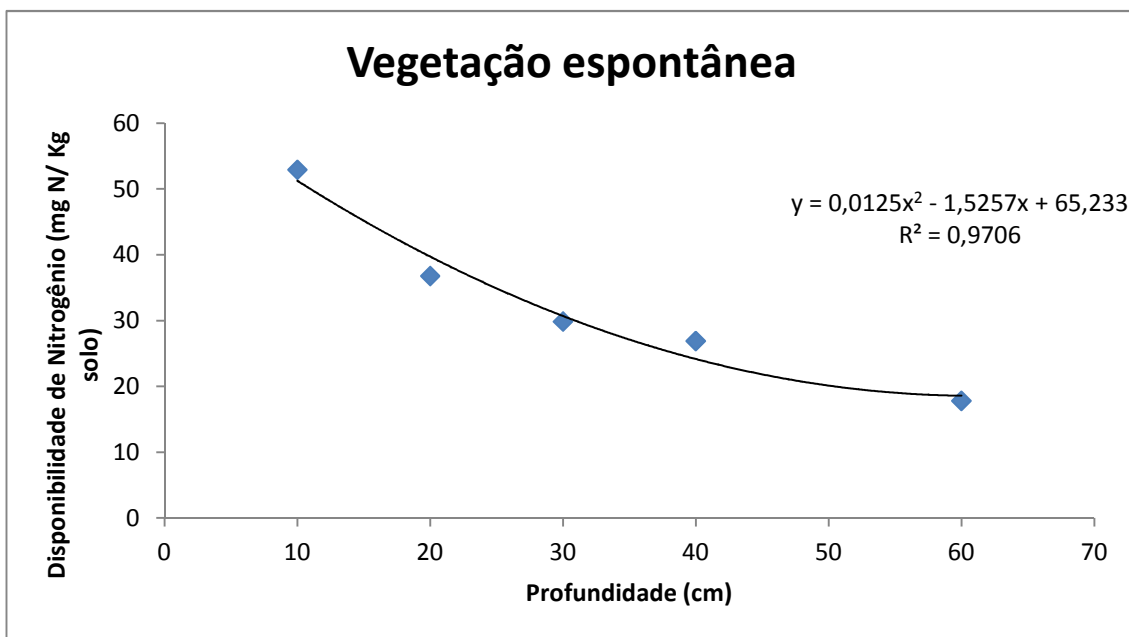


Figura 6. Nitrogênio disponível versus profundidade para vegetação espontânea.

É importante que sejam realizados estudos de Nitrogênio da Biomassa Microbiana, Nitrogênio total do solo, Nitrogênio na folha bandeira do milho e produtividade do milho para que se possa ter um embasamento melhor sobre a dinâmica do nitrogênio nesse experimento e assim possam ser feitas previsões sobre a fertilização nitrogenada neste sistema.

6. CONCLUSÕES

1. Houve efeito da fertilização nitrogenada no nitrogênio disponível do solo, a partir da profundidade de 10-20 cm.
2. O milheto foi a planta de cobertura que promoveu maiores valores de N disponível no solo.
3. Houve efeito das plantas de cobertura somente na profundidade de 0-5 cm.
4. A aplicação de nitrogênio favorece uma maior homogeneidade na distribuição de N disponível no perfil do solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, 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.

ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do RioGrande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M.B.M.,ed. Adubação nitrogenada no Brasil. Ilhéus, CEPLAC-SBCS,1985. p.244-273.

Alcântara, F.A.; Furtini Neto, A.E.; Paula, M.B.; Mesquita, H.A. & Muniz, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. *Pesq. Agropec. Bras*, 35:277-288, 2000.

AMABILE, R.F. GARCIA, J. DUARTE, J.B. SILVA, J.C.S. NETO, A.L.F. Superação de dormência de feijão bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), *Pesquisaagropecuária tropical*, v25, n.1, jan/jun. 1995.

AMADO, T.J.C. et al. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. *Revista brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, v.24, n.1, p. 179-189, 2000.

BARNI, N. A. et al. Plantas recicladoras de nutrientes e de proteção do solo, para uso em sistemas equilibrados de produção agrícola. Porto Alegre: FEPAGRO, 2003. 84 p. (Boletim FEPAGRO, 12).

BARTHOLOMEW, W.V. Mineralization and immobilization of nitrogen in the decomposition of plant and animal residues. In: Bartholomew, W.V.; Clark, F.E. (Ed.) *Soil Nitrogen*. Madison: ASA. P. 287-306. 1965.

BRAGA, N. R. et al. *Mucuna-preta*. Campinas: IAC, 2006. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MucunaPreta/MucunaPreta.htm>>. Acesso em: 18 julho 2013.

Bundy, L.G., Meisinger, J.J., 1994. Nitrogen availability indices. In: Weaver, R.W., Angle, S., Bottomley, P., Bezdicek, D., Smith, S., Tabatabai, A., Wollum, A. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*, Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 951–984.

BURLE, M. L. et al. Legume green manures: dry season survival and the effect on succeeding maize crops. Raleigh: Tim McBride. (Bulletin, 92-04). 1992.

BUSO, W. H. D.; KLIEMANN, H. J. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 33 (2): 97-105, 2003.

CALEGARI, A. et al. *Adubação verde no sul do Brasil*. 2 ed. Rio de Janeiro: ASPTA, 1993. 346 p.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). *Fertilidade do Solo*. Viçosa, SBCS, 2007. p.375-470.

CARVALHO, A.M. & AMABILE, R.F. Plantas condicionadoras de solo: Interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A.M. & AMABILE, R.F., eds. *Cerrado: adubação verde*. Brasília, Embrapa Cerrados, 2006. p.143-170

CARVALHO, A.M.; BURLE, M.L.; PEREIRA, J. & SILVA, M.A. Manejo de adubos verdes no Cerrado. Embrapa Cerrados (Circular Técnica, 4). 28 p. 1999.

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

CARVALHO, A. M. de. et al. Adubos verdes: efeitos no rendimento e no nitrogênio do milho em plantio direto e convencional. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. (Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa, 7). 1999b.

CARVALHO, A.M.de; BUSTAMANTE, M.M.C.; ALCÂNTARA, F.A DE. ; RESCK, I. S. ; LEMOS, S. S. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. *Soil&TillageResearch*, v. 101, p. 100-107, 2009.

CARVALHO, A. M. de; SODRÉ FILHO, J. Uso de Adubos verdes: Como fazer Cobertura de solo. *Boletim de Pesquisa - Embrapa Cerrados*. 2000. 11: 20 pp.

CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. *R. Plantio Direto*, 17(97): 17-20, 2007.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.71, set. 1995. *Arquivo do Agrônomo*, Piracicaba, n.2, p.1-9, set. 1995. Encarte.

CURTIN, D. &McCALLUM, F. M. Biological and chemical assays to estimate nitrogen supplying power of soils with contrasting management histories. *Aust J Soil Res* 42:737–746, 2004.

DUARTE, A.P. Como fazer uma boa Segunda safra. *Cultivar, Pelotas*, v.3, n.25, p.10-18, fev. 2001.

FERRAZ, S.; LOPES, E. A. Mucuna Preta: A planta mágica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 24., 2003, Petrolina. Programas e resumos. Petrolina: Sociedade Brasileira de Nematologia: Embrapa Semi-Árido, 2003. p. 64 – 67.

FERRAZ, S. et al. Efeito do cultivo de duas espécies de Mucuna sobre a população de *Meloidogyne exigua*, *M. incognita* e *M. javanica*, em casa de vegetação. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 24., 2003, Petrolina. Programas e resumos. Petrolina: Sociedade Brasileira de Nematologia: Embrapa Semi-Árido, 2003. p. 79.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. (Coord.). Solos: manejo integrado e ecológico: elementos básicos. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 100 p.

FERREIRA, D. F. Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos. Universidade Federal de Lavras, 2003.

GIANELLO, C. & BREMNER, J.M. Comparison of chemical methods of assessing potentially available organic nitrogen in soil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 17:216-236, 1986.

KITUR, B.K. et al. Fate of N-Depleted ammonium nitrate applied to no-tillage corn. *Agronomy Journal*, Madison v.76, n.2, p. 240-242, 1984.

KEENEY, D. R. 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. p. 605–649. In F.J. Stevenson (ed.) *Nitrogen in agricultural soils*. Agron. Monogr. 22. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional da plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato. 201p. 1989.

MONSANTO. Disponível em:
>http://www.monsanto.com.br/monsanto/brasil/newsletter/agricultores/03_2005_mai01_noticia_brachiaria.asp< Acesso em: 11/07/2013.

MOREIRA, F.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. Editora UFLA, 2002. 623 p.

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*, Campinas, v. 7, p. 95-102, 1983.

OLIVEIRA, S.A. Avaliação da mineralização e disponibilidade de nitrogênio para o trigo (*Triticum aestivum* L.) em solos do Distrito Federal. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. (Tese de Doutorado). 128 p. 1987.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; BORGES, E.P. Avaliação do sistema de plantio direto na sucessão de soja sobre pastagens de braquiária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. Viçosa, MG., 1995. Anais... Viçosa: SBCS/UFV, 1995, v.4, p.1816-1818.

SCALÉA, M. A. Cultura do milho e seu uso no plantio direto no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1., 1999, Planaltina. Anais.. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p.75-82.

SCARSBROOK, C.E. Nitrogen availability. . In: Bartholomew, W.V.; Clark, F.E. (Ed. 1) Soil Nitrogen. Madison: ASA, Inc., Publ..Serie 10, cap. 13, P. 481-502. 1965.

SCHULTEN, H. R., SCHNITZER, M. The chemistry of soil organic nitrogen: a review. Biol. Fertil. Soils.40: 26 1-15, 1998.

SILGRAM, M. & SHEPHERD, M.A.The effects of cultivation on soil nitrogen mineralization.Adv.Agron., 65:267-311, 1999.

SERRA, D.D. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio para o milho (*Zeamays*) em solo do Distrito Federal. Brasília, Universidade de Brasília. (Tese de Mestrado) 93p. 2006.

SILVA, L.P. et al. Avaliação da biomassa microbiana em plantio direto e convencional, em arroz cultivado em solo sob Cerrado por dois anos consecutivos.In: XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Londrina, PR.. Anais...Londrina, Soc. Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p.79.

TELES, V.O.; SILVA, W.C.; SILVA, R.D.; CAMARA, F.T. Germinação e desenvolvimento do feijão bravo-do-ceará (*Carnavalia brasiliensis*) em diferentes proporções de composto orgânico. Cad. Cult. Ciênc. Ano VII, v.11, n.1, dez, 2012.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. Fertilización nitrogenada em sistemas de producción agrícola. In: URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales em América Latina y el Caribe. Porto Alegre: Gênese; Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia. p.77-88. 2000.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, p.411- 417, 1998.

VILELA, H. Exigências e aptidões das plantas forrageiras. Belo Horizonte, Portal Agronomia, 2010.

Waring, S.A. and J.M. Bremner. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. Nature (London) 201: 951-952.

WUTKE, E.B. AMBROSANO, E.J. RAZERA, L.F. MEDINA, P.F. CARVALHO, L.H. KIKUTI, H. DIAS, R.P. LAURINO, M.S. GONÇALVES, J.R.A. Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: informações técnicas et al. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, p18, 2007.

>http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2003/circular/Circ_29.pdf<Acesso em: 17 de julho de 2013.

>http://www.bento.ifrs.edu.br/site/midias/arquivos/20095417933438tcc_ismael2006.pdf
< Acesso em: 17 de julho de 2013.

><http://www.lcb.esalq.usp.br/extension/DESAAFCA/crotalarias.pdf>< Acesso em 18 de julho de 2013.

><http://estagiositiodosherdeiros.blogspot.com.br/2011/08/plantas-recuperadoras-de-solo-2-embrapa.html>< Acesso em 17 de julho de 2013.