

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PLANTAS DE COBERTURA EM PRÉ-SAFRA E
APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO**

Leandro Rosatto Moda
EngenheiroAgrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PLANTAS DE COBERTURA EM PRÉ-SAFRA E APLICAÇÃO DE
NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO**

Leandro Rosatto Moda

Orientador: Prof. Dr. Itamar Andrioli

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Maio de 2009**

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LEANDRO ROSATTO MODA – Nasceu no dia 23 de junho do ano de 1984, em Ribeirão Preto - SP. cursou o ensino médio no Sistema Anglo de Ensino e Colégio Osvaldo Cruz, no período de 1999 a 2001. Em março de 2002, ingressou no curso de Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – Câmpus de Jaboticabal - SP, e em janeiro de 2007, obteve o título de Engenheiro Agrônomo. Iniciou em março de 2007 o curso de Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal - SP, onde foi bolsista CAPES. No dia 29 de maio de 2009 submeteu-se à banca para a defesa da dissertação e obteve o título de Mestre em Agronomia.

**À minha família
Clóvis, Lavínia, Lívia, Lucas e Olívia
Por todo amor, carinho, apoio e incentivo
Dedico**

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre ao meu lado.

À minha família que sempre me deram apoio, incentivo e confiança.

Ao Professor Dr. Itamar Andrioli, pela orientação e amizade, que tanto contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Aos professores que constituíram minha banca de qualificação e defesa de dissertação Prof. Dr. Renato de Melo Prado, Prof. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz e Prof. Dr. Adilson Pelá pelas orientações e correções preciosas ao meu trabalho e amizade concedida.

À minha namorada Taxinha (Olívia) pelo carinho, afeto, amor e tantos outros sentimentos que vivi ao seu lado durante meus preciosos anos de faculdade, te amo.

À estimada e inesquecível República Kambuká, por toda amizade verdadeira que fiz durante a minha estadia em Jaboticabal. Maizena (Junior), Tokum (Mario), Djou (Cássius), Kuoko (Leandro), Indin (Anderson), Gazaio (Vinicius), Bundão (Miller), Mukuna (Mateus), Bicudo (Ronaldo), Janju (Natan), Tocantins (Marcus) e tantos outros que passaram ou por apenas um dia e até alguns meses, muito obrigado.

À República Abduzidas, minha segunda casa. Amo vocês meninas. Taxinha, Papete, Porka, Pipoca, Mimela, Koral, Arriba, Cidyinha-bixe, Traçada, Aôtra, Maloca.

À todos os meus tios, tias, primos, primas que sempre me deram a maior força.

Aos amigos da pós-graduação, Marcus, Fabiana, Valdeci, Alba, Cristiano, e a todos os outros pela amizade durante essa caminhada.

À todos os professores da pós-graduação que contribuíram para a minha formação profissional.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Adubos, Célia Regina Muniz, Maria Inês Bueno, Martha dos Santos, Cláudia Cirilo, Luis Souza, Orivaldo Rosa, Orivaldo Gomes, Dejair Silva, Ademir Silva, Anderson Silva, Mauro, Dibelle, pela prontidão nos momentos que precisei e pela amizade.

Aos funcionários da fazenda, pela ajuda e atenção recebida.

Às funcionárias da seção de Pós-Graduação e aos funcionários da Biblioteca da FCAV, pelo atendimento e auxílio.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!!!

SUMÁRIO

	Página
Listade Figuras	vii
Lista de Tabelas	viii
Resumo	x
Summary	xi
1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura.....	3
2.1. Importância do nitrogênio na cultura do milho.....	3
2.2. Biomassa de plantas de cobertura	4
2.3. Fornecimento de nitrogênio e produtividade das culturas	7
3. Material e Métodos.....	12
3.1 Caracterização do meio físico.....	12
3.2 Histórico da área.....	12
3.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	13
3.4 Instalação e condução do ensaio.....	14
3.5	17
Avaliações.....	
3.5.1 Plantas de cobertura.....	17
3.5.2 Diagnose foliar.....	17
3.5.3 Matéria seca, nitrogênio total e nitrogênio acumulado, eficiência de utilização de nitrogênio (EU).....	18
3.5.4 Produção de grãos.....	18
3.5.5 Análises químicas.....	19
3.5.6 Análise estatística.....	19
4. Resultados e Discussão.....	20
4.1 Plantas de cobertura.....	20
4.1.1 N total, matéria seca e N acumulado.....	20
4.2 Cultura do milho.....	22

4.2.1 Diagnose foliar nitrogenada.....	22
4.2.2 Matéria seca e nitrogênio acumulado na parte aérea.....	26
4.2.3 Produção de grãos.....	37
5. Conclusões.....	40
6.Referências.....	41

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Valores de precipitação e temperaturas médias mensais durante o cultivo das plantas de cobertura e safra de milho 2007/08.....	16
Figura 2. Valores de precipitação e temperaturas médias mensais durante o cultivo das plantas de cobertura e safra de milho 2008/08.....	17
Figura 3. Concentração de nitrogênio na folha de milho, na fase de pendoamento em função tratamentos no ano 2007/08.....	25
Figura 4. Matéria seca do sabugo de milho em função dos tratamentos no ano 2007/08.....	30
Figura 5. Matéria seca do grão de milho em função dos tratamentos no ano 2007/08.....	33

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Propriedades químicas do solo da área experimental.....	12
Tabela 2. Representação dos tratamentos realizados anteriormente na área deste trabalho.....	13
Tabela 3. Representação dos tratamentos realizados neste trabalho.....	15
Tabela 4. Concentrações de N total, produção de matéria seca e N acumulado nas plantas de cobertura no ano 2006/07.....	21
Tabela 5. Concentrações de N total, produção de matéria seca e N acumulado nas plantas de cobertura no ano 2007/08.....	21
Tabela 6. Diagnose foliar nitrogenada do milho em função das sucessões de plantas de cobertura (S) e doses de N (N_0 , N_{60} , N_{120} e N_{180}).....	23
Tabela 7. Matéria seca (MS) e nitrogênio acumulado na folha, colmo, palha da espiga e sabugo do milho, em função das sucessões de plantas de cobertura (S) e doses de N (N_0 , N_{60} , N_{120} e N_{180}).....	28
Tabela 8. Matéria seca (MS) e nitrogênio acumulado na folha, colmo, palha da espiga e sabugo do milho em função das sucessões de plantas de cobertura (S) e doses de N (N_0 , N_{60} , N_{120} e N_{180}).....	29
Tabela 9. Valores médios de matéria seca (MS) e nitrogênio acumulado na palhada no grão e na safra biomassa das plantas de milho em função das sucessões de plantas de cobertura (S) e das doses de N no ano 2006/07.....	31

Tabela 10. Valores médios de matéria seca (MS) e nitrogênio acumulado na palhada no grão e na biomassa das plantas de milho em função das sucessões de plantas de cobertura (S) e das doses de N ₀ , N ₆₀ , N ₁₂₀ e N ₁₈₀	32
Tabela 11. Nitrogênio acumulado nos grãos de milho em função da interação entre plantas de cobertura e doses de N.....	34
Tabela 12. Nitrogênio acumulado na biomassa do milho em função da interação entre plantas de cobertura e doses de N.....	34
Tabela 13. Porcentagem de nitrogênio acumulado na palhada e no grão de milho, relação grão/palhada e eficiência de utilização (EU) de N dos sistemas de sucessão em função das doses de N no ano 2007/08.....	36
Tabela 14. Valores médios de produção de grãos de milho em função dos sistemas de sucessão de plantas de cobertura (S) e doses de N em cobertura.....	37

PLANTAS DE COBERTURA EM PRÉ-SAFRA E APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO

RESUMO - Os resíduos produzidos pelas culturas comerciais, geralmente, são insuficientes para proporcionarem uma adequada cobertura do solo. Portanto, é necessário introduzir ao sistema, plantas capazes de produzirem grandes quantidades de fitomassa com rápido desenvolvimento inicial e de ciclo curto. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de matéria seca e o N acumulado pelas plantas de cobertura, a produção de matéria seca do milho, o fornecimento de N ao milho e o rendimento de grãos da cultura devido aos sistemas de sucessão de plantas de cobertura em pré-safra ao milho. O experimento foi conduzido na área experimental da FCAV – Unesp Jaboticabal SP, (21°15'27"S e 48°18'58"W; 595 m de altitude) nos anos agrícolas 2006/07 e 2007/08. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições, em que os tratamentos principais foram constituídos por seis sistemas de sucessão (S₁=crotalária/milho; S₂=feijão-deporco/milho; S₃= lablabe/milho; S₄=milheto/milho, S₅=mucuna-preta/milho e S₆=pousio/milho). Nas subparcelas foram aplicadas quatro doses de nitrogênio em forma de uréia em cobertura nas doses de 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹. Pode-se concluir que: as espécies de cobertura que produziram mais fitomassa foram milheto e crotalária (2007/08) e as que mais acumularam nitrogênio foram mucuna-preta (2006/07) e milheto e crotalária (2007/08). No ano agrícola 2007/08 a sucessão S₁ apresentou os maiores teores de N no tecido foliar e maior MS do sabugo na ausência de adubação nitrogenada. Quando aplicado 60 kg ha⁻¹ de N a sucessão S₅ obteve maior teor de N foliar no milho. A maior produção de MS de grãos na ausência de adubação nitrogenada no ano 2007/08 ocorreu nas sucessões S₁ e S₃. O maior acúmulo de N nos grãos na ausência de adubação com N foram verificadas nas sucessões S₁, S₃ e S₅. A sucessão S₃ promoveu o maior acúmulo de N na biomassa do milho no ano 2007/08.

Palavras chave: Adubação nitrogenada, plantio direto, cobertura do solo.

COVER CROP IN PRE-SAFRA AND NITROGEN APPLICATION IN THE CORN PRODUCTION

SUMMARY - The residues produced by commercial crops usually are insufficient to produce a good soil cover. Therefore, it is necessary to introduce the system, plants capable of producing large quantities of biomass with rapid initial development and short cycle. The objective of this work was to evaluate the production of biomass and N accumulation by the plants cover, the dry biomass of corn, the N supply of corn and the grain yield of the crop due to the succession systems of plant cover in pre-safra to the corn. The experiment was conducted in the experimental area of FCAV - Unesp Jaboticabal SP, (21 ° 15 'S and 48 ° 18' W, 595 m altitude). The experimental design was randomized blocks, in split plots with four replications, where the main treatments were consisted of six succession systems (S₁ = sunn hemp/corn; S₂ = pig-bean/corn, S₃ = lablab/corn; S₄ = millet/corn, S₅ = velvetbean /corn and S₆ = fallow/maize). In the subplots were applied four rates of nitrogen as urea in coverage at doses of 0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹. It can be concluded that the species of coverage that were produced more biomass were millet and sunn hemp (2007/08) and that accumulated more nitrogen was velvetbean (2006/07) and millet and sunn hemp (2007/08). In the year 2007/08 the succession S₁ showed the highest levels of N in leaf tissue and increased MS of root in the absence of nitrogen fertilization. When applied 60 kg ha⁻¹ of N the S₅ succession was higher N level leaf and S₁ succession higher of root MS. The highest production of MS grain in the absence of nitrogen fertilization in the year 2007/08 was in S₁ and S₃ successions. The highest accumulation of N in grain in the absence of nitrogen fertilization were found in S₁, S₃ and S₅ successions. The S₃ succession promoted the highest accumulation of N in biomass of corn in the year 2007/08.

Keywords - Nitrogen fertilization, tillage, soil cover.

1. Introdução

O Brasil é um país de grande potencial agrícola, devido às condições climáticas, hidrológicas e topográficas que permitem a grande exploração do solo em quase todas as regiões do país. A grande demanda por produtos agrícolas cresce aceleradamente a cada ano graças ao aumento do contingente populacional e do consumo. Este fato, por sua vez, ocasiona uma elevada intensificação do uso do solo, que aos poucos vai sendo degradado graças à ação de implementos cada vez mais pesados, utilizados na grande maioria para as operações de preparo do solo.

Pode-se considerar ainda que a estrutura do solo é formada por compostos orgânicos e inorgânicos que quando agrupados de tal forma permitem o armazenamento de água, a aeração do solo e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas. O preparo convencional do solo, que envolve aração e várias gradagens, favorece as perdas de solo por erosão, destruindo a sua estrutura natural, pulverizando-o e o deixando exposto à ação erosiva das intempéries climáticas.

Considerando os fatores de conservação do solo, degradação ambiental, a economicidade e visando a maior produção, vem sendo utilizado, primordialmente na região Sul do país, e mais recentemente no Centro-Oeste, o plantio direto. Sistema no qual não são utilizadas práticas de revolvimento do solo (gradagem, aração, subsolagem, escarificação, etc.), permitindo de certa forma o acúmulo de material vegetal na superfície do solo, sobre a qual será semeada a cultura comercial subsequente.

O plantio direto não deve ser visto como uma receita universal, mas sim como um sistema que deve ser adaptado às condições de cada região. Nas regiões Norte e Nordeste do Estado de São Paulo, por exemplo, esta prática ainda é pouco funcional, devido ao predomínio de altas temperaturas que dificultam o acúmulo de resíduos e a formação de cobertura morta, graças a aceleração nas atividades dos microorganismos. Sem cobertura o solo se adensa mais facilmente,

retém menor quantidade de água, atinge facilmente altas temperaturas e fica mais suscetível à erosão, comprometendo todo o sistema.

Uma das soluções para estes problemas consiste no uso de plantas de cobertura, utilizadas também como adubação verde. Estas têm como objetivo final melhorar a capacidade produtiva do solo, através de todos os seus efeitos, melhorando assim a produtividade das culturas comerciais.

As plantas de cobertura são capazes de produzir grande quantidade de fitomassa, contribuindo para a formação de uma palhada sobre o solo, que aumenta a retenção de água e diminui sua perda por evaporação, além disso reduz a variação de temperatura, o impacto das gotas de chuva e os efeitos da erosão. Também tem efeito nas propriedades químicas do solo graças a reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas para a superfície, principalmente as espécies de sistema radicular profundo, diminuindo, ainda, as perdas de nutrientes por lixiviação.

Entre as plantas de cobertura utilizadas, destacam-se as gramíneas e as leguminosas. As gramíneas colaboram na manutenção de níveis elevados de matéria orgânica no solo, devido a alta relação C/N e o alto teor de lignina em sua composição, formando húmus de maior estabilidade, todavia, pode apresentar problemas em relação à disponibilidade de N (BULISANI & ROSTON, 1993). Por outro lado, as leguminosas, através de sua capacidade de fixação simbiótica do N₂ atmosférico, fornecem maiores quantidades de N ao solo e a cultura seguinte. Porém para o máximo aproveitamento do N é importante que a liberação do nutriente ocorra em sincronia com a demanda do elemento pela cultura (STUTE & POSNER, 1995). O fornecimento de N pelas leguminosas além de ser importante para a economia na adubação nitrogenada, torna-se muito interessante, pois reduz também a contaminação do lençol freático por N de origem mineral.

Na região de Jaboticabal, uma das principais dificuldades na consolidação do plantio direto é a baixa produção de matéria seca das culturas de safrinha, associada a rápida decomposição. Com o objetivo de estudar o sistema na região, foram cultivadas plantas de cobertura em pré-safra ao milho (*Zea mays* L.), em plantio direto, com a aplicação de quatro doses de nitrogênio em cobertura, visando

avaliar: a produção de matéria seca e o N acumulado pelas plantas de cobertura, a produção de matéria seca do milho, o fornecimento de N ao milho e o rendimento de grãos da cultura, considerando a sucessão de plantas de cobertura em dois anos agrícolas.

2. Revisão de Literatura

2.1 Importância do Nitrogênio na cultura do milho

O milho é o principal cereal produzido no Brasil, cultivado em cerca de 13 milhões de hectares, com produção de aproximadamente 42 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 3,5 t ha⁻¹. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com participação média de 6 % na oferta mundial desse produto, superado pelos Estados Unidos (~43 %) e pela China (~20 %) (CONAB, 2006). Entre os vários fatores que causam essa baixa produtividade, destacam-se o baixo consumo e o manejo incorreto do N, nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho, que mais influencia na resposta em produtividade de grãos e mais onera o custo de produção da cultura (AMADO et al., 2002).

De acordo com UHART & ANDRADE (1995) e ESCOSTEGUY et al. (1997), o N determina o desenvolvimento das plantas de milho, com aumento significativo na área foliar e na produção de massa de matéria seca, resultando em maior produtividade de grãos. A adubação nitrogenada deve ser empregada de modo a maximizar a produtividade (PANG et al., 1997), visto que este nutriente está sujeito a perdas no sistema solo em função de sua dinâmica. Segundo RAIJ (1991) a adubação nitrogenada é complexa e deve ser feita com cuidado, pois se, de um lado, a falta de nitrogênio pode limitar seriamente a produção, por outro, o excesso pode reduzi-la.

A maior parte do N disponível às culturas provém da interação entre dois processos: a fertilização nitrogenada e a mineralização do N dos resíduos das culturas e do N da matéria orgânica do solo (SAMPAIO & SALCEDO, 1993). A principal fonte de N no solo é a matéria orgânica e a maioria dos solos agrícolas

contém várias toneladas de N orgânico em seus perfis. No entanto, a maior parte desse N não está disponível para as plantas (URQUIAGA & ZAPATA, 2000). No Cerrado, os Latossolos, que representam 46% dos solos, apresentam teores de matéria orgânica acima de 26 g kg^{-1} , porém de baixa atividade (RESCK, 1997). Nesses solos, KOSUGE et al. (1994) encontraram variação no teor de N de 110 a 180 mg de N por 100 g de solo na camada de 0 a 15 cm, e de 110 a 150 mg de N por 100 g de solo na profundidade de 15 a 30 cm. De acordo com SUHET et al. (1986), esses solos possuem grande capacidade de suprir as plantas com nitrogênio.

A época de aplicação do fertilizante nitrogenado tem grande influência no aproveitamento deste nutriente pelo milho (MENGEL & BARBER, 1974). No entanto, não tem havido muita concordância sobre qual a melhor época de aplicação de N no SPD. Alguns resultados de pesquisa têm demonstrado vantagens na aplicação de N em pré-semeadura do milho (SÁ, 1996). Outros demonstram a necessidade de aumento da dose de N, no momento da semeadura, para suprir a carência inicial em função da imobilização, e que parte seja fornecido em cobertura (BORTOLINI et al., 2002). Contudo, existe algumas variáveis que condicionam as transformações do N no solo, que são mediadas por microrganismos, e dependem das condições edafoclimáticas, principalmente do tipo de solo, da precipitação pluvial e da temperatura (LARA CABEZAS et al., 2004); dependem, além disso, das características dos resíduos vegetais da cultura de cobertura antecessora ao milho (AMADO et al., 2002).

Nesse contexto insere-se a necessidade de estudos sobre o fornecimento de nitrogênio pelas plantas antecessoras à cultura do milho, visto: a capacidade dessas espécies em ciclar o N disponível do solo e, ou, de fixar o N_2 atmosférico; a elevada demanda em N do milho e o alto custo dos fertilizantes nitrogenados constituindo fatores que contribuem para a inclusão dessas espécies em rotação com o milho (GIACOMINI et al., 2004).

2.2 Biomassa de plantas de cobertura

Nas regiões tropicais e subtropicais, a diminuição do potencial produtivo dos solos agrícolas é atribuída, principalmente, aos processos de erosão e decomposição da matéria orgânica do solo (SÁ et al., 2001; BAYER et al., 2004). A proteção da superfície do solo com resíduos vegetais é um dos meios mais eficazes de reduzir as perdas por erosão, devido à diminuição do impacto das gotas de chuva sobre o solo, redução no selamento dos poros e na velocidade de escoamento da enxurrada. Tal proteção pode ser obtida utilizando-se de plantas de cobertura que são espécies empregadas com o objetivo de produzir fitomassa, sendo seus resíduos mantidos na superfície do solo para a formação de cobertura morta (ANDRIOLI, 2004).

Os resíduos produzidos pelas culturas comerciais, geralmente, são insuficientes para produzir uma boa cobertura do solo. Portanto, é necessário introduzir ao sistema, plantas capazes de produzir grande quantidade de fitomassa com rápido desenvolvimento inicial e ciclo curto, para que possam ser utilizadas nos sistemas de rotação de culturas e, também, que seus resíduos não sejam decompostos rapidamente, de modo que o solo permaneça coberto o maior tempo possível (PELÁ, 2002), bem como ser resistente a doenças e não atuar como hospedeira de doenças e pragas da cultura econômica; ser fácil de exterminar e ser economicamente viável (REEVES, 1994). Segundo ALVARENGA et al. (2001) e CHAVES & CALEGARI (2001) as espécies escolhidas devem crescer bem em condições de baixa a média fertilidade do solo, e devem ter capacidade de adaptação a baixos valores de pH do solo (ERNANI et al., 2001). A produção de fitomassa das espécies utilizadas como cobertura é decorrente das condições climáticas, edáficas e fitossanitárias (AMADO et al., 2002) e principalmente do seu sistema radicular. Quanto mais o sistema radicular penetrar no solo, tanto maior será a produção de biomassa, além de promover a descompactação do solo (FILHO et al., 2004).

No sistema plantio direto (SPD), a deposição superficial dos resíduos vegetais e a não-incorporação desses ao solo contribuem para diminuição das perdas de matéria orgânica por erosão e mineralização microbológica (AMADO et

al., 2002; BAYER et al., 2004). Esses fatores propiciam aumento nos teores de carbono orgânico, da CTC e de nutrientes no solo, especialmente de N (CORAZZA et al., 1999), constituindo o principal reservatório deste nutriente para as culturas em SPD, sobretudo para aquelas que não fixam N_2 da atmosfera (GONÇALVES et al., 2000; AMADO et al., 2002).

A adubação verde é conhecida desde a antigüidade. No início do século passado, GRANATO (1924) a definia como uma prática agrícola programada que consiste na incorporação ou não de material vegetal, com a finalidade de manter ou melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo. Em razão do efeito positivo alcançado pela interação entre adubo mineral e adubação verde, é possível obter rendimentos maiores do que pelos seus empregos isolados (DEBRUCK & BOGUSLANESKI, 1979; JERANYAMA et al., 2000).

O uso agrícola economicamente viável de muitos solos arenosos e pobres em nutrientes, com baixo teor de matéria orgânica, em muitas regiões do mundo, tornou-se possível somente após a introdução da adubação verde (DERPSCH et al., 1991).

O cultivo de adubos verdes na entressafra, sobretudo de leguminosas, antecedendo a cultura do milho em SPD, tem sido uma alternativa promissora na suplementação de N (SÁ, 1996; GONÇALVES et al., 2000; AMADO et al., 2002). No entanto, pesquisas em que foi utilizado N marcado indicam que a maior proporção de N na biomassa de adubos verdes tem como destino o solo (HARRIS & HESTERMAN, 1990; SCIVITTARO et al., 2003). A qualidade do resíduo vegetal, principalmente sua relação C/N, influencia diretamente a taxa de decomposição e imobilização/mineralização do N (MURAOKA et al., 2002) e, conseqüentemente, o aproveitamento do N destes resíduos, do N fertilizante e do N nativo do solo pelo milho (LARA CABEZAS et al., 2004; FIGUEIREDO et al., 2005).

A cultura de cobertura antecessora já constitui um dos critérios para a recomendação de adubação nitrogenada para o milho em sistema plantio direto (SPD), nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (AMADO et al., 2002). Para as condições edafoclimáticas do Cerrado, SOUSA & LOBATO (2004) recomendam considerar, dentre os critérios para o cálculo da dose de N para o

milho, a contribuição do N mineralizado dos resíduos das três últimas culturas de verão, por meio de um fator específico para gramíneas ou leguminosas. Na região do Cerrado, as gramíneas têm sido mais utilizadas como plantas de cobertura, com destaque para o milheto e braquiárias, não só pela maior tolerância destas espécies ao déficit hídrico com maior produção de biomassa (LARA CABEZAS et al., 2004) e do menor custo das sementes, mas também pelas elevadas temperaturas associadas à alta umidade no verão que promovem rápida decomposição dos resíduos vegetais de baixa relação C/N (SOUSA & LOBATO, 2004).

A escolha da espécie que será semeada em sucessão é também determinante no sucesso do sistema plantio direto (ARGENTA et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2002). Segundo CERETTA et al. (2002), o sucesso do plantio direto depende da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano, o que significa que áreas destinadas às culturas de primavera-verão não devem permanecer em pousio durante o inverno. O sistema plantio direto propicia a antecipação da semeadura por dispensar o tempo gasto no preparo do solo. Conforme ALVARENGA et al. (2001), 6 t ha^{-1} de matéria seca na superfície é a quantidade suficiente para se obter boa cobertura do solo.

Dentre as espécies regulares, que podem variar em função da região e de espécie de semeadura (outono e primavera) os pesquisadores destacaram: milheto, aveia preta, nabo forrageiro, soja, girassol; e, como leguminosas de verão: mucuna-preta, feijão bravo do ceará, crotalária e feijão guandu (ANDRIOLI, 2004).

A produção de matéria seca do milheto tem variado entre $3,7$ a $11,8 \text{ t ha}^{-1}$ (FRANÇA & MADUREIRA, 1989; SEGUY & BOUZINAC, 1995; PELÁ, 2002; TORRES, 2003; BERTIN et al., 2003; SUZUKI & ALVES, 2006). Por outro lado, a produção de matéria seca da crotalária variando de $1,6$ a $16,1 \text{ t ha}^{-1}$ (DE POLLI & CHADA, 1989; ALVARENGA et al., 1995; CARVALHO et al., 1996; PELÁ, 2002; TORRES, 2003; BERTIN et al., 2003; SUZUKI & ALVES, 2006); e a do lab-lab variando de $3,7$ a $7,1 \text{ t ha}^{-1}$ (ALVARENGA et al., 1995; FÁVERO et al., 2000;

BERTIN et al., 2003). A produção de MS do feijão-de-porco tem variado entre 2,7 a 7,0 t ha⁻¹ (TEIXEIRA et al., 2005; BEUTLER et al., 1997; WILDNER & DALDATO, 1991). A variação dos dados sugeridos ocorre graças às diferentes condições de clima, fertilidade natural dos solos, topografia e até mesmo altitude dos locais onde foram realizados estes experimentos.

2.3 Fornecimento de nitrogênio e produtividade das culturas

O cultivo de plantas de cobertura do solo na entressafra, em SPD, principalmente de leguminosas, tem demonstrado ser uma alternativa promissora na suplementação de N para o milho (GONÇALVES et al., 2000). A qualidade do resíduo vegetal, sobretudo sua relação C/N, e a disponibilidade de N mineral na solução do solo influenciam diretamente a taxa de decomposição (AMADO et al., 2002). A elevada capacidade de absorção de N das gramíneas, em função do seu sistema radicular abundante, constitui-se numa importante estratégia para a reciclagem desse nutriente, durante a entressafra (SÁ, 1996; AMADO et al., 2002).

As leguminosas caracterizam-se pela capacidade de fixar o N₂ atmosférico e pela estreita relação C/N, o que confere uma rápida mineralização do N presente em seus resíduos culturais (HEINZMANN, 1985; STUTE & POSNER, 1995). Como a maior parte desse N é liberada durante a fase inicial da decomposição, onde a demanda em N pela cultura em sucessão é baixa, o N poderá acumular-se no solo, aumentando o potencial de perdas via volatilização de amônia, denitrificação e, ou, lixiviação de nitrato (HUNTINGTON et al., 1985; RANNELS & WAGGER, 1996; AITA et al., 2001). As gramíneas, por outro lado, embora demonstrem grande habilidade em absorver nitrato (N-NO₃⁻) durante o inverno (RANELLS & WAGGER, 1997), apresentam uma palhada com elevada relação C/N, o que resulta, na maioria dos casos, em imobilização microbiana de N, diminuindo a quantidade de N disponível no solo (RANELLS & WAGGER, 1997; AMADO, 1997; VAUGHAN et al., 2000).

Entre as leguminosas usadas para adubação verde, o feijão-de-porco (*Canavalia eusiformis*) é uma das mais propícias para o cultivo consorciado, por

suas características morfológicas e fisiológicas. Essa espécie possui ampla adaptação às condições de luz difusa (HENRICHS et al., 2002), tolerando o sombreamento parcial pela cultura principal. Também apresenta rápido crescimento inicial (ALVARENGA et al., 1995), o que dificulta o estabelecimento de espécies invasoras pelo sombreamento.

HEINRICHS et al. (2002) estudaram quatro consórcios de milho com leguminosas e observaram que os efeitos positivos do feijão-de-porco na produção de grãos de milho foram significativos somente no segundo ano de adoção do cultivo consorciado. Os autores concluíram que a semeadura simultânea foi a prática mais recomendável, considerando-se a ausência de redução da produção de grãos de milho e a redução da operação pós-plantio.

Por meio do consórcio entre plantas de cobertura, é possível controlar a velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais, já que a fitomassa obtida apresenta uma relação C/N intermediária àquela das culturas solteiras (GIACOMINI, 2001). Para maximizar o aproveitamento do N acumulado pelos consórcios entre plantas de cobertura de solo no outono/inverno, a liberação do N dos resíduos culturais deverá ocorrer em sincronia com a demanda de N das culturas comerciais em sucessão (STUTE & POSNER, 1995). Se o N mineral estiver disponível precocemente, podem ocorrer perdas do nutriente por lixiviação de N-NO_3^- e, ou, desnitrificação (ROSECRANCE et al., 2000). Por outro lado, se a liberação do N for excessivamente tardia, poderá haver prejuízos na produtividade das culturas (HUNTINGTON et al., 1985). O desafio maior está, portanto, em estabelecer consórcios entre espécies de outono/inverno que permitam atender à demanda em N pelas culturas comerciais de forma equilibrada.

O SPD, quando bem manejado, tem proporcionado produtividade de milho superior à de outros sistemas de cultivo, como o sistema convencional e cultivo mínimo (FERNANDES et al., 1998). No entanto, há necessidade de mais estudos para o entendimento da dinâmica dos nutrientes nesse sistema de cultivo, principalmente do N, por ser o nutriente exigido em maiores quantidades, por ser o principal responsável pelo aumento na produtividade da cultura de milho

(FERNANDES et al., 1998), além de ser o que, geralmente, mais onera o custo de produção (VITTI et al., 1999).

AITA et al. (2001), ao avaliar o uso de gramínea, leguminosa e pousio no inverno, evidenciaram a possibilidade de redução das quantidades de N mineral aplicada ao milho, quando cultivado depois das leguminosas. DE-POLLI & CHADA (1989), ao estudar a adubação verde incorporada ou em cobertura, na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade, verificaram que essa adubação proporcionou rendimento de grãos maior do que a de N mineral, e foi até quatro vezes superior à do tratamento controle. Nesse contexto, estabeleceu-se a hipótese de que o uso combinado de uma fonte inorgânica de N, com adubos verdes, poderia aumentar a eficiência de utilização de N do fertilizante pelo milho cultivado em SPD.

A resposta das culturas não depende apenas da natureza da espécie de cobertura, mas também das propriedades do solo, das características da cultura principal e do clima (DE-POLLI & CHADA, 1989).

POTTKER & ROMAN (1994) afirmam que a resposta do milho a N, em plantio direto, depende do tipo de cobertura vegetal precedente, destacando o potencial das leguminosas, ervilhaca comum e chícaro (*Lathyrus sativus* L.) em relação à aveia preta, que proporcionou os menores teores de N nas plantas e nos grãos.

Na região de Jaboticabal/SP, ANDRIOLI (2004) verificou maior absorção de N pelas plantas de milho e maior rendimento de grãos da cultura em sucessão à crotalária júncea, comparado ao lablabe e ao milheto. CARVALHO et al. (1996) também observaram maior contribuição das leguminosas (crotalária júncea e ochroleuca – *Crotalaria ochroleuca*, guandu, feijão-de-porco, mucuna-preta) comparadas a uma gramínea (*Brachiaria ruziziensis*) na produtividade do milho, em região de Cerrado.

Em estudo conduzido no Estado de Nova York (EUA), SARRANTONIO & SCOTT (1988), verificaram, em plantio convencional e direto, aumento da produção de milho e na absorção de N pela cultura, quando cultivado em sucessão a ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth) e sem adubação nitrogenada de

cobertura, comparado ao milho que não foi cultivado após ervilhaca e também não recebeu N em cobertura. Concluíram ainda, baseados na produção de matéria seca e conteúdo de N do milho, que a ervilhaca foi equivalente a aproximadamente 52 e 17 kg ha⁻¹ de N em cobertura, no plantio convencional e direto, respectivamente.

As leguminosas feijão-de-porco, crotalária *spectabilis* e guandu-anão, cultivadas na primavera, em Santa Maria/RS, foram eficientes no aumento da disponibilidade de N para a cultura do milho em sucessão, sendo que o feijão-de-porco se destacou pelas quantidades adequadas de N nas folhas da cultura e no rendimento de grãos (CERETTA et al., 1994).

Em ensaio com isótopo marcado ¹⁵N, na região de Piracicaba/SP, SCIVITTARO et al. (2000) observaram que o maior fornecedor de N acumulado às plantas de milho foi o solo, seguido pela uréia e mucuna-preta, da qual os resíduos foram incorporados ao solo antecedendo o plantio do milho. O aproveitamento de uréia pelo milho foi maior que o da mucuna, sendo que os melhores efeitos foram proporcionados pela combinação dessas duas fontes. Na mesma região, HEINRICHS et al. (2002) realizaram um trabalho com adubos verdes (mucuna-anã – *Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr, guandu-anão, crotalária *spectabilis* e feijão-de-porco) em cultivo intercalar com o milho, em dois anos agrícolas. Os autores evidenciaram que a maior influência da adubação verde no fornecimento de N foi no segundo ano agrícola, mostrando que tal prática contribui para a cultura em sucessão. Além do mais, o estado nutricional e a produção de grãos de milho apresentaram melhores resultados no cultivo consorciado com feijão-de-porco.

AMADO et al. (1999), em ensaio desenvolvido na região Sul do Brasil com milho em sucessão a plantas de cobertura, observaram que os maiores rendimentos de grãos foram atingidos quando as espécies que antecederam foram as leguminosas, comparado a aveia preta. Apesar do incremento na capacidade de suprimento de N do solo pelo uso de leguminosas por longo prazo (efeito residual), a presença de resíduos imediatamente antes da cultura econômica foi a principal responsável pela nutrição do milho (efeito imediato) na

ausência de adubação mineral nitrogenada. Do mesmo modo HEINZMANN (1983) assegura que o maior aproveitamento de N se dá quando são deixados períodos curtos entre o manejo e o plantio da cultura seguinte.

Em experimento conduzido em Santa Maria/RS com plantas de cobertura de inverno e de verão, BEUTLER et al. (1997) concluíram que as espécies de verão (mucuna-cinza e feijão-de-porco) acumularam o dobro de N na fitomassa comparadas as de inverno (aveia preta, ervilhaca comum e tremoço azul – *Lupinus angustifolius* L.) e que a contribuição aparente de N pelos adubos verdes foi de 8,4; 18,6; 21,4 e 21,5 kg ha⁻¹ de N pela aveia+ervilhaca, tremoço, mucuna e feijão-de-porco, respectivamente.

Deve-se considerar que a magnitude de substituição da adubação nitrogenada mineral do milho pelas leguminosas de cobertura depende de diversos fatores, dentre os quais pode-se destacar a quantidade de N acumulado pelas leguminosas, a velocidade com que o nutriente é liberado dos resíduos culturais, a disponibilidade de N do solo, o potencial de rendimento do milho e o nível tecnológico empregado na cultura (AITA et al., 2001).

3. Material e métodos

3.1 Caracterização do meio físico

A área experimental situa-se na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção no Campus da Unesp, no município de Jaboticabal, na porção Centro-Norte do Estado de São Paulo. Situando-se nas coordenadas 21° 15' 22" latitude Sul e 48° 18' 58" longitude Oeste. A área experimental está localizada a uma altitude média de 595 metros ao nível do mar, com relevo caracterizado como suave ondulado.

O clima é do tipo mesotérmico de inverno seco, sendo classificado pelo Sistema Internacional de Koppen como Cwa, subtropical úmido com estiagem no inverno. A pluviosidade média anual é de 1285 mm. A temperatura média anual é de 22,4 °C, enquanto que a média das máximas e das mínimas estão em torno de

24,5 °C e 18,8 °C, de acordo com a Estação Agroclimatológica da FCAV/Unesp, Campus de Jaboticabal.

O experimento foi desenvolvido em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado (ANDRIOLI & CENTURION, 1999). A análise química do local do experimento está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades químicas do solo da área experimental.

pH	MO	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%
5,4	23	45	3,4	24	15	28	42,4	70,4	60

3.2 Histórico da área

A área onde foi instalado o experimento vem sendo cultivada em plantio direto desde a safra 1998/99. No segundo semestre de 2000, iniciou-se experimento utilizando sucessão de plantas de cobertura, em pré-safra. Em todos os anos, as plantas de cobertura foram semeadas em setembro e manejadas em dezembro ou janeiro, quando posteriormente foi semeada a cultura do milho, com exceção do ano agrícola 2003/04 em que não foi possível cultivar plantas de cobertura devido ao atraso no início das chuvas. Os tratamentos referentes às sucessões de plantas de cobertura da área do experimento estão representados na tabela 2.

Tabela 2. Representação dos tratamentos realizados anteriormente na área deste trabalho.

2000/01	2001/02	2002/03	2004/05	2005/06	2006/07
Plantas de Cobertura					
Braquiária	Crotalária juncea	Crotalária júncea	Crotalária júncea	Crotalária júncea	Crotalária júncea
Crotalária juncea	Crotalária spectabilis	Feijão-de-porco	Feijão-de-porco	Feijão-de-porco	Feijão-de-porco
Guandu	Milheto	Lablabe	Lablabe	Lablabe	Lablabe
Milheto	Mucuna preta	Milheto	Milheto	Milheto	Milheto
Mucuna preta	Pousio	Mucuna preta	Mucuna preta	Mucuna preta	Mucuna preta
Pousio	Sorgo	Pousio	Pousio	Pousio	Pousio

3.3 Tratamentos e Delineamento experimental

Nos dois anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08 foram utilizados delineamento experimental em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos principais representados pelas culturas de cobertura em pré-safra à cultura do milho: crotalária júncea (*Crotalaria juncea* L.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC.), lablabe (*Dolichos lablab* L.), milheto (*Pennisetum americanun* (L.) Leeke), mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (PIPPER & TRACY) Merr.) e pousio (vegetação espontânea). Os tratamentos nas subparcelas foram quatro doses de N em cobertura (0, 60, 120 e 180 kg ha de N), na forma de uréia, na cultura do milho. As parcelas foram divididas em subparcelas na ocasião da adubação em cobertura. Portanto foram seis tratamentos principais, quatro secundários e quatro repetições, totalizando 96 subparcelas.

Os tratamentos referentes às sucessões de plantas de cobertura em pré-safra estudadas no período de 2006/07 a 2007/08 estão apresentados na Tabela 3.

3.4 Instalação e condução do ensaio

No ano agrícola 2006/07, as espécies de cobertura foram semeadas, em plantio direto, sem adubação, dia 26/09/2006, com semeadora para plantio direto tratorizada com exceção da mucuna-preta e o feijão-de-porco que foram semeados manualmente com auxílio de matraca, em virtude da característica da semente. Na semeadura foi utilizado espaçamento entre linhas de 0,45m para todas as espécies. As quantidades de sementes de cada espécie por metro linear foram as seguintes: 25; 5; 10; 70 e 7 correspondendo respectivamente à crotalária júncea; feijão-de-porco; lablabe; milheto e mucuna-preta.

Setenta dias após a semeadura (DAS) das plantas de cobertura, fez-se amostragem em 2 pontos ao acaso em cada parcela, com o auxílio de um quadrado metálico de 1 m² de área. No mesmo dia também foi realizado em levantamento das plantas invasoras que se desenvolveram na área em pousio, estas foram as seguintes: apaga-fogo, caruru, carrapicho-de-carneiro, picão-preto,

cordão-de-frade, corda-de-viola, capim amargoso, capim carrapicho, capim colchão, capim de Rodhes.

No dia 20-12-2006, 85 DAS, quando as plantas de cobertura apresentavam-se em pleno florescimento, estas foram dessecadas com o herbicida glyphosate e no dia seguinte foi realizada a semeadura direta do milho. Foi utilizado o híbrido Garra, com espaçamento 0,90 entre linhas e seis plantas por metro linear. Na ocasião da semeadura foram utilizados 400 kg ha⁻¹ do formulado 4-20-20 (N-P₂O₅-K₂O). A adubação em cobertura realizada à lanço e nas linhas (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N) na forma de uréia em período vegetativo correspondente V₅ a V₇ da cultura do milho.

No estágio de ocorrência de 50% do pendramento foi realizada a amostragem de folhas de milho para a diagnose foliar.

Cada subparcela experimental foi constituída por 4,5 m de comprimento por 7 m de largura a colheita do milho foi realizada em uma área útil de 13,5 m² dentro de cada subparcela, com auxílio de uma colhedora especial para áreas experimentais.

No ano agrícola de 2007/08 foram realizados os mesmos procedimentos anteriormente descritos apenas diferindo nos seguintes aspectos: a quantidade de sementes por metro linear das plantas de cobertura: 24; 7; 17; 48 e 7 correspondendo respectivamente à crotalária júncea; feijão-de-porco; lablabe; milheto e mucuna-preta e as datas da semeadura das plantas de cobertura (10-11-2007), avaliação das plantas (07-02-2008), dessecação (08-02-2008), semeadura do milho (11-02-2008), e colheita do milho (03-07-2008) foram diferentes devido à um atraso no início das chuvas no final do ano de 2007. O híbrido de milho mudou para Soma, da empresa Syngenta.

Tabela 3. Esquema dos tratamentos realizados neste trabalho.

2006/07		2007/08			
	PC	Cultura	PC	Cultura	N
S ₁	Crotalária júncea <i>Crotalaria juncea</i> L.	Milho	Crotalária júncea <i>Crotalaria juncea</i> L.	Milho	N ₀
					N ₆₀
					N ₁₂₀
					N ₁₈₀
S ₂	Feijão-de-porco <i>Canavalia ensiformis</i> DC.	Milho	Feijão-de-porco <i>Canavalia ensiformis</i> DC.	Milho	N ₀
					N ₆₀
					N ₁₂₀
					N ₁₈₀
S ₃	Lablabe <i>Dolichos lablab</i> L.	Milho	Lablabe <i>Dolichos lablab</i> L.	Milho	N ₀
					N ₆₀
					N ₁₂₀
					N ₁₈₀
S ₄	Milheto <i>Pennisetum</i> <i>americanum</i> (L.) Leeke	Milho	Milheto <i>Pennisetum</i> <i>americanum</i> (L.) Leeke	Milho	N ₀
					N ₆₀
					N ₁₂₀
					N ₁₈₀
S ₅	Mucuna preta <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Merr.	Milho	Mucuna preta <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Merr.	Milho	N ₀
					N ₆₀
					N ₁₂₀
					N ₁₈₀
S ₆	Pousio	Milho	Pousio	Milho	N ₀
					N ₆₀
					N ₁₂₀
					N ₁₈₀

S = sucessões de culturas; PC = plantas de cobertura; N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀ = doses de 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, aplicadas na adubação em cobertura na cultura do milho, caracterizando os tratamentos secundários.

Na Figura 1 e 2 são apresentados os valores de precipitação pluvial e temperatura média do ar durante os dois anos agrícolas de 2006/07 e 2007/08, respectivamente, correspondendo estes desde a semeadura das plantas de cobertura até a colheita do milho.

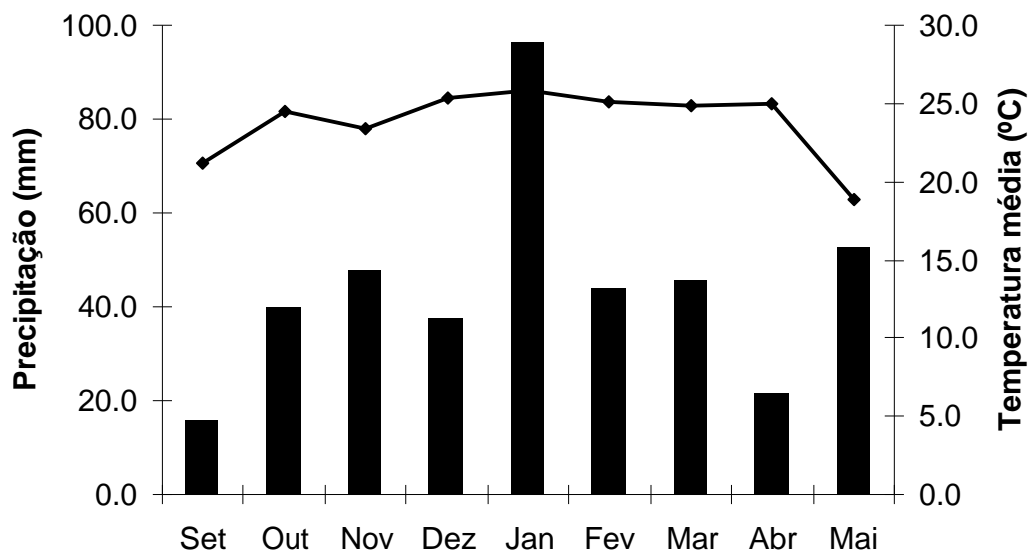


Figura 1. Valores de precipitação e temperaturas médias mensais durante o cultivo das plantas de cobertura e safra de milho 2006/07.

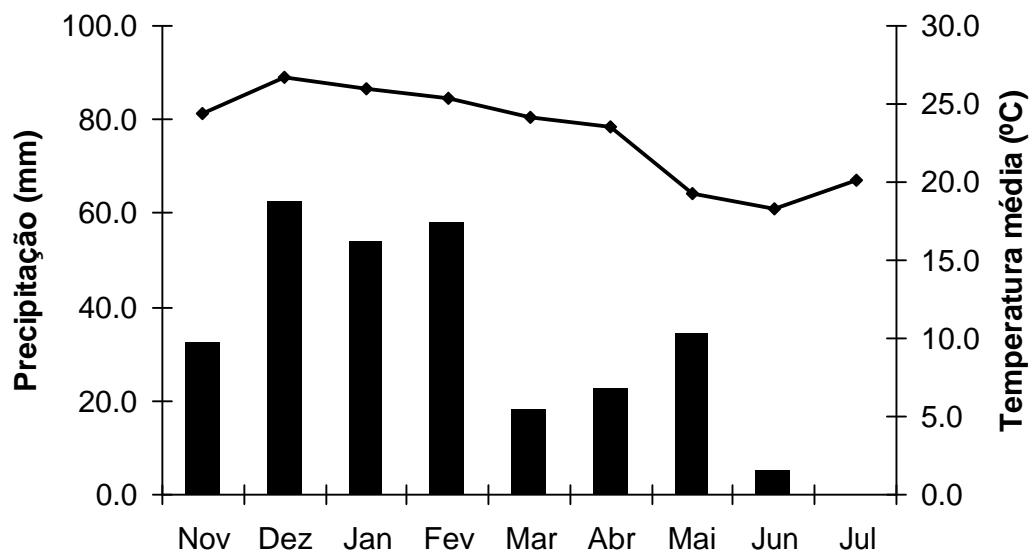


Figura 2. Valores de precipitação e temperaturas médias mensais durante o cultivo das plantas de cobertura e safra de milho 2007/08.

3.5 Avaliações

3.5.1 Plantas de cobertura

Com auxílio de um quadrado metálico de 1 m² de área fez-se a coleta de duas amostras por parcela, lançado aleatoriamente, coletando-se todo o material contido na área delimitada por este, para avaliação da matéria seca produzida e o acúmulo N total das plantas de cobertura. O material vegetal foi levado ao laboratório, lavado com solução detergente 0,1%, solução HCl 1% e água destilada nesta seqüência e secas em estufa de circulação forçada a 65 °C até peso constante para estimativa da produção de matéria seca (MS). Posteriormente o material foi moído e encaminhado para análise de N total de acordo com a metodologia proposta por BATAGLIA et al. (1983). O N acumulado (em kg/ha) foi estimado a partir do teor nutriente presente em cada amostra (N total), multiplicado pela massa da matéria seca estimado em t ha⁻¹.

3.5.2 Diagnose foliar nitrogenada

Avaliou-se o estado nutricional da cultura do milho em cada subparcela a partir de, 27 amostras do terço central da folha da base da espiga, após o aparecimento de 50% da inflorescência masculina (pendão), segundo metodologia descrita em RAIJ et al. (1996). As folhas foram lavadas sequencialmente com solução detergente 0,1%, em seguida solução HCl 1% e água destilada, secas em estufa a 65 °C até peso constante, moídas e encaminhadas para análise de N total.

3.5.3 Matéria seca, nitrogênio total e nitrogênio acumulado, eficiência de utilização de nitrogênio (EU)

Foram coletadas, no estágio de maturação fisiológica do milho, cinco plantas por subparcela, as quais foram separadas em folha, colmo, palha da espiga, sabugo e grão. As partes da planta foram lavadas em solução detergente a 0,1%, em seguida solução HCl 1% e água destilada, nesta seqüência, e secas em estufa

a 65 °C até peso constante, para estimativa da produção de matéria seca (MS). Posteriormente foram moídas e encaminhadas para a análise de N total.

O N acumulado foi estimado pela multiplicação da concentração de N total na MS e da produção estimada de MS por área.

A eficiência de utilização de N pelas plantas de milho (EU), foi estimada conforme expressão de SIDDIQI & GLASS, citados por FERNANDES et al. (1998):

$$EU = (\text{kg de MS da biomassa})^2 / (\text{mg de N acumulado na MS da biomassa})$$

em que:

Biomassa = palhada + grão

Parte aérea = folha + colmo + palha + sabugo

3.5.4 Produção de grãos

Os grãos de milho foram colhidos com máquina colhedora de parcelas, em uma área de 13,5 m² dentro de cada subparcela, constituída de 3 fileiras centrais de 5 m cada, eliminando-se 1 m em cada extremidade da subparcela. O teor de água foi corrigido a 13%.

3.5.5 Análises químicas

As análises de N total no material vegetal foram realizadas de acordo com metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983).

As determinações analíticas nas amostras de solo seguiram os métodos descritos por RAIJ et al. (2001).

3.5.6 Análise estatística

Os resultados referentes às avaliações das espécies de cobertura foram analisados conforme delineamento em blocos casualizados, enquanto os demais, de acordo com o delineamento em blocos casualizados com parcelas

subdivididas. Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e para comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todos as análises de material vegetal que tiveram significância nos tratamentos secundários (doses de N) foram submetidos à análise de regressão polinomial polinomial.

4. Resultados e discussão

4.1 Plantas de cobertura

4.1.1 N total, matéria seca e N acumulado

As concentrações de N total, matéria seca (MS) da parte aérea das plantas de cobertura, bem como a quantidade de N acumulado nas mesmas, referentes aos dois anos agrícolas 2006/07 e 2007/08 são apresentadas na Tabela 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4. Concentrações de N total, matéria seca (MS) e N acumulado na parte aérea das plantas de cobertura no ano 2006/07.

Planta de cobertura	N total ----- g kg ⁻¹ -----	MS ----- t ha ⁻¹ -----	N acumulado ----- kg ha ⁻¹ -----
Crotalária-júncea	26,5	4,2 a	110,1 ab
Feijão-de-porco	23,4	4,9 a	112,8 ab
Lablabe	23,3	4,0 a	93,4 ab
Milheto	18,7	3,8 a	70,8 bc
Mucuna-preta	25,3	5,4 a	136,9 a
Pousio	24,3	1,7 b	40,6 c
CV (%)	26,5	19,6	27,0

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

Tabela 5. Concentrações de N total, matéria seca (MS) e N acumulado na parte aérea das plantas de cobertura no ano 2007/08.

Planta de cobertura	N total ----- g kg ⁻¹ -----	MS ----- t ha ⁻¹ -----	N acumulado ----- kg ha ⁻¹ -----
Crotalária-júncea	11,5 c	18,5 a	212,6 a
Feijão-de-porco	27,7 a	5,1 b	141,1 a
Lablabe	19,6 b	8,4 b	166,4 a
Milheto	8,4 c	21,0 a	181,5 a
Mucuna-preta	24,0 ab	5,5 b	133,3 ab
Pousio	9,8 c	5,7 b	56,4 b
CV (%)	17,82	14,93	24,3

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

No ano 2006/07, o menor teor de N total foi encontrado no milho, porém sem diferença significativa entre os tratamentos. No ano 2007/08, por outro lado, observa-se que os menores teores de N total foram encontrados no milho, crotalária e vegetação espontânea (pousio) diferindo estatisticamente das demais leguminosas. Tais resultados confirmam em partes a relação estabelecida por DE-POLLI & CHADA (1989) de que o teor de N é maior nas espécies leguminosas, uma vez que o teor de N na crotalária não diferiu do milho.

A produção de MS pelo pousio foi a menor e a única que diferiu significativamente em relação aos demais tratamentos no ano 2006/07. No mesmo ano a mucuna-preta e o feijão-de-porco apresentaram os maiores valores (5,42 e 4,86 kg ha⁻¹, respectivamente), semelhantes aos encontrados no ano seguinte (5,52 e 5,08 kg ha⁻¹, respectivamente) e ainda semelhante ao encontrado por BEUTLER et al. (1997) e FAVERO et al. (2000), todavia diferentemente de BERTIN et al. (2005) que em estudo com as mesmas plantas de cobertura na mesma região, obteve o menor valor proporcionado pela mucuna-preta. No ano 2007/08 observa-se que a produção de MS foi elevada em todos os tratamentos, sobressaindo a produção da crotalária-júncea e do milho (18,47 e 21,01 t ha⁻¹, respectivamente), esses resultados são semelhantes aos observados por BERTIN et al. (2005) e ANDRIOLI (2004) onde a produção de MS do milho foi maior em relação às demais plantas de cobertura.

A produção crescente de matéria seca durante os dois anos agrícolas ocorreu, provavelmente, devido à variação interanual das chuvas, fato observado nas figuras 1 e 2, qualidade das sementes, infestação de plantas daninhas e estande. Variação interanual na produção de MS de plantas de cobertura também foi observada por SPAGNOLLO (2002). Em Uberaba/MG, TORRES (2003) avaliando várias espécies de plantas de cobertura semeadas em agosto de 2000, observou que milho teve maior rendimento de MS (10,28 t ha⁻¹) seguido de sorgo (7,06 t ha⁻¹), braquiária (6,03 t ha⁻¹) e crotalária (3,87 t ha⁻¹). Deve-se salientar, entretanto, que os valores de MS das plantas de cobertura obtidos no ano de 2007/08, devem-se em parte, à suplementação hídrica realizada

principalmente na fase de germinação e início do desenvolvimento das plantas (Figura 2).

No ano 2006/07 a quantidade de N acumulado na parte aérea das plantas foi mais expressiva para a mucuna-preta, seguido do feijão-de-porco, crotalária-júncea e lablabe, que não diferiram entre si. Houve diferença significativa entre o milho, apresentando valor acumulado de $70,75 \text{ kg ha}^{-1}$, valor semelhante ao encontrado por GUIMARÃES (2000), não havendo diferença significativa em relação ao pousio que proporcionou o valor mais baixo, devido às baixas concentrações de N em seus tecidos (N total) e à produção de MS relativamente baixa. Por outro lado no ano 2007/08 as maiores quantidades de N acumulado foram na crotalária-júncea, milho, lablabe e feijão-de-porco que não diferiram entre si. Entretanto o N acumulado na mucuna-preta não diferiu significativamente do pousio, isto se deve principalmente ao fato da baixa produção de MS pela mucuna-preta neste ano. SILVA et al. (2006a) em experimento com crotalária e milho observaram efeito semelhante a este experimento com relação ao N acumulado por estas plantas de cobertura durante 2 anos, a crotalária teve maior acúmulo nos dois anos sendo diferente significativamente do milho e do pousio. Em experimento com diversas plantas de cobertura antecedendo o milho BEUTLER et al. (1997) obtiveram o maior acúmulo de N pelo feijão-de-porco com $161,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N na fitomassa, dados semelhantes aos dois anos agrícolas deste experimento.

No caso do milho, provavelmente, pequena parte do N dos resíduos dessa planta foi mineralizada durante o ciclo da cultura do milho, em razão da alta relação C/N e de ser o sistema de cultivo o SPD. Isso leva a uma decomposição mais lenta, em virtude do menor contato dos resíduos com o solo e, conseqüentemente, da menor atividade microbiana (SÁ, 1996; AMADO et al., 2002). Dessa maneira o milho torna-se muito importante para promover uma boa cobertura do solo, principalmente em regiões de Cerrado em virtude das altas temperaturas e umidade, no verão, promoverem uma rápida decomposição dos resíduos de baixa relação C/N (GONÇALVES et al., 2000; LARA CABEZAS et al., 2004).

4.2 Cultura do milho

4.2.1 Diagnose foliar nitrogenada

A diagnose foliar nitrogenada do milho durante os dois anos agrícolas é apresentada na Tabela 6.

No ano 2006/07 a diagnose foliar nitrogenada do milho foi maior quando seguida da sucessão S1 (crotalaria/milho) 25,6g kg⁻¹, diferindo significativamente das demais sucessões mostrando, assim, maior eficiência deste tratamento no aproveitamento do N disponível, o que poderá ter contribuído para o seu maior rendimento de grãos. Observa-se também que o menor valor para o acúmulo de N total nas folhas de milho foi menor para a sucessão 3 (lablabe/milho) 22,2 g kg⁻¹, este que por sua vez não diferiu das demais sucessões, apenas diferindo da sucessão 1. Por outro lado não houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio em cobertura nesse ano para o parâmetro avaliado, diferentemente do observado por CASA GRANDE & FILHO (2000) que observaram que os teores de N foliares aumentaram de acordo com o aumento nas doses de N aplicadas.

Tabela 6. Diagnose foliar nitrogenada do milho em função das sucessões de plantas de cobertura (S) e doses de N (N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀).

	2006/07	2007/08
	----- g kg ⁻¹ -----	
S1	25,6 a	28,7 a
S2	22,7 b	28,2 ab
S3	22,2 b	28,3 ab
S4	22,4 b	27,8 ab
S5	23,0 ab	28,8 a
S6	24,4 ab	26,3 b
CV (%)	10,22	6,89
N ₀	22,6 a	27,3 bc
N ₆₀	24,6 a	27,1 c
N ₁₂₀	22,6 a	28,8 ab
N ₁₈₀	23,8 a	29,0 a

CV (%)	13,45	7,20
S x N	ns	*

S1=Crotalaria/Milho, S2=Feijão-de-porco/Milho, S3=Lablabe/Milho, S4=Milheto/Milho, S5=Mucuna-preta/Milho e S6=Pousio/Milho. N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀ = 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura. *=significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

De acordo com RAIJ et al. (1996) a faixa de teor de N considerado adequado ao milho está entre 27 e 35 g kg⁻¹, dessa forma observa-se que durante o ano 2006/07 nenhum dos tratamentos utilizados inseriu-se na faixa adequada. Nesse contexto SILVA et al. (2005), estudando doses e épocas de aplicação de N na cultura do milho, observaram que para a maioria das doses de N estudadas, os teores de N nas folhas foram inferiores ao descrito como adequado. Isso pode ser uma característica do híbrido utilizado, visto que, nos tratamentos em que se obtiveram produtividades de grãos acima de 7.000 kg ha⁻¹, os teores de N foliar não atingiram o valor considerado como adequado, indicando que, talvez, no SPD, em virtude da menor variação de temperatura e, ou, umidade, as faixas adequadas possam se situar um pouco abaixo dos teores adequados para o milho cultivado no sistema convencional. Assim, MUZILLI (1983), estudando efeito de preparos do solo e rotação de culturas, também constatou menores teores de N foliar no SPD. Tal fato, porém, foi atribuído à maior perda de N por lixiviação.

No mesmo experimento SILVA et al. (2005) observaram que com o aumento da dose de N aplicada até 145 kg ha⁻¹, houve aumento no teor de N foliar do milho. Entretanto MELLO et al. (1988), avaliando efeito de doses no teor de N total na folha, observaram efeito positivo e significativo da dose somente até 60 kg ha⁻¹ de N, provavelmente pelo fato de o solo utilizado ter fornecido parte do N à cultura.

No ano 2007/08 os maiores teores de N no milho foram obtidos pelas sucessões 5 e 1 (mucuna-preta/milho) e (crotalaria/milho) iguais a 28,8 e 28,7 g kg⁻¹, respectivamente, estas diferiram significativamente das demais sucessões. O menor teor foliar de N foi na sucessão 6 (pousio/milho) de valor 26,3 g kg⁻¹, observa-se que neste caso os teores inserem-se na faixa considerada adequada por RAIJ et al. (1996), com exceção à última. Com relação às doses de N

aplicadas neste ano (2007/08) observa-se que houve aumento linear do teor de N nas folhas à medida que aumentaram-se as doses de N, fato que se assemelha ao obtido por CASA GRANDE & FILHO (2000). A interação sistemas de sucessão e doses de N apresentou diferença significativa para diagnose foliar de N no milho no ano 2007/08, como mostra a Figura 3.

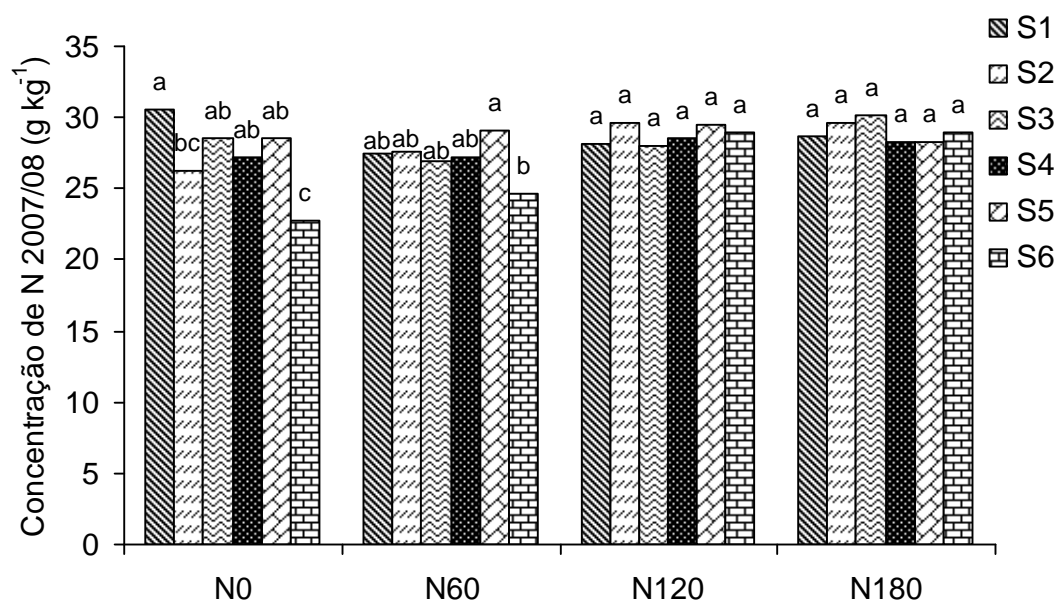


Figura 3. Concentração de nitrogênio na folha de milho, na fase de pendoamento em função dos tratamentos no ano 2007/08.

Na ausência de adubação nitrogenada em cobertura, as plantas desenvolvidas na sucessão 1 (crotalária/milho), apresentaram os maiores teores de N na folha, isso é explicado graças ao cultivo da mesma sucessão no ano anterior (2006/07) em se tratando da crotalária ser uma espécie eficiente no fornecimento de N ao solo uma vez que esta acumulou 110 kg ha^{-1} (Tabela 4). Quando aplicado 60 kg ha^{-1} de N em cobertura, a sucessão 5 (mucuna-preta/milho) apresentou as maiores concentrações de N na folha, graças também

à sucessão anterior ser a mesma onde a mucuna acumulou a maior quantidade de N no ano de 2006/07 (Tabela 4). Segundo Bertim (2004) a mucuna fixa, aproximadamente 120 a 157 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, dados semelhantes a este experimento. As menores concentrações foram encontradas nas folhas das plantas cultivadas sobre a sucessão 6 (pousio/milho), já que o pousio acumulou muito pouca quantidade do nutriente no ano anterior (2006/07).

A concentração de N nas folhas de milho, sem aplicação de N, cultivado em sucessão ao sistema 2 (feijão-de-porco/milho) e ao sistema 6 (pousio/milho) foram de 26,3 e 22,7 g kg⁻¹, respectivamente, e com a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N a concentração de N na folha de milho para a sucessão 6 foi de 24,6 g kg⁻¹, estando abaixo da faixa de teores considerados adequados nas folhas de milho de acordo com RAIJ et al. (1996).

Com a aplicação de N acima de 120 kg ha⁻¹, a concentração do elemento nas folhas das plantas de milho não diferiram significativamente em função das espécies cultivadas anteriormente ao milho, também observa-se que em todos os casos as concentrações de N no tecido foliar estiveram acima da faixa considerada adequada ao milho. Resultados semelhantes foram observados por BERTIM (2004).

4.2.2 Matéria seca e nitrogênio acumulado na parte aérea

Os teores médios de matéria seca (MS) e N acumulado na parte aérea das plantas de milho, em função dos sistemas de sucessão e das doses de N, para os anos 2006/07 e 2007/08 encontram-se nas tabelas 7 e 8 respectivamente.

No ano de 2006/07 as sucessões de plantas de cobertura tiveram influência nos teores médios de MS apenas no sabugo do milho. As maiores produções foram no milho cultivado após as sucessões 3 (lablabe/milho) 5 (mucuna-preta/milho), e a menor produção foi observada na sucessão 6 (pousio/milho). Para os valores de N acumulado observa-se o mesmo comportamento, onde apenas verificou-se efeitos sobre o sabugo, o maior acúmulo ocorreu na sucessão 3 (lablabe/milho) e a menor na sucessão 6 (pousio/milho) este fato está

intimamente relacionado à produção de MS que condicionou essa premissa. Quanto às doses de N aplicadas, observa-se que em todos os parâmetros houve efeitos significativos da aplicação do nutriente em cobertura, exceto para N acumulado no sabugo. Tais resultados exprimem a condição fundamental da suplementação nitrogenada na cultura do milho confirmando a premissa de UHART & ANDRADE (1995) e ESCOSTEGUY et al. (1997), que afirmam que o N determina o crescimento do milho, com aumento significativo na área foliar e na produção de massa de matéria seca, resultando em maior produtividade de grãos.

Com relação ao ano de 2007/08, observa-se certa disparidade em relação à todos os parâmetros avaliados comparando-se ao ano anterior, tal fato é explicado graças aos períodos de veranico enfrentados pela cultura em seu ciclo naquele ano. Contudo observa-se que para MS houve efeitos significativos das sucessões para folha e colmo do milho.

Os maiores valores para MS da folha foram obtidos pelas sucessões 1, 3 e 4 (crotalária/milho, lablabe/milho e milheto/milho, respectivamente) e a menor através da sucessão 6 (pousio/milho). Para MS do colmo as sucessões 3 (lablabe/milho) e 5 (mucuna-preta/milho) se destacaram enquanto que a sucessão 6 (pousio/milho) teve menor desempenho. Com relação a N acumulado, no ano de 2007/08, houveram efeitos significativos das sucessões em quase todos os parâmetros, excluindo-se a palha. Na folha nota-se que apenas a sucessão 6 promoveu menores taxas de acúmulo. Para colmo, o acúmulo seguiu o comportamento da MS deste mesmo parâmetro. Já no sabugo verifica-se que a sucessão 3 (lablabe/milho) contribuiu para o maior acúmulo de N enquanto que a sucessão 6 (pousio/milho) propiciou o menor acúmulo.

Tabela 7. Matéria seca (MS) e nitrogênio acumulado na folha, colmo, palha da espiga e sabugo do milho, em função das sucessões de plantas de cobertura (S) e doses de N (N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀) para o ano 2006/07.

	2006/07											
	Folha			Colmo			Palha			Sabugo		
	MS	Nacumulado	MS	Nacumulado	MS	Nacumulado	MS	Nacumulado	MS	Nacumulado	MS	Nacumulado
----- kg ha ⁻¹ -----												
S1	3172,2 a	35,4 a	3334,8 a	17,8 a	1911,7 a	11,6 a	1854,0 ab	8,6 bc				
S2	3002,8 a	34,0 a	3186,9 a	17,5 a	1899,1 a	11,7 a	1849,3 ab	9,1 ab				
S3	3029,5 a	34,7 a	3083,4 a	16,7 a	1816,7 a	12,1 a	1964,8 a	10,3 a				
S4	2924,2 a	32,2 a	3033,4 a	16,8 a	1889,0 a	11,8 a	1910,5 ab	9,6 ab				
S5	3002,8 a	34,3 a	3233,7 a	18,4 a	1918,5 a	10,7 a	1929,1 a	8,8 b				
S6	2970,1 a	33,1 a	3060,4 a	17,7 a	1843,7 a	11,2 a	1721,7 b	7,5 c				
CV (%)	8,92	13,77	15,34	30,06	12,83	31,64	9,45	11,74				
N ₀	2508,0 c	26,9 c	2484,5 b	13,1 c	1426,1 b	8,7 b	1628,0 c	9,0 a				
N ₆₀	3001,8 b	32,8 b	3158,4 a	16,3 b	1984,7 a	11,9 a	1818,0 bc	8,6 a				
N ₁₂₀	3386,6 a	39,5 a	3462,2 a	19,6 a	2110,1 a	13,5 a	1996,4 ab	9,0 a				
N ₁₈₀	3171,3 ab	36,5 ab	3516,6 a	20,9 a	1962,2 a	11,9 a	2043,9 a	9,4 a				
CV (%)	14,44	19,22	15,09	20,45	18,63	34,04	14,77	16,33				
S X N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns				ns

S1=Crotalária/Milho, S2=Feijão-de-porco/Milho, S3=Labiabe/Milho, S4=Milheto/Milho, S5=Mucuna-preta/Milho e S6=Pousio/Milho. N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀ = 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura. * = significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

2007/08										
	Folha			Colmo			Palha			Sabugo
	MS	Nacumulado	MS	Nacumulado	MS	Nacumulado	MS	Nacumulado	MS	Nacumulado
Tabela 8. Matéria seca (MS) e nitrogênio acumulado na folha, colmo, palha da espiga e sabugo do milho, em função das sucessões de plantas de cobertura (S) e doses de N (N ₀ , N ₆₀ , N ₁₂₀ e N ₁₈₀) para o ano 2007/08.										
----- kg ha ⁻¹ -----										
S1	2974,3 a	47,7 a	2186,7 ab	13,8 ab	1709,8 a	8,9 a	1605,2 a	8,6 bc		
S2	2831,1 ab	43,2 ab	2055,6 ab	13,4 ab	1556,1 a	8,8 a	1506,0 a	9,1 ab		
S3	3043,4 a	50,4 a	2266,2 a	15,9 a	1729,3 a	8,6 a	1656,9 a	10,3 a		
S4	2944,0 a	44,9 a	2205,5 ab	13,2 ab	1737,1 a	7,6 a	1612,1 a	9,6 ab		
S5	2842,9 ab	44,9 a	2235,7 a	15,4 a	1572,7 a	9,0 a	1492,1 a	8,8 b		
S6	2513,1 b	35,0 b	1883,1 b	10,8 b	1486,1 a	7,1 a	1416,2 a	7,5 c		
CV (%)	12,87	18,34	13,24	20,30	20,91	32,65	15,13	11,74		
N ₀	2640,4 b	37,7 b	2083,8 a	11,5 b	1550,6 a	7,7 a	1479,6 b	9,0 a		
N ₆₀	2881,5 ab	43,8 a	2097,0 a	12,3 b	1590,7 a	8,1 a	1491,4 b	8,6 a		
N ₁₂₀	2879,4 ab	48,2 a	2133,4 a	14,6 a	1667,0 a	8,6 a	1579,4 ab	9,0 a		
N ₁₈₀	3031,2 a	47,7 a	2241,0 a	16,5 a	1719,1 a	9,0 a	1642,1 a	9,4 a		
CV (%)	12,16	17,17	15,57	21,52	14,40	25,81	11,02	16,33		
S X N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns		ns

S1=Crotalária/Milho, S2=Feijão-de-porco/Milho, S3=Lababe/Milho, S4=Milheto/Milho, S5=Mucuna-preta/Milho e S6=Pousio/Milho. N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀ = 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura. * = significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

As doses de N aplicadas em 2007/08 provocaram efeitos na MS das folhas e do sabugo, enquanto que no acúmulo de N apenas surtiram efeitos nas folhas e nos colmos, em que os tratamentos mais elevados sobressaíram-se aos menores nestes parâmetros citados.

A interação dos sistemas de sucessão e das doses de N aplicadas somente foi observada na MS do sabugo durante o ano de 2007/08 como mostra a Figura 4.

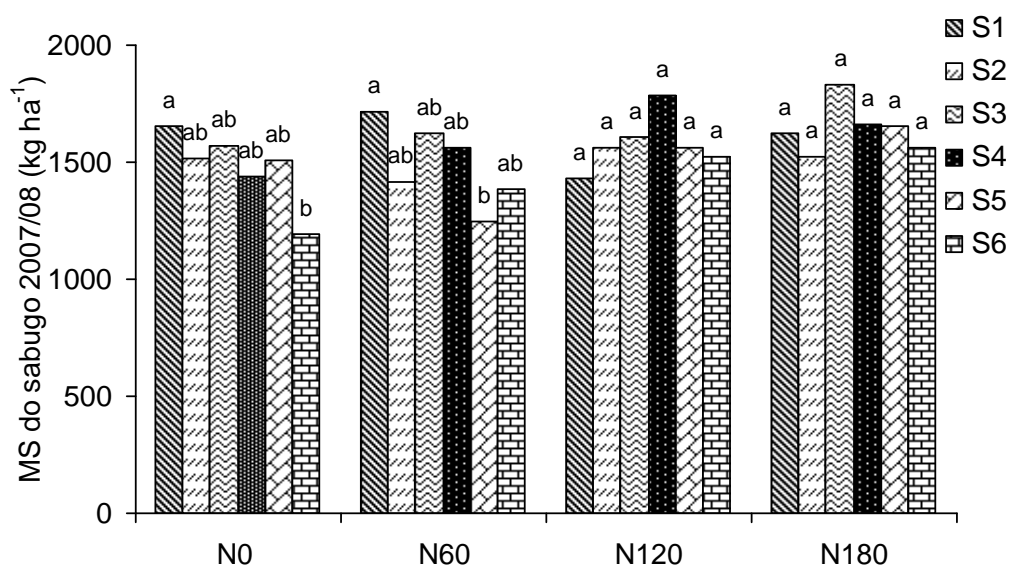


Figura 4. Matéria seca do sabugo de milho em função dos tratamentos no ano 2007/08.

As doses de N aplicadas em cobertura no milho promoveram efeitos significativos somente até 60 kg ha⁻¹ sobre a matéria seca do sabugo de milho, evidenciando o mesmo comportamento descrito anteriormente sobre o parâmetro concentração de N na folha do milho. Observa-se que quando não aplicado N a sucessão que promove a maior produção de MS do sabugo é a sucessão 1 (crotalária/milho) igualmente para a dose 60 kg ha⁻¹.

Os valores médios de matéria seca (MS) e N acumulado na palhada, grãos e biomassa das plantas de milho, em função dos sistemas de sucessão e das doses de N, para os anos 2006/07 e 2007/08 são apresentados nas tabelas 9 e 10 respectivamente.

Tabela 9: Valores médios de matéria seca (MS) e nitrogênio acumulado na palhada no grão e na biomassa das plantas de milho, em função das sucessões de plantas de cobertura (S) e das doses de N no ano 2006/07.

	Palhada		Grãos		Biomassa	
	MS	N acumulado	MS	N acumulado	MS	N acumulado
	----- kg ha ⁻¹ -----					
S1	10335 a	81,1 a	9638 a	141,4 a	19973 a	222,5 a
S2	9938 a	78,0 a	12700 a	137,6 a	19126 a	215,6 a
S3	9809 a	79,4 a	9027 a	133,6 a	18836 a	213,0 a
S4	9757 a	74,3 a	8797 a	126,7 a	18554 a	200,9 a
S5	10084 a	79,1 a	9594 a	136,7 a	19678 a	222,1 a
S6	9558 a	76,8 a	9367 a	140,6 a	18925 a	217,3 a
CV (%)	8,93	13,78	62,65	14,14	10,93	11,64
N ₀	8041 c	61,6 c	10478 a	118,3 c	16177 c	179,9 c
N ₆₀	10021 b	75,9 b	8919 a	125,5 bc	18940 b	205,5 b
N ₁₂₀	10955 a	89,6 a	10402 a	157,7 a	21357 a	247,3 a
N ₁₈₀	10637 ab	85,3 a	9617 a	142,9 ab	20255 ab	228,2 ab
CV (%)	9,97	12,84	58,43	18,97	12,14	13,90
S x N	ns	ns	ns	ns	ns	ns

S1=Crotalária/Milho, S2=Feijão-de-porco/Milho, S3=Lablabe/Milho, S4=Milheto/Milho, S5=Mucuna-preta/Milho e S6=Pousio/Milho. N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀ = 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura. *=significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

Tabela 10: Valores médios de matéria seca (MS) e nitrogênio acumulado na palhada no grão e na biomassa das plantas de milho, em função das sucessões de plantas de cobertura (S) e das doses de N (N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀) no ano 2007/08.

	Palhada		Grãos		Biomassa	
	MS	N acumulado	MS	N acumulado	MS	N acumulado
	----- kg ha ⁻¹ -----					
S1	8476 ab	78,9 a	8438 a	113,0 ab	16914 a	191,8 a
S2	7950 ab	74,4 a	7745 a	103,3 ab	15695 a	177,7 ab
S3	8696 a	85,2 a	8666 a	122,0 a	17357 a	207,1 a
S4	8499 ab	75,3 a	8231 a	106,7 ab	16729 a	182,0 ab
S5	8018 ab	80,0 a	7664 a	107,8 ab	15682 a	187,8 a
S6	7298 b	60,4 b	7154 a	90,4 b	14452 a	150,8 b
CV (%)	14,09	14,90	19,71	22,61	16,43	17,27
N ₀	7671 b	65,9 b	7629 b	99,0 b	15300 b	164,9 b
N ₆₀	8061 ab	72,7 b	7613 b	100,4 b	15674 b	173,1 b
N ₁₂₀	8260 ab	80,4 a	8230 ab	111,2 ab	16486 ab	191,5 a
N ₁₈₀	8634 a	83,8 a	8460 a	118,2 a	17093 a	201,9 a
CV (%)	10,99	13,24	13,45	15,49	11,37	12,67
S x N	ns	ns	*	*	ns	*

S1=Crotalária/Milho, S2=Feijão-de-porco/Milho, S3=Lablabe/Milho, S4=Milheto/Milho, S5=Mucuna-preta/Milho e S6=Pousio/Milho. N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀ = 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura. *=significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

Os sistemas de sucessão de plantas de cobertura não apresentaram efeitos significativos para nenhum parâmetro avaliado durante o ano 2006/07. Por outro lado, no ano 2007/08, observa-se efeitos das sucessões na MS da palhada, acúmulo de N nos grãos e na biomassa das plantas de milho, onde os maiores valores foram verificados pela sucessão 3 (lablabe/milho) para MS da palhada e N acumulado nos grãos e pelas sucessões 1, 3 e 5 (crotalaria/milho, lablabe/milho e mucuna-preta/milho, respectivamente) para N acumulado na biomassa das plantas de milho. AMADO et al. (2000) também observaram menor absorção de N, na média de aplicação de três doses do elemento, nas plantas de milho cultivadas após gramínea (aveia-preta), como na sucessão S4 no presente trabalho em que uma gramínea (milheto) foi cultivada antes das plantas avaliadas. No grão ANDRIOLI (2004) verificaram que a pré-safra com

crotalária determinou o maior acúmulo médio de N, seguido pelo labelabe e milheto.

Para as doses de N aplicadas, observa-se que no ano 2006/07, os melhores efeitos foram obtidos com a dose 120 kg ha⁻¹, uma vez que esta não difere significativamente da dose 180 kg ha⁻¹. Diferentemente do ano 2007/08 onde os melhores valores foram obtidos pela maior dose.

A interação sistemas de sucessão de plantas e doses de N apresentou significância para MS e N acumulado nos grãos e N acumulado na biomassa das plantas de milho no ano 2007/08.

Nota-se de acordo com a Figura 5, que somente na ausência de adubação nitrogenada de cobertura no milho houve diferença entre as sucessões de plantas de cobertura em relação à MS de grãos de milho. O maior valor observado sob estas condições foi promovido pela sucessão 1 (crotalária/milho) e pela sucessão 3 (lablabe/milho) com valores da ordem de 9036 e 8135 kg ha⁻¹. O menor valor diferindo significativamente foi constatado pela sucessão 6 (pousio/milho) com valor de 5504 kg ha⁻¹. Resultados semelhantes foram observados por BERTIM (2004).

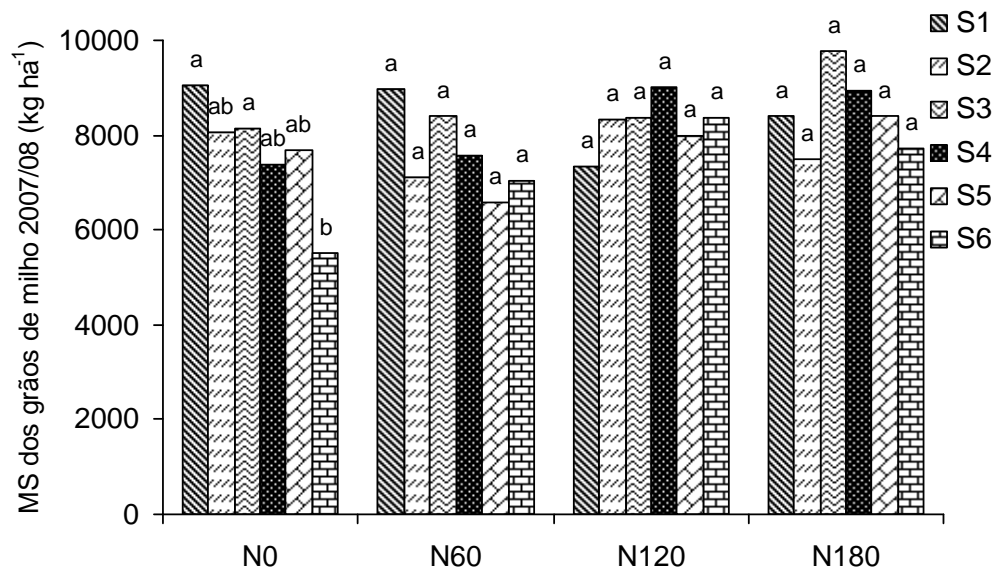


Figura 5. Matéria seca do grão de milho em função dos tratamentos no ano 2007/08.

Os valores de N acumulado nos grãos e biomassa do milho no ano 2007/08 são apresentados nas tabelas 11 e 12, respectivamente.

Tabela 11: Nitrogênio acumulado nos grãos de milho em função da interação entre plantas de cobertura e doses de N.

	Grão			
	N ₀	N ₆₀	N ₁₂₀	N ₁₈₀
	----- kg ha ⁻¹ -----			
S1	120,6 aA	116,3 aA	101,1 aA	114,0 aA
S2	102,4 abA	95,3 aA	106,1 aA	109,2 aA
S3	112,0 aA	119,9 aA	116,7 aA	139,2 aA
S4	87,9 abC	91,7 aBC	120,3 aAB	127,0 aA
S5	106,9 aA	93,0 aA	112,9 aA	118,3 aA
S6	64,4 bB	86,3 aAB	109,9 aA	101,2 aA

S1=Crotalária/Milho, S2=Feijão-de-porco/Milho, S3=Lablabe/Milho, S4=Milheto/Milho, S5=Mucuna-preta/Milho e S6=Pousio/Milho. N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀ = 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, para doses de N, e minúscula na coluna, para sistemas de sucessão não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

Tabela 12: Nitrogênio acumulado na biomassa do milho em função da interação entre plantas de cobertura e doses de N.

	Biomassa			
	N ₀	N ₆₀	N ₁₂₀	N ₁₈₀
	----- kg ha ⁻¹ -----			
S1	193,4 aA	203,9 aA	177,5 aA	192,4 abA
S2	169,0 aA	163,7 abA	184,6 aA	193,4 abA
S3	186,9 aA	205,2 aA	207,4 aA	229,0 aA
S4	147,0 abB	157,1 abB	208,3 aA	215,6 abA
S5	181,1 aA	165,9 abA	198,8 aA	205,4 abA
S6	112,1 bB	143,0 bAB	172,5 aA	175,7 bA

S1=Crotalária/Milho, S2=Feijão-de-porco/Milho, S3=Lablabe/Milho, S4=Milheto/Milho, S5=Mucuna-preta/Milho e S6=Pousio/Milho. N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀ = 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, para doses de N, e minúscula na coluna, para sistemas de sucessão não diferem entre si no teste de Tukey a 5%.

Observa-se, de acordo com a Tabela 11, que os sistemas de sucessão de plantas em pré-safra ao milho surtiram efeitos significativos no acúmulo de N nos grãos de milho apenas quando não houve aplicação de N em cobertura. Os maiores acúmulos ocorreram nos sistemas de sucessão 1, 3 e 5 (crotalária/milho, lablabe/milho e mucuna-preta/milho, respectivamente), diferindo significativamente à sucessão 6 (pousio/milho). A sucessão S4

(milheto/milho) não diferiu da sucessão 6, o menor acúmulo de N pelo milho cultivado em sucessão a gramíneas pode ser atribuído à maior relação C/N dos seus resíduos, comparando aos das leguminosas. Para utilizar o C na biossíntese e também como fonte de energia, os microorganismos do solo imobilizam o N da palha, inclusive o N mineral do solo, diminuindo a sua disponibilidade para o milho (ROS & AITA, 1996). As doses de N aplicadas tiveram efeitos significativos no acúmulo de N no grão de milho para a sucessão S4 e S6 (milheto/milho e pousio/milho, respectivamente), observa-se que neste caso, que o teor de N nos grãos aumentou linearmente com a adubação nitrogenada isso é importante, pois, segundo VASCONCELLOS (1989), o nitrogênio influi na qualidade da produção aumentando o teor de proteína dos grãos.

A maior produção de MS do grão e acúmulo de N pelas plantas de milho nas sucessões S1, S3 e S5, sem aplicação de N em cobertura, devem-se, provavelmente, ao efeito residual de N da crotalária, lablabe e mucuna-preta, respectivamente, cultivadas nestas sucessões, no ano agrícola anterior (2006/07)

A quantidade média de N acumulado na biomassa das plantas de milho diferiu significativamente para as sucessões de plantas nas doses 0, 60 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Na ausência de adubação nitrogenada as espécies leguminosas acumularam mais N do que a espécie gramínea e o pousio. Quando aplicado 60 kg ha⁻¹ de N, o maior teor de N na biomassa foi verificado pelas sucessões S1 e S3 e finalmente para a dose 180 kg ha⁻¹ o sistema S3 diferiu significativamente dos demais para o parâmetro avaliado (Tabela 12). Quanto ao efeito das doses de N, foi constatado significância nos sistemas de sucessão 4 e 6, no sistema 4 a dose 180 kg ha⁻¹ promoveu o maior acúmulo de N não diferindo significativamente da dose 120 kg ha⁻¹, fato este que se repetiu para o sistema 6.

O menor acúmulo de N nas plantas e nos grãos de milho devido a resíduos de gramíneas, como ocorre na sucessão S4 do presente trabalho, na ausência de adubação nitrogenada, também foi constatado por PORTTKER & ROMAN (1994).

O acúmulo de N na parte aérea das plantas de milho foi menor na palhada que no grão em todas as doses de N em cobertura, em todos os sistemas de sucessão (Tabela 13).

Tabela 13. Porcentagem de nitrogênio acumulado na palhada e no grão de milho, relação grão/palhada e eficiência de utilização (EU) de N dos sistemas de sucessão em função das doses de N no ano 2007/08.

Doses de N	Sistemas de sucessão	N acumulado		Grão/Palhada	EU
		Palhada	Grão		
		----- % -----			
N ₀	S1	37,6	62,4	1,66	1,62
	S2	39,4	60,6	1,54	1,49
	S3	40,1	59,9	1,50	1,40
	S4	40,2	59,8	1,49	1,48
	S5	41,0	59,0	1,44	1,33
	S6	42,6	57,4	1,35	1,26
N ₆₀	S1	43,0	57,0	1,33	1,58
	S2	41,8	58,2	1,39	1,31
	S3	41,6	58,4	1,41	1,45
	S4	41,6	58,4	1,40	1,59
	S5	43,9	56,1	1,28	1,20
	S6	39,7	60,3	1,52	1,46
N ₁₂₀	S1	43,0	57,0	1,32	1,27
	S2	42,5	57,5	1,35	1,46
	S3	43,7	56,3	1,29	1,42
	S4	42,2	57,8	1,37	1,60
	S5	43,2	56,8	1,31	1,34
	S6	36,3	63,7	1,76	1,45
N ₁₈₀	S1	40,7	59,3	1,45	1,51
	S2	43,5	56,5	1,30	1,31
	S3	39,2	60,8	1,55	1,57
	S4	41,1	58,9	1,43	1,53
	S5	42,4	57,6	1,36	1,39
	S6	42,4	57,6	1,36	1,42

S1=Crotalária/Milho, S2=Feijão-de-porco/Milho, S3=Lablabe/Milho, S4=Milheto/Milho, S5=Mucuna-preta/Milho e S6=Pousio/Milho. N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀ = 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Torna-se evidente que, para todos os tratamentos aplicados, aproximadamente 58% do N absorvido pela cultura é exportado para os grãos, Dessa forma, mesmo com a manutenção da palhada na área de produção, a reposição desse nutriente em cultivos seguintes se faz necessária em

decorrência das grandes quantidades que são exportadas pelos grãos, e além disso, é facilmente perdido no sistema em função de sua dinâmica no solo (RAIJ, 1991).

A formação de grãos de milho está intimamente ligada a translocação de açúcar (CRAWFORD et al., 1982) e de N (KARLEN et al., 1988) de órgãos vegetativos para os grãos. Portanto, a maior relação grão/palhada na ausência de adubação nitrogenada de cobertura no milho se deve, provavelmente, à maior eficiência de utilização (EU) do nutriente (Tabela 13).

4.2.3 Produção de grãos

Na Tabela 14 são apresentados os valores médios de produção de grãos de milho durante os dois anos agrícolas de duração deste experimento.

Tabela 14: Valores médios de produção de grãos de milho em função dos sistemas de sucessão de plantas de cobertura (S) e doses de N em cobertura.

	2006/07	2007/08
	kg ha ⁻¹	
S1	5323 a	4009 a
S2	4609 a	3565 a
S3	4810 a	4771 a
S4	4505 a	3967 a
S5	4735 a	4653 a
S6	4716 a	3738 a
CV (%)	15,63	27,93
N ₀	3467 c	3972 a
N ₆₀	4824 b	4285 a
N ₁₂₀	5287 ab	4365 a
N ₁₈₀	5553 a	3846 a
CV (%)	18,24	18,34
S x N	ns	ns

S1=Crotalária/Milho, S2=Feijão-de-porco/Milho, S3=Lablabe/Milho, S4=Milheto/Milho, S5=Mucuna-preta/Milho e S6=Pousio/Milho. N₀, N₆₀, N₁₂₀ e N₁₈₀ = 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Quanto à produção de grãos, verifica-se que as médias dos tratamentos principais, ou seja, as médias dos tratamentos sistemas de sucessão, não diferiram significativamente entre si durante os dois anos agrícolas em que

foram realizados os experimentos. Todavia nota-se para o ano 2006/07 que a sucessão 1 (crotalária/milho) apresentando produtividade média 11% superior à sucessão 6 (pousio/milho) e também 15% maior que a sucessão 4 (milheto/milho). Possivelmente, houve maior sincronismo na decomposição e liberação de nutrientes da crotalária com a demanda da cultura do milho, comparados ao milheto.

Tal comportamento também foi verificado por BERTIM (2004) onde a produtividade média de sucessão crotalária/milho apresentou-se 12% superior à sucessão milheto/milho. Em experimento com manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho, SILVA et al. (2006b) observaram o mesmo comportamento na sucessão do milho com crotalária, onde a produção de grãos foi 21% maior que a sucessão com milheto. Nas mesmas condições edafoclimáticas desse experimento, foram observados maiores produções de grãos de milho na sucessão crotalária/milho e menor para milheto/milho (PELÁ, 2002; ANDRIOLI, 2004). A eficiência da crotalária júncea na produtividade do milho em sucessão, também foi confirmada por TORRES (2003), na região de Uberaba (MG).

Para o ano 2007/08, verifica-se que as médias de produtividade de grãos em relação aos sistemas de sucessão foram bem menores que aqueles observados no ano anterior, fato proporcionado graças a menores valores de precipitação e temperatura durante o cultivo do milho durante este ano. Entretanto, nota-se que da mesma forma do ano anterior as espécies leguminosas obtiveram maiores produções de grãos comparadas à espécie gramínea e ao pousio, com destaque para a sucessão 3 (lablabe/milho) seguido da sucessão 5 (mucuna-preta/milho) e sucessão 1 (crotalária/milho).

Ainda, em outras regiões do Brasil, diversos autores constataram influência superior no rendimento de grãos de milho em sucessão a leguminosas, quando comparado à gramíneas (CARVALHO et al., 1996; ROS & AITA, 1996; AMADO et al. 1999; AITA et al., 2001).

As doses de N aplicadas em cobertura tiveram efeitos significativos para o ano 2006/07 (Tabela 14). A dose 120 kg ha⁻¹ não diferiu das doses 60 e 180 kg ha⁻¹, entretanto a maior produtividade foi observada pela aplicação de 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio. SILVA et al. (2005) verificaram que, a máxima eficiência

técnica para a produtividade de milho foi alcançada com a dose de 166 kg ha^{-1} de N.

As doses de N aplicadas em cobertura não apresentaram efeitos significativos na produção de grãos no ano 2007/08, tal fato se deve em partes ao aporte relativamente baixo de água e temperatura durante a fase inicial e de formação de grãos da cultura neste referido ano.

A interação entre sistemas de sucessão de plantas de cobertura e doses de N não influenciou no rendimento de grãos de milho para os dois anos.

5. CONCLUSÕES

As espécies de cobertura que produziram mais fitomassa foram milheto e crotalária (2007/08) e as que mais acumularam nitrogênio foram mucuna-preta (2006/07) e milheto e crotalária (2007/08).

No ano 2007/08 a sucessão S1 (crotalária/milho) apresentou os maiores teores de N no tecido foliar e maior MS do sabugo na ausência de adubação nitrogenada. Quando aplicado 60 kg ha^{-1} de N a sucessão S5 (mucuna-preta/milho) obteve maior teor de N foliar e a sucessão S1 (crotalária/milho) maior valor de MS do sabugo.

A maior produção de MS de grãos na ausência de adubação nitrogenada no ano 2007/08 ocorreu nas sucessões S1 e S3, e o maior acúmulo de N nos grãos na ausência de adubação com N foram verificadas nas sucessões S1, S3 e S5 (crotalária/milho, lablabe/milho e mucuna-preta/milho, respectivamente)

A sucessão S3 (lablabe/milho) promoveu o maior acúmulo de N na biomassa do milho no ano 2007/08.

No ano 2006/07, mesmo não diferindo significativamente das demais sucessões, a sucessão S1 (crotalária/milho) apresentou produção de grãos 15% superior ao menor valor encontrado.

6. Referências

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.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.

AMADO, T.J.C. Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo de solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 201p. (Tese de Doutorado).

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.679-686, 1999.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDEZ, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.179-189, 2000.

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

ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78p. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Brasília, DF. Resumos 1999. (CD-ROM).

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; FLECK, N.G.; BORTOLINI, C.G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.851-860, 2001.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 49p. (Boletim Técnico, 78).

BAYER, C.; MARTI-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.677-683, 2004.

BERTIN, E.G. Avaliação de plantas de cobertura utilizadas em pré-safra ao milho em semeadura direta. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. 29, 2003. Ribeirão Preto-SP. CD-ROM.

BERTIN, E.G. Sucessão de plantas de cobertura em pré-safra: efeito nas propriedades químicas do solo e na cultura do milho, em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP, 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). FCAV, Jaboticabal, 2004.

BERTIN, E.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n.3, p. 279-286, 2005.

BEUTLER, A.N.; ELTZ, F.L.F., BRUM, A.C.R., LOVATO, T. Fornecimento de nitrogênio por plantas de cobertura de inverno e de verão para o milho em sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, p. 550-560, 1997.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E.L. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.361-366, 2002.

BULISANI, E.A.; ROSTON, A.J. Leguminosas: adubação verde e rotação de culturas. **Documentos IAC**, Campinas, n.35, p.13-16, 1993.

CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.80, p.62-70, 2004.

CARVALHO, A.M.; CORREIA, J.R.; BLANCANEUX, P.; FREITAS, L.R.S.; MENEZES, H.A.; PEREIRA, J.; AMABILE, R.F. Caracterização de espécies de adubos verdes para o cultivo de milho em Latossolo vermelho-escuro originalmente sob cerrado. Simpósio sobre o Cerrado, 8. **In: Anais do 8º Simpósio sobre o Cerrado**, Planltina: Embrapa-CPAC, Brasília, 1996, p.384-388.

CASAGRANDE, J.R.R.; FILHO, D.F. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.1, 2002.

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 Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.215-220, 1994.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.163-171, 2002.

CHAVES, J.C.D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, v.22, p.53-60, 2001.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Prospecção para a safra 2006/07 de milho. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=111>>.

CRAWFORD, T.W.; RENDING, V.V.; BROADBENT, F.E. Sources, fluxes and sinks nitrogen during early reproductive growth of maize (*Zea mays* L.). **Plant Physiology**, Rockville, v.70, p. 1654-1660, 1982.

DEBRUCK, J. & BOGUSLANESKI, F.V. Die wirkung der kombination von organischer und mineralischer düngung aufgrund von langjährigen versuchen. **Landwirtsch. Fors.**, v.36, p.405-418, 1979.

DE-POLLI, H.; CHADA, S. de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.287-293, 1989.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N. & KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistema de cobertura do solo plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn, **Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH**, 1991. 274p.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.897-904, 2001.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.71-77, 1997.

FAVERO, C.; JUCKSCH, L.; COSTA, L.M.; ALVARENGA, R.C. NEVES, J.L.C. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.171-177, 2000.

FERNANDES, L.A.; FURTINI NETO, A.E.; VASCONCELLOS, C.A. & GUEDES, G.A.A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em latossolo sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.247-254, 1998.

FIGUEIREDO, C.C.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. & URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.279-287, 2005.

FILHO, J.S.; CARDOSO, A.C.; CARMONA, R.; CARVALHO, A.M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.4, p. 327-334, abr. 2004.

FRANÇA, A.F.S.; MADUREIRA, L.J. Avaliação de matéria seca, da decomposição mineral e da silagem do milheto forrageiro (*Pennisetum americanum* L.) **Na. Esc. Agron. Vet.** Goiânia, n.19, p.1-8, 1989.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I.C.; HUBNER, A.P.; MARQUES, M.G.; CADORE, F. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II – Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p. 751-762, 2004.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A. & BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.153-159, 2000.

GRANATO, L. Adubação verde: arte antiga e ciência moderna: uma revolução na economia agrícola nacional. São Paulo, Monteiro Lobato, 1924. 188p.

GUIMARÃES, G.L. **Efeitos de culturas de inverno e do pousio na rotação de culturas de soja e milho em sistema de plantio direto**. 2000, 108f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira – SP, 2000.

HARRIS, G.H. & HESTERMAN, O.B. Quantifying the nitrogen contribution from alfafa to soil and two succeeding crops using nitrogen-15. **Agronomy Journal**, v.82, p.129-134, 1990

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FANCELLI, A. L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo consorciado intercalar com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 225-230, jan./mar. 2002.

HEINZMANN, R.X. Mineralização dos resíduos das culturas de inverno e assimilação de nitrogênio pelas culturas de verão sob plantio direto. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 19., 1983, Curitiba. Anais... Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. v.1, p.59.

HEINZMANN, R.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.1021-1030, 1985.

HUNTINGTON, T.G.; GROVE, J.H. & FRYE, W.W. Release and recovery of nitrogen from winter annual cover crops in no-till corn production. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v.16, p.193-211, 1985.

JERANYAMA, P.; HESTERMEN, O.B.; WADDINGTON, S.R. & HARWOOD, R. Relay-intercropping of sunnhemp and cowpea into a smallholder maize system in Zimbabwe. **Agronomy Journal**, v.92, p.239-244, 2000.

KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L.; SADLER, E.J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**. Madison, v.80, p.232-242, 1988.

KOSUGE, N.; SUHET, A.R.; BURLE, M.L.; LINHARES, N.W. Avaliação do potencial de suprimento de nitrogênio em um solo de Cerrado. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório técnico do projeto nipo-brasileiro de cooperação em pesquisa agrícola nos Cerrados 1987/1992**. Brasília, 1994. p.347-362.

LARA CABEZAS, W.R.L.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. & SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v.34, p.1005-1013, 2004.

MENGEL, D.B.; BARBER, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, v.66, p.399-402, 1974.

MURAOKA, T.; AMBROSANO, E.J.; ZAPATA, F.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; TRIVELIN, P.C.O.; BOARETTO, A.E.; SCIVITTARO, W.B. Eficiência de abonos verdes (crotalaria y mucuna) y urea, aplicadas

solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. **Terra**, v.20, p.17-23, 2002.

MUZILLI, O. Influência do sistema plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.95-102, 1983.

OLIVEIRA, T.K. de; CARVALHO, G.J. de; MORAES, R.N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1079-1087, 2002.

PANG, X.P.; LETEY, J.; WU, L. Irrigation quantity and uniformity and nitrogen application effects on crop yield and nitrogen leaching. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, p.257-261, 1997.

PELÁ, A. Uso de plantas de cobertura em pré-safra e seus efeitos nas propriedades físicas do solo e na cultura do milho em plantio direto na região de Jaboticabal-SP. 2002, 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). FCAV, Jaboticabal, 2002.

POTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho ao nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p. 763-770, 1994.

RAIJ, B. van. Nitrogênio. In: RAIJ, B. van. (Ed.). **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.163-179.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.H.; FURLANI, A.M.C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996, 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RANELLS, N.N. & WAGGER, M.G. Nitrogen release by grass and legume cover crop monocultures and bicultures. **Agronomy Journal**, v.88, p.777-782, 1996.

RANELLS, N.N. & WAGGER, M.G. Nitrogen-15 recovery and release by rye and crimson clover cover crops. **Agronomy Journal**, v.61, p.943-948, 1997.

REEVES, D.W. Cover crops and rotations. In: HATFIELD, J.L.; STEWART, B.A. Crops residue management. **Advances in Soil Science**. Florida: Lewis, 1994. p. 125-172.

RESCK, D.V.S. O plantio direto como alternativa de sistema de manejo e conservação do solo e da água na região dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. **Anais**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS; SBCS, 1997.

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

ROSECRANCE, R.C.; McCARTY, G.W; SHELTON, D.R. & TEASDALE, J.R. Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereale* L.) cover crop monocultures and bicultures. **Plant and Soil**, v.227, p.283-290, 2000.

SÁ, J.C.M. Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1996. 24p.

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, A.W.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C. & FEIGL, B.E. Soil organic matter dynamics and

sequestration rates for a tillage chronosquence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.65, p.1476-1499, 2001.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. Mineralização e absorção por milheto do nitrogênio do solo, da palha de milho-(¹⁵N) e da uréia-(¹⁵N). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.423-429, 1993.

SARRANTONIO, M.; SCOTT, T.W. Tillage effects on availability of nitrogen to corn following a winter green manure crop. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.52, p.1661-1668, 1988.

SCIVITTARO, W.B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E. & TRIVELIN, P.C.O. Utilização de nitrogênio de adubos verdes e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.917-926, 2000.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.O. O plantio direto no cerrado úmido. **Informe Agrônomo**, Piracicaba/SP, 3, n.69, 1995.

SILVA, E.C.;BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; LAZARINI, E. SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.3, 2005.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M.E.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, v.36, n.3, p.739-746, mai-jun, 2006.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M.E.C.; TRIVELIN, P.C.O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, 2006b.

SPAGNOLLO, E.; BAYER, C.; WILDNER, L.P., ERNAN, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; PROENÇA, M.N. Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para o milho no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p. 417-423, 2002.

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E., (eds.) **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.129-144.

STUTE, J.K. & POSNER, J.L. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper Midwest. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, p.1063-1069, 1995.

SUHET, A.R.; PERES, J.R.R.; VARGAS, M.A.T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W.J. **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p.167-202.

SUZUKI, L.E.A.S.; ALVES, M.C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p.121-127, 2006

TORRES, J.L.R. **Estudo das plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de platio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. **Crop Science**, v.35, p.1376-1383, 1995.

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 en América Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Gênese; Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2000. p.77-88.

WILDNER, L.P.; DALDATO, G.G. Adubos verdes de verão para o oeste catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.4, p.36-40, 1991.

VASCONCELLOS, C.A. Importância da adubação na qualidade do milho e do sorgo. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO E QUALIDADE DOS PRODUTOS AGRÍCOLAS, 1., Ilha Solteira, 1989. **Anais**. Ilha Solteira: FEIS, 1989. p.1-20.

VAUGHAN, J.D.; HOYT, G.D. & WOLLUM, A.G. Cover crop nitrogen availability to conventional and no-till corn: Soil mineral nitrogen, corn nitrogen status, and corn yield. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 31:1017-1041, 2000.

VITTI, G.C.; FAVARIN, J.L.; REZENDE, L.O. & TREVISAN, N. Manejo do nitrogênio em diversos sistemas de produção. Piracicaba, Serrana, 1999. 36p.