

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**EFEITO DO MANEJO DO SOLO COM PLANTAS DE COBERTURA,  
CULTIVARES/HÍBRIDOS E NITROGÊNIO NA CULTURA DO  
MILHO**

**RENATA ALVES DE AGUIAR**

Orientador:  
**Dr.: Pedro Marques da Silveira**

Fevereiro - 2008

**RENATA ALVES DE AGUIAR**

**EFEITO DO MANEJO DO SOLO COM PLANTAS DE COBERTURA,  
CULTIVARES/HÍBRIDOS E NITROGÊNIO NA CULTURA DO  
MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador:

**Dr.: Pedro Marques da Silveira**

Co-orientador:

**Dr.: José Aloísio Alves Moreira**

Goiânia, GO – Brasil  
2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(GPT/BC/UFG)

**Aguiar, Renata Alves de.**  
**A283e Efeito do manejo do solo com plantas de cobertura, cultivares/híbridos e nitrogênio na cultura do milho/**  
**Renata Alves de Aguiar. – 2008.**  
**55 f. : il., figs., tabs.**

**Orientador: Dr. Pedro Marques da Silveira;**  
**Co-Orientador: Dr. José Aloísio Alves Moreira.**

**Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2008.**

Bibliografia: f. 48-55.  
**Inclui listas de figuras e de tabelas.**


1. Milho – Cultura 2. Plantas de cobertura 3. Solo – Manejo – Viabilidade econômica 4. Milho híbrido – Fertilizantes hidrogenados 5. Nutrição mineral I. Silveira, Pedro Marques da II. Moreira, José Aloísio Alves. III. Universidade Federal de Goiás. **Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos** IV. Título.

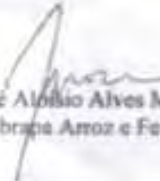
CDU: 633.15:631.584.4


**RENATA ALVES DE AGUIAR**

TÍTULO: "Efeito do manejo do solo com plantas de cobertura, cultivares/híbridos e nitrogênio na cultura do milho".

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 26 de fevereiro de 2008, pela Banca Examinadora Constituída pelos membros:

  
Prof. Eliana Paula Fernandes  
EA/UFMG

  
Dr. José Alôbio Alves Moreira  
Embrapa Arroz e Feijão

  
Dr. Pedro Marques da Silveira  
Orientador - Embrapa Arroz e Feijão

UFMG

Goiânia - Goiás  
Brasil

*Aos meus pais, Edvaldo e  
Floraci, a minha irmã Aline e  
ao meu grande amor, Tiago, por  
serem muito importantes para mim.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me proporcionado saúde e disposição;

À Universidade Federal de Goiás, à Embrapa Arroz e Feijão, e ao CNPq pela oportunidade para a realização deste curso;

Aos meus pais, Edvaldo Alves da Silva e Floraci Santos de Aguiar, e à minha irmã Aline Alves de Aguiar, pelo apoio e carinho em todos os momentos da minha vida;

Ao Tiago Morais Junqueira pela paciência e pelos momentos de descontração;

Ao Dr. Pedro Marques da Silveira pela orientação;

Ao Dr. José Aloísio Alves Moreira pelo incentivo, conselhos e amizade;

Ao Dr. Pedro Hélio, *in memoriam*, pelo apoio e incentivo;

Ao Dr. Trovo e ao Dr. Alcido pelo auxílio durante as análises estatística e econômica;

Aos funcionários da Embrapa pelo auxílio na realização do trabalho;

Ao Welinton Mota, pela dedicação e amizade;

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos;

A todos os colegas da Pós-Graduação pela amizade e companherismo;

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho

Meus sinceros agradecimentos!!!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	06
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	07
<b>RESUMO GERAL</b> .....	08
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	09
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	10
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
2.1 NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO E PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL ..	12
2.2 SISTEMA DE PREPARO DO SOLO .....	14
2.3 PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO .....	16
2.4 ASSOCIAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO E ADUBO MINERAL .....	19
<b>3 EFEITO DO MANEJO DO SOLO UTILIZANDO PLANTAS DE COBERTURA, CULTIVARES/HÍBRIDOS E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DO MILHO</b> .....	21
3.1 INTRODUÇÃO .....	22
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	23
3.2.1 <b>Condução do experimento</b> .....	23
3.2.2 <b>Cultivares/híbridos utilizados</b> .....	25
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
3.4 CONCLUSÕES .....	32
<b>4 ANÁLISE ECONÔMICA DO MANEJO DO SOLO COM A UTILIZAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA, CULTIVARES/HÍBRIDOS E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DE MILHO GRÃO</b> .....	34
4.1 INTRODUÇÃO .....	35
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	37
4.2.1 <b>Condução do experimento</b> .....	37
4.2.2 <b>Cultivares/híbridos utilizados</b> .....	38
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
4.4 CONCLUSÕES .....	46
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	47
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	48

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1</b>	Comportamento das cultivares/híbridos de milho em relação à características vegetativas e produtivas .....	26
<b>Tabela 1.2</b>	Características vegetativas e produtivas do milho em relação ao manejo do solo .....	27
<b>Tabela 2.1</b>	Operações e insumos utilizados para obtenção da relação benefício/custo dos diferentes manejos .....	39
<b>Tabela 2.2</b>	Soma dos custos para obtenção da relação benefício/custo dos diferentes manejos .....	40
<b>Tabela 2.3</b>	Receitas e relação benefício/custo em diferentes manejos do solo .....	42



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Massa de mil grãos de milho (kg) em função das doses de nitrogênio em cobertura .....	29
<b>Figura 1.2</b>	Rendimento de grãos de milho (kg ha <sup>-1</sup> ) em função das doses de nitrogênio em cobertura .....	29
<b>Figura 1.3</b>	Rendimento de polpa de milho (kg ha <sup>-1</sup> ) em função das doses de nitrogênio em cobertura .....	30
<b>Figura 1.4</b>	Altura das plantas de milho (m) em função das doses de nitrogênio em cobertura .....	31
<b>Figura 1.5</b>	Número de plantas de milho acamadas em função das doses de nitrogênio em cobertura .....	31
<b>Figura 2.1</b>	Relação benefício/custo oriundas da produtividade das cultivares/híbridos de milho grão no sistema plantio direto/pousio e nas doses de nitrogênio em cobertura .....	41
<b>Figura 2.2</b>	Relação benefício/custo oriundas da produtividade das cultivares/híbridos de milho grão no sistema preparo convencional e nas doses de nitrogênio em cobertura .....	43
<b>Figura 2.3</b>	Relação benefício/custo da produtividade das cultivares/híbridos de milho grão no sistema plantio direto/ crotalária juncea e nas doses de nitrogênio em cobertura .....	44
<b>Figura 2.4</b>	Relação benefício/custo da produtividade das cultivares/híbridos de milho grão no sistema plantio direto/mucuna preta e nas doses de nitrogênio em cobertura .....	45

## RESUMO GERAL

RENATA, A. A. **Efeito do manejo do solo com plantas de cobertura, cultivares/híbridos e nitrogênio na cultura do milho.** 2008. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.<sup>1</sup>

O milho é o principal cereal produzido no Brasil e sua produtividade é bastante afetada pelo uso inadequado do nitrogênio, que é o nutriente absorvido em maiores quantidades e, portanto responsável por uma parte significativa nos custos de produção. Devido à importância do nitrogênio para a cultura do milho torna-se necessário estudos para otimizar a quantidade e a forma de aplicação deste nutriente a fim de reduzir perdas e aumentar a eficiência da sua utilização, além de minimizar os riscos ambientais. Uma das formas que vem sendo estudada para reduzir a quantidade de nitrogênio aplicada e aumentar a eficiência de utilização do nitrogênio inorgânico, proveniente dos fertilizantes, é a associação de plantas de cobertura do solo com o fertilizante nitrogenado. O trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade econômica e o efeito do manejo do solo com a utilização de plantas de cobertura, cultivares/híbridos e doses de nitrogênio em cobertura nas características vegetativas e reprodutivas, relacionadas a produtividade do milho. O experimento foi conduzido com milho safrinha no campo experimental da Embrapa Arroz e Feijão, em Latossolo Vermelho Distrófico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições em arranjo de parcelas sub-sub-divididas. As parcelas foram formadas por quatro tipos de manejo do solo: plantio direto do milho sobre palhada de mucuna preta (*Mucuna aterrima* Merr.); plantio direto do milho sobre palhada de crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.); plantio direto do milho sobre vegetação infestante (pousio) e plantio do milho no sistema de preparo convencional (arado de aiveca). As subparcelas foram formadas por cinco doses de nitrogênio em cobertura: 0, 45, 90, 180 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio/uréia em cobertura; e as sub-sub-parcelas por quatro cultivares/híbridos de milho: BRS 3003, AG 1051, Milho Verde HT-1, Milho Verde HT-2. A análise da relação benefício/custo foi realizada com base em preços de materiais e serviços levantados em abril de 2007. A relação benefício/custo nos diferentes sistemas foi realizada em planilhas do excel, sendo viável economicamente uma relação superior a 1,0. Concluiu-se que: Existe efeito da cultivar/híbrido e do manejo do solo sobre características vegetativas como altura de plantas e da primeira espiga e sobre características produtivas como rendimento de polpa e de grãos e massa de mil grãos de milho; e não há interação entre cultivar/híbrido, manejo do solo e dose de nitrogênio em cobertura na produtividade do milho. O melhor manejo do solo quanto a relação benefício/custo é o pousio sem nenhuma adição de nitrogênio em cobertura, seguido do sistema de preparo convencional com 45 kg ha<sup>-1</sup> e sem adição de nitrogênio.

*Palavras-chave:* *Zea mays* L.; *Mucuna aterrima*; *Crotalaria juncea*; relação benefício/custo; nutrição mineral.

---

<sup>1</sup> Orientador: Dr. Pedro Marques da Silveira - Embrapa Arroz e Feijão.

Co-orientador: Dr. José Aloísio Alves Moreira - Embrapa Arroz e Feijão.

## GENERAL ABSTRACT

RENATA, A. A. **Effect of soil management with soil cover plants, hybrids and dose of nitrogen in the productivity of corn.** 2008. 55 f. Dissertation (Master in Agronomy: Production Plant) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.<sup>1</sup>

The corn is the main cereal produced in Brazil and its productivity is very affected by the improper use of nitrogen, which is the nutrient absorbed in larger quantities and therefore responsible for a significant share in production costs. Due to the importance of nitrogen for the corn crop becomes necessary studies to reduce the amount of nitrogen applied to the crop, reducing losses and increasing the efficiency of its use, beside minimize environmental risks. One way have been studied to reduce the amount of nitrogen applied and increase the efficiency of use of inorganic nitrogen, from the fertilizer, it is the combination of plants that cover the ground with nitrogened fertilizer. The study aimed to determine the economic viability and the effect of soil management with the use of soil cover plants, hybrids and nitrogen doses in coverage in the vegetative and reproductive characteristics, related to productivity of corn. The corn, in the experiment, was planted at begning of February in the field trial of Embrapa Arroz e Feijão, Red Latosol Distrophic. The experimental design was a randomized complete block with three replicates the arrangement of plots in sub-sub-divided. The plots were formed by four types of soil management: direct planting of corn on the black mucuna stubble (*Mucuna aterrima* Merr.); direct planting of corn on the of crotalária juncea stubble (*Crotalaria juncea* L.); direct planting of corn on vegetation spontaneous (aside) and planting corn in the system of conventional tillage (arado of aiveca). The subplots were formed by five doses of nitrogen in coverage: 0, 45, 90, 180 and 360 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen in coverage, and the sub-sub-plots of four hybrids of corn: BRS 3003, AG 1051, Green Corn HT-1, HT-2 Green Corn. The analysis of the benefit / cost was performed on the basis of prices of materials and services raised in April 2007. The benefit / cost in the various systems was held in the Excel spreadsheets, and economically viable a relationship exceeding 1.0. It was concluded that: there is effect of hybrid and soil management on vegetative characteristics such as plant height and the first spik and on productive characteristics as income from pulp and grain and mass in a thousand grains of corn, and there is no interaction between hybrid, soil management and dose of nitrogen in coverage of the productivity of corn. The best soil management as the benefit / cost is the fallow without any addition of nitrogen in coverage, followed by the system of conventional tillage with 45 kg ha<sup>-1</sup> and without the addition of nitrogen.

*Key words:* *Zea mays* L.; *Mucuna aterrima*; *Crotalaria juncea*; the benefit / cost; mineral nutrition.

---

<sup>1</sup> Adviser: Dr. Pedro Marques da Silveira - Embrapa Arroz e Feijão.

Co-adviser: Dr. José Aloísio Alves Moreira - Embrapa Arroz e Feijão.

## **1 INTRODUÇÃO GERAL**

O milho é o principal cereal produzido no Brasil, cultivado em cerca de 12,5 milhões de hectares, com produção de aproximadamente 40,5 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 3,3 toneladas por hectare (Agrianual, 2007). Uma das causas dessa baixa produtividade é o manejo incorreto do nitrogênio. A eficiência da utilização do nitrogênio pela planta é influenciada pelo genótipo, sistema de cultivo, tipo de fertilizante, formas de manejo e condições edafoclimáticas (Amado et al., 2002).

O cultivo de plantas de cobertura do solo, principalmente de leguminosas em sistema plantio direto, tem demonstrado ser uma alternativa promissora na suplementação de nitrogênio 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 do resíduo (Amado et al., 2002). O não revolvimento do solo promove uma decomposição mais lenta dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo. Promove ainda modificações na ciclagem dos nutrientes. O nitrogênio é o nutriente mais afetado, pois processos como a imobilização, mineralização, lixiviação, volatilização e desnitrificação são alterados (Lara Cabezas et al., 2000).

A utilização das plantas de cobertura combinada com uma fonte inorgânica de nitrogênio pode aumentar a eficiência de utilização do nitrogênio do fertilizante pelo milho cultivado em sistema plantio direto. As plantas de cobertura do solo podem favorecer as culturas em sucessão devido ao efeito residual e por incrementar, com o tempo, o teor de matéria orgânica do solo. O aumento do teor de matéria orgânica do solo está diretamente relacionado com a adição de nitrogênio. Essa adição de nitrogênio pode ocorrer por fixação biológica ou por meio da adição de fertilizantes minerais ou orgânicos (Amado et al., 2002). Porém, a produção de matéria seca das coberturas depende da planta utilizada, das condições edafoclimáticas e da época de plantio, em virtude do fotoperíodo.

A utilização das plantas de cobertura cultivadas antecedendo a cultura do milho é uma boa opção para o produtor. Pode ser uma alternativa principalmente para os

pequenos agricultores ou para aqueles que pretendem agregar valor ao produto agrícola com a agricultura orgânica. O emprego das plantas de cobertura visa manter a fertilidade e a integridade da vida microbiana do solo com o objetivo de suprir as exigências nutricionais e a sanidade das plantas.

Além da nutrição das culturas principais, as plantas de cobertura protegem o solo superficialmente. Dessa forma, contribuem com a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito e a viabilidade econômica do manejo do solo, utilizando plantas de cobertura do solo, de cultivares/híbridos e de doses de nitrogênio em cobertura na produtividade do milho verde e milho grão para as condições do Estado de Goiás.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO E PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL

O milho é o principal cereal produzido no Brasil e sua produtividade tem sido garantida pela utilização de quantidades substanciais de fertilizantes nitrogenados, elevando custos e ocasionando contaminação ambiental. Porém, o manejo da adubação nitrogenada é difícil por ser o N um elemento que apresenta dinâmica complexa (Raij, 1991).

Estima-se que os fertilizantes nitrogenados correspondam a 40% do custo total de produção do milho (Machado, 1997). Porém, normalmente, grande parte do N de fertilizantes minerais e de plantas de cobertura de solo não são aproveitados pelo milho no cultivo imediato à aplicação. Alguns estudos com adubos verdes, marcados com  $^{15}\text{N}$ , indicam que a maior proporção do N da biomassa dessas plantas tem como destino, o solo (Harris & Hesterman, 1990). Uma parte do N é absorvida pelas plantas, outra, perdida do sistema solo-planta por processos de lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação (Lara Cabezas et al., 2000), e o restante permanece no solo, predominantemente na forma orgânica (Coelho et al., 1991; Scivittaro et al., 2003), o qual pode ser absorvido pelas culturas cultivadas subsequente (Silva et al., 2006). Conforme Silva et al. (2006) da partição do N residual absorvido pelo milho da crotalária e da uréia, cerca de um terço deste nutriente (33%) retornou novamente ao solo pelos resíduos da cultura (palha), devendo parte interagir com a MOS mais estável e o restante deverá ser remineralizada, podendo ser absorvida novamente por cultivos subsequentes (Amado et al., 2002).

A eficiência mundial estimada de uso do N em cereais é de apenas 33%. Considerando os 67% de N que não são aproveitados, tem-se uma perda anual de 15,9 bilhões de dólares em fertilização nitrogenada (Raun & Johnson, 1999), além dos prováveis impactos negativos ao ambiente.

A principal reserva de nitrogênio do solo é a matéria orgânica, com grande significado para o suprimento do nutriente para as culturas (Thicke et al., 1993). A curto prazo, a dinâmica do N no solo é difícil de ser prevista. A quantidade de N inorgânico no solo depende, entre outros fatores, da disponibilidade de resíduos orgânicos, da relação C:N da matéria orgânica do solo (MOS), da umidade e do pH do solo. Em contrapartida, o teor total de N do solo praticamente não varia a curto prazo, ou mesmo, considerando o período de alguns anos (Raij, 1991). A contribuição relativa das formas orgânicas e minerais varia de acordo com o solo e o sistema de manejo (Stanford & Smith, 1976). A maior parte do N inorgânico do solo é derivada da mineralização da matéria orgânica e da aplicação de fertilizantes nitrogenados (Fernandes & Rossiello, 1995).

No caso do milho, no cultivo que recebeu a aplicação de nitrogênio, o aproveitamento raramente ultrapassa 50% do aplicado como fertilizante mineral (Lara Cabezas et al., 2004) e 20% do aplicado como adubos verdes (Scivittaro et al., 2000), permanecendo o N residual no solo que poderia ser aproveitado por cultivos subseqüentes (Harris et al., 1994; Amado et al., 1999).

O baixo aproveitamento do N de fontes minerais e, principalmente, de fontes orgânicas, evidencia o efeito residual deste nutriente em cultivos nos anos agrícolas subseqüentes à sua aplicação (Azam et al., 1985; Scivittaro et al., 2000). A maior recuperação no solo do N oriundo de fontes orgânicas encontra-se entre 44 % e 89 % do N para adubos verdes, e entre 12% e 53% para fertilizantes minerais (Azam et al., 1985; Harris & Hesterman, 1990; Harris et al., 1994; Scivittaro et al., 2003), o que se deve, em parte, à maior absorção do N de fontes minerais pela planta em curto prazo (Ladd & Amato, 1986). Portanto, é de grande importância o conhecimento do efeito residual do N no ano subseqüente à sua aplicação, para auxiliar na tomada de decisão quanto a formas de manejo que, além de promoverem aumento da produtividade, resultem em redução de custos e minimizem riscos ambientais.

No Brasil, grande parte da produção de milho é realizada por pequenos e médios agricultores e com algum tipo de estresse ambiental (Machado et al., 1998). Portanto, uma das alternativas para aumentar a eficiência de uso do N é sincronizar a época de aplicação de N com a fase de maior necessidade da planta e com a utilização de plantas de cobertura do solo.

## 2.2 SISTEMA DE PREPARO DO SOLO

Segundo Yokoyama et al. (2002), o preparo adequado do solo é fundamental para a produção agrícola e visa atingir três objetivos básicos: descompactação, controle de plantas infestantes anuais e perenes, incorporação de matéria orgânica e corretivos. Com a compactação e a erosão causada pelas intensas operações do preparo convencional, as conseqüências mais evidentes são a queda da produtividade das culturas, em razão da perda da camada fértil do solo, assoreamento dos cursos d'água, lagoas e represas (Silva et al., 2001).

Nas regiões tropicais e subtropicais, a diminuição do potencial produtivo dos solos agrícolas tem sido atribuída, principalmente, aos processos de erosão e decomposição da matéria orgânica do solo (Sá et al., 2001; Bayer et al., 2004). A mecanização excessiva do solo é desaconselhável, pois além de prejudicar a estrutura física e biológica o solo, onera os custos da cultura (Embrapa, 1993).

As práticas de cultivo visando à produção agrícola sustentável devem minimizar as limitações do solo e do clima, assegurando produções crescentes, além de conservar os recursos naturais e proteger o meio ambiente (Morrison & Chichester, 1994). 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 microbiológica (Amado et al., 2002; Bayer et al., 2004).

A prática do SPD ganhou espaço significativo no Sul do País pelo grande potencial em reduzir a erosão, que trazia problemas como o assoreamento de mananciais e a perda da camada fértil do solo. Nas demais áreas do país, principalmente nos Cerrados, este sistema de plantio ganhou grande adesão em meados dos anos 90, por significar, entre outros benefícios, uma redução de custos pela diminuição das operações mecânicas do solo (Derpsch & Benites, 2003).

Um sistema agrícola, ambientalmente sustentável, requer que as reservas de nutrientes e matéria orgânica do solo sejam preservadas ao longo dos anos (Greenland, 1975). Uma vez que os conteúdos de carbono e de nitrogênio do solo estão diretamente relacionados, variando numa relação entre 12:1 e 18:1, respectivamente, quando se considera a matéria orgânica estável do solo, rotações de culturas em que as perdas de N com a exportação de N em órgãos colhidos sejam maiores do que as entradas de N, promoverão a perda de C do solo, ou matéria orgânica. Esta situação é considerada



insustentável ao longo do tempo (Urquiaga et al., 2005).

O não revolvimento do solo, por meio do SPD, e a reposição do carbono orgânico, por meio de culturas de cobertura ou comerciais, são medidas fundamentais na adição e busca da manutenção da MOS. Esta se caracteriza como a principal responsável pela capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos tropicais e como importante fonte de N para as culturas (Amado et al., 2002; Sousa & Lobato, 2004). A atividade biológica do solo é intensificada na presença de matéria orgânica em interação com os nutrientes adicionados, favorecendo a estabilidade dos agregados do solo, a retenção de umidade e a melhoria do processo de infiltração de água (Cardoso, 1993). A manutenção do N em formas orgânicas impede, ou ao menos minimiza, a ocorrência de perdas de nitrogênio por lixiviação ou desnitrificação.

Portanto, no SPD, a contribuição dos resíduos vegetais na superfície do solo é fundamental para a manutenção do potencial produtivo do solo em longo prazo (Azam et al., 1985), principalmente pelos efeitos benéficos sobre a CTC (Sousa & Lobato, 2004). Todavia, o acréscimo do teor de carbono orgânico e de N total no solo somente ocorre ao longo dos anos (Gonçalves et al., 2000; Sá et al., 2001; Bayer et al., 2004).

O não revolvimento do solo também promove modificações na ciclagem dos nutrientes. O nitrogênio é o nutriente mais afetado, pois com a decomposição mais lenta dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo, processos como a imobilização, mineralização, lixiviação, volatilização e desnitrificação são alterados (Lara Cabezas et al., 2000).

Efeitos residuais de fontes de N, sejam minerais, sejam orgânicas, apresentam-se diferentemente para cada sistema de plantio adotado. A magnitude da resposta a estas fontes depende, em parte, das práticas de manejo do solo e dos resíduos vegetais, das culturas empregadas, da intensidade de exploração da área e das condições climáticas. Estes fatores influenciam diretamente a atividade da microbiota do solo, a qual é mediadora dos processos de mineralização/imobilização do N (Silva et al., 2006).

Conforme Lovato et al. (2004), a recuperação dos estoques de nitrogênio total no solo, em campo nativo, é inviável com o uso de sistema plantio convencional (SPC). Por outro lado, o estoque de nitrogênio total do solo pode ser recuperado no SPD. Assim, as espécies leguminosas com alta produção de resíduos vegetais e a adubação nitrogenada, que contribuem para a manutenção dos estoques de nitrogênio e carbono orgânico total do solo, são fundamentais para a qualidade do solo, do ambiente e para a produtividade do

milho. Conforme Raij (1991) e Coelho et al. (1992), a maior recuperação aparente do N aplicado foi observada no SPD na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup>, em que 52% do N aplicado foi recuperado pela planta, enquanto que na dose de 240 kg ha<sup>-1</sup>, a recuperação foi de apenas 12%. A baixa recuperação aparente do N aplicado referente às doses mais elevadas de N enfatiza a importância de ajustar as aplicações de fertilizantes para o mais próximo possível da quantidade requerida pela planta.

No SPD, com vistas em controlar a erosão, preconiza-se a manutenção de elevada quantidade de resíduos que protejam a superfície do solo pelo maior período de tempo possível. Por outro lado, para que a cultura de cobertura seja eficiente no suprimento de N e outros nutrientes, há necessidade de que a decomposição dos resíduos ocorra em sincronismo com a demanda da cultura em sucessão. Uma alternativa, para amenizar os efeitos negativos da imobilização de N, seria modificar a relação C:N da fitomassa das culturas de cobertura (Amado et al., 2003). Conforme Santi (2001), a adubação nitrogenada aplicada na aveia pode alterar a relação C:N da fitomassa e, conseqüentemente, o fluxo de N no sistema (Sá, 1996). Portanto, 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).

### 2.3 PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO

A adubação verde é uma prática milenar conhecida por gregos, romanos e chineses antes da Era Cristã. Tremeços, ervilhas, favas, lentilhas, vicias e outras leguminosas eram usadas há mais de 3000 anos a.C. pelos gregos (Martin & Leonard, 1949, citados por Carvalho & Amabile, 2006).

Essa técnica conservacionista foi deixada em segundo plano ao longo da história, sendo lembrada em algumas épocas, como no período feudal pelos europeus. Em 1852, Lawson descreveu mais de cinquenta espécies, freqüentemente plantas forrageiras para o fim, entre outros, de adubação verde (Paterson, 1925, citado por Carvalho & Amabile, 2006).

Com a revolução da agricultura no Século 19, que ocorreu com o advento dos fertilizantes e corretivos, essa prática foi divulgada no mundo (Carvalho & Amabile, 2006). No Brasil, um dos primeiros relatos sobre adubação verde foi feito por D'Utra

1919, citado por Carvalho & Amabile (2006), que observou o seguinte a respeito dos adubos verdes:

“O efeito melhorador dessas culturas de enterrio é hoje um fato universalmente admitido, dependendo o êxito e a sua importância prática somente do estudo e da escolha das plantas a utilizar para tal fim, em cada região, segundo a natureza da cultura que se quer beneficiar, e das diversas circunstâncias naturais e econômicas em que se opera.”

E ainda: “Quanto mais pobres forem os terrenos, mais apreciáveis serão os resultados” (Carvalho & Amabile, 2006).

A utilização das plantas de cobertura de solo tem como objetivo final beneficiar, em produtividade, as culturas econômicas, sem aumentar seus custos, por meio de todos os seus efeitos (Monegat, 1991). A inclusão de leguminosas nas rotações e a adubação nitrogenada constituem práticas altamente eficientes para o incremento dos estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total, melhoria da qualidade do solo e da produtividade das culturas (Testa et al., 1992; Teixeira et al., 1994; Vezzani, 2001). Ladd et al. (1981) enfatizaram que o benefício principal da utilização de leguminosas ao solo ocorre em longo prazo, mantendo concentrações de N orgânico para assegurar colheitas futuras.

A adubação verde ideal preconiza a consorciação entre leguminosas, gramíneas e plantas infestantes. As leguminosas são importantes por fornecerem nitrogênio por meio do processo de fixação simbiótica das bactérias do gênero *Rhizobium*. As gramíneas devem ser incluídas como produtoras de biomassa, que, por fornecerem carbono, mantêm e aumentam o teor de matéria orgânica e favorecem a flora e a fauna benéficas do solo (microorganismos). 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, e para redução dos riscos de contaminação do lençol freático por nitrato (Sá, 1996; Amado et al., 2002). Além disso, resíduos de gramíneas, em virtude de sua baixa taxa de decomposição, proporcionam melhor cobertura do solo (Perin et al., 2004). As plantas infestantes também contribuem na reciclagem de nutrientes e na preservação do ecossistema (Penteado, 2000).

O cultivo de plantas de cobertura 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). A mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e a crotalária (*Crotalaria juncea*) estão entre as espécies mais

utilizadas na adubação verde. O cultivo do milho em sucessão à crotalária proporciona maior quantidade e aproveitamento pela planta do N proveniente do fertilizante e maior produtividade de grãos (Silva et al., 2006).

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 do resíduo (Amado et al., 2002). No entanto, de maneira geral, aceita-se que materiais com relação C:N em torno de 25 causam equilíbrio entre esses processos; os valores superiores causam imobilização líquida, enquanto os valores inferiores promovem mineralização líquida de N (Aita, 1997). Entretanto, ressalta-se que a produtividade de matéria seca de plantas de cobertura do solo depende das condições intrínsecas de solo e clima local e, também, da época de cultivo, em virtude do fotoperíodo (Silva et al., 2006).

Geralmente, resíduos vegetais proporcionam também outros efeitos benéficos às culturas, muitas vezes difíceis de serem mensurados, como, por exemplo, o fornecimento de outros macro e micronutrientes, aumento na retenção de água, aeração, redução da amplitude térmica, eliminação de camadas compactadas, controle de plantas infestantes, de pragas e de doenças (Calegari, 2004). Tolentino (2006) também observou efeitos positivos na retenção de água de Latossolo Vermelho distrófico no SPD, proporcionados por leguminosas. O principal efeito, porém, é o de evitar o desencadeamento do processo erosivo do solo (Amado et al., 2002; Sousa & Lobato 2004). Corcioli (2006) observou excelente estruturação e a estabilidade dos agregados do solo, trabalhando tanto com leguminosas quanto com gramíneas no sistema plantio direto, deixadas na superfície do solo.

Segundo Soane (1990), a matéria orgânica pode interferir na resistência do solo à compactação, mediante o aumento da força de ligação entre partículas minerais, em função de sua natureza coloidal e comportamento molecular. Como consequência, há um aumento da estabilidade dos agregados e da força de retenção de água, diminuição da densidade do solo (com consequente alteração nas relações de porosidade), já que a densidade dos materiais orgânicos é consideravelmente menor que a das partículas minerais do solo; logo, a adição desses materiais ao solo resulta em uma mistura de menor densidade.

Em relação à retenção de água, Resck et al. (1982) verificaram que houve aumento na capacidade de retenção de um Latossolo Vermelho-Escuro, para todas as coberturas incorporadas, em cerca de  $0,04 \text{ cm}^3$  de água  $\text{cm}^{-3}$  de solo, até sete meses após a sua incorporação. O conteúdo de matéria orgânica e a composição da fase sólida têm papel

importante na determinação da retenção de água. A matéria orgânica tem efeito direto sobre a retenção de água devido a sua natureza hidrófila, e um efeito indireto devido à modificação da estrutura do solo (Klute, 1986). Assim, a adição regular de resíduos de adubos verdes contribui para a conservação do solo e da água, promovendo, principalmente, a melhoria da estrutura que favorece a aeração e a infiltração de água no solo, possibilitando maior penetração do sistema radicular (Igue, 1984; Lal, 1986).

Assim, sistemas de produção com uso de adubos verdes na cultura do milho, se bem planejados, podem substituir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada, sem perdas na produtividade de grãos (Santos & Reis, 2001), além de incrementos de até  $13\text{mmol}_c\text{ dm}^{-3}$  de Ca trocável e de  $24,9\text{mmol}_c\text{ dm}^{-3}$  na CTC total, com utilização de feijão de porco como planta de cobertura do solo (Collier et al., 2006). Os mesmos autores retratam incrementos de K ao final do ciclo chegam a  $35\text{mg dm}^{-3}$  com o feijão de porco e a  $30\text{mg dm}^{-3}$  com a crotalária, o que demonstra o potencial de reciclagem de nutrientes dessas leguminosas. Já os níveis de P tiveram acréscimo de até  $0,7\text{mg dm}^{-3}$  para as duas leguminosas.

#### 2.4 ASSOCIAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO E ADUBO MINERAL

Ultimamente, vários órgãos de pesquisa vêm enfocando o uso da adubação verde como princípio para uma agricultura conservacionista, ambiental e economicamente sustentável. Hoje, a adubação verde como cobertura do solo ainda é pouco utilizada, mas a cultura de cobertura antecessora já constitui um dos critérios para a recomendação de adubação nitrogenada para o milho em 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) recomendaram 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.

O aumento de rendimento das culturas ao longo dos anos deve-se à melhoria das práticas de manejo, uso de híbridos mais produtivos, melhoria da qualidade do solo e, principalmente, ao aumento do suprimento de N mineral e aos sistemas de culturas com leguminosas, que promoveram acúmulo deste nutriente no solo (Amado et al., 2001). Os efeitos residuais de culturas antecessoras apresentam-se diferentemente para cada sistema

adotado e dependem principalmente das condições climáticas, do sistema de cultivo, da cultura empregada, do manejo promovido sobre os resíduos (fragmentação ou dessecação), da intensidade de exploração da área e das características do resíduo, sobretudo sua relação C:N (Silva et al., 2006).

### **3 EFEITO DO MANEJO DO SOLO UTILIZANDO PLANTAS DE COBERTURA, CULTIVARES/HÍBRIDOS E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DO MILHO**

#### **RESUMO**

O milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, especialmente os nitrogenados. Por se relacionar a baixa produtividade brasileira da cultura ao uso inadequado do nitrogênio tornam-se necessários estudos que visem verificar qual é a quantidade a ser aplicada para se atingir a maior produtividade, com menores perdas. Uma das formas que vem sendo estudada para reduzir a quantidade de nitrogênio aplicada e aumentar a eficiência de utilização do nitrogênio inorgânico, proveniente dos fertilizantes, é a associação de plantas de cobertura do solo com o fertilizante nitrogenado. O trabalho teve como objetivo verificar o efeito do manejo do solo com a utilização de plantas de cobertura, cultivares/híbridos e doses de nitrogênio em cobertura nas características vegetativas e reprodutivas, relacionadas a produtividade do milho. O experimento foi conduzido com milho safrinha no campo experimental da Embrapa Arroz e Feijão, em Latossolo Vermelho Distrófico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições em arranjo de parcelas sub-sub-divididas. As parcelas foram formadas por quatro tipos de manejo do solo: plantio direto do milho sobre palhada de mucuna preta (*Mucuna aterrima* Merr.); plantio direto do milho sobre palhada de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.); plantio direto do milho sobre vegetação infestante (pousio) e plantio do milho no sistema de preparo convencional (arado de aiveca). As subparcelas foram formadas por cinco doses de nitrogênio em cobertura: 0, 45, 90, 180 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio/uréia em cobertura; e as sub-sub-parcelas por quatro cultivares/híbridos de milho: BRS 3003, AG 1051, Milho Verde HT-1, Milho Verde HT-2. Concluiu-se que: Existe efeito da cultivar/híbrido e do manejo do solo sobre características vegetativas como altura de plantas e da primeira espiga e sobre características produtivas como rendimento de polpa e de grãos e massa de mil grãos de milho; aumento da altura das plantas, plantas acamadas, rendimento de polpa e de grãos e massa de mil grãos com o aumento da dose de nitrogênio em cobertura; e não há interação entre cultivar/híbrido, manejo do solo e dose de nitrogênio em cobertura na produtividade do milho.

*Palavras-chave:* *Zea mays* L.; plantas de cobertura; N mineral; rendimento de polpa.

#### **EFFECT OF SOIL MANAGEMENT USING SOIL COVER PLANTS, HYBRIDS AND DOSE OF NITROGEN IN THE PRODUCTIVITY OF CORN**

#### **ABSTRACT**

The corn crop is one of the most demanding in fertilizer, especially nitrogen. To be related the low Brazilian productivity misuse of nitrogen become necessary studies that aim to determine which amount to be applied to achieve greater productivity, with less losses, in other words, that aimed greater efficiency in the use of this nutrient . One way have been studied to reduce the amount of nitrogen applied and increase the efficiency of use of inorganic nitrogen, from the fertilizer, it is the combination of plants that cover the ground with nitrogened fertilizer. The study aimed to determine the effect of soil

management with the use of soil cover plants, hybrids and nitrogen doses in coverage in the vegetative and reproductive characteristics, related to productivity of corn. The corn, in the experiment, was planted at beginning of February in the field trial of Embrapa Arroz e Feijão, Red Latosol Distrophic. The experimental design was a randomized complete block with three replicates the arrangement of plots in sub-sub-divided. The plots were formed by four types of soil management: direct planting of corn on the black mucuna stubble (*Mucuna aterrima* Merr.); direct planting of corn on the of crotalária juncea stubble (*Crotalaria juncea* L.); direct planting of corn on vegetation spontaneous (aside) and planting corn in the system of conventional tillage (arado of aiveca). The subplots were formed by five doses of nitrogen in coverage: 0, 45, 90, 180 and 360 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen in coverage, and the sub-sub-plots of four hybrids of corn: BRS 3003, AG 1051, Green Corn HT-1, HT-2 Green Corn. It was concluded that: there is effect of hybrid and soil management on vegetative characteristics such as plant height and the first spik and on productive characteristics as income from pulp and grain and mass in a thousand grains of corn, there is an increase of height of the plants, recumbent plants, and income of pulp and grain and mass of a thousand grains with increasing dose of nitrogen in coverage, and there is no interaction between hybrid, soil management and dose of nitrogen in coverage of the productivity of corn .

*Key words:* *Zea mays* L.; green fertilazer; mineral N; income of pulp.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, especialmente os nitrogenados. O suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais limitantes ao rendimento de grãos do milho, por exercer importante função nos processos bioquímicos da planta (Rambo et al., 2004). O N é o nutriente absorvido em maiores quantidades e o que tem maior influência na produtividade. Na maioria das vezes o aumento da dose aplicada proporciona aumento no rendimento da cultura (Lantmann et al., 1986). Porém, cultivares respondem diferentemente à sua aplicação (Fernandes et al., 2005). Sabe-se que existe grande variação no aproveitamento do N do fertilizante pelo milho, que raramente ultrapassa a 50% do N aplicado (Scivittaro et al., 2000).

O cultivo de adubos verdes, ou plantas de cobertura do solo, pode favorecer outras culturas em rotação ou sucessão, graças ao efeito residual (Scivittaro et al., 2000), e com o tempo, incrementar o teor de matéria orgânica do solo, o qual está diretamente relacionado com a adição de nitrogênio. As leguminosas, de modo geral, possuem capacidade de fixar N atmosférico em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, além da baixa relação C:N, o que favorece a rápida decomposição e liberação desse nutriente para a cultura em sucessão (Ceretta et al., 1994). Também, deve-se considerar que a adição



de material orgânico mediante plantas de cobertura proporciona modificações gerais nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (De-Polli & Chada, 1989). Ceretta et al. (1994) verificaram que o cultivo de leguminosas na primavera é uma técnica eficiente no aumento da disponibilidade de nitrogênio para o milho em sucessão, principalmente, quando estas são incorporadas ao solo no sistema de preparo convencional. Conforme Aita et al. (2001) a maior presença de resíduos orgânicos, na superfície do solo em sistema de plantio direto (SPD), favorece uma maior atividade e imobilização do N pelos microrganismos quimiorganotróficos, podendo assim, comprometer a disponibilidade de N para o milho (Amado et al., 2002; Bortolini et al., 2002).

Segundo Malavolta & Kliemann (1985), o adubo verde é, geralmente, uma leguminosa cultivada e cortada no início, ou antes, de seu florescimento, e deixada sobre a superfície do solo, ou a ele incorporada. Atualmente, a terminologia adubos verdes vem sendo substituída por cobertura verde do solo ou, simplesmente, plantas de cobertura do solo em algumas regiões do país.

A sucessão plantas de cobertura na cultura do milho propicia melhor aproveitamento de adubos químicos e redução nos custos com adubação mineral, devido ao aumento da atividade biológica do solo (Hernani et al., 1995). Contudo, a resposta das culturas depende da interação de fatores como a natureza do material (relação C:N e teor de lignina), as propriedades do solo, as características da cultura principal e o clima (Lal, 1986; Amabile et al., 1994). A sucessão de cultivos distintos contribui para manter o equilíbrio dos nutrientes no solo e aumentar a sua fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do manejo do solo utilizando plantas de cobertura do solo, cultivares/híbridos e doses de nitrogênio em cobertura sobre a produtividade de milho verde e milho grão para as condições do Estado de Goiás.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Condução do experimento

O experimento foi conduzido na fazenda experimental da Embrapa Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás, em Latossolo Vermelho Distrófico,

textura argilosa, com o milho na época safrinha. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições em arranjo de parcelas sub-sub-divididas. As parcelas foram formadas por quatro tipos de manejo do solo: plantio direto do milho sobre palhada de mucuna preta (*Mucuna aterrima* Merr.); plantio direto do milho sobre palhada de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.); plantio direto do milho sobre vegetação infestante (pousio) e plantio do milho no sistema de preparo convencional (arado de aiveca). As subparcelas foram formadas por cinco doses de nitrogênio em cobertura: 0, 45, 90, 180 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio/uréia em cobertura; e as sub-sub-parcelas por quatro cultivares/híbridos de milho: BRS 3003, AG 1051, Milho Verde HT-1, Milho Verde HT-2.

A área para implantação das plantas de cobertura do solo foi preparada, arada, gradeada e plantada com as leguminosas, setenta dias antes do plantio do milho. A densidade de plantio das leguminosas foi de cinquenta sementes de crotalária m<sup>-2</sup> e dez sementes de mucuna m<sup>-2</sup>. Para o caso do pousio a cobertura contou com a vegetação espontânea de plantas infestante de ocorrência comum na área experimental. As principais plantas infestantes de ocorrência na área foram: em maior intensidade o timbete (*Cenchrus echinatus* - Poacea) e a trapoeraba (*Commelina bengalensis* - Commelinacea) e algumas outras em pequena intensidade como o leiteiro (*Euphorbia heterophylla* - Euphorbiacea), mentrasto (*Agerantum conyzoides* - Composita), poaia branca (*Richardia brasiliensis* - Rubiaceae) e picão (*Bidens pilosa* - Asteraceae). Dez dias antes da semeadura do milho as plantas de cobertura do solo foram manejadas com herbicida dessecante (1L ha<sup>-1</sup> de Randup e 0,3 L ha<sup>-1</sup> de 2,4 D) e posteriormente utilizou-se um rolo compactador para tombar a palhada e facilitar a semeadura. Antes da dessecação das plantas foram coletadas amostras de solo para análise química, que apresentou os seguintes resultados:

pH (H<sub>2</sub>O) = 6,0; Ca = 2,66 (cmolc dm<sup>-3</sup>); Mg = 1,16 (cmolc dm<sup>-3</sup>); Al<sup>+++</sup> = 0 (cmolc dm<sup>-3</sup>); H<sup>+</sup> + Al<sup>+++</sup> = 3,46 (cmolc dm<sup>-3</sup>); P = 6,0 (mg dm<sup>-3</sup>); K = 59 (mg dm<sup>-3</sup>); Cu = 1,1 (mg dm<sup>-3</sup>); Zn = 2,9 (mg dm<sup>-3</sup>); Fe = 37 (mg dm<sup>-3</sup>); Mn = 32 (mg dm<sup>-3</sup>); MOS = 19 (g dm<sup>-3</sup>).

As cultivares de milho foram semeadas manualmente após abertura mecânica dos sulcos no dia 02/02/2006. A adubação de plantio foi de 317 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-30-16+0,4Zn, aplicada com semeadora de plantio direto, inclusive no SPC.

Cada unidade experimental foi constituída de duas fileiras de milho de quatro metros. O espaçamento entre linhas foi de 0,70m com quatro plantas por metro constituindo estande de 57 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação de cobertura, realizada com uréia, foi parcelada em duas partes iguais. A primeira aplicação aos quinze dias após a

emergência e, a segunda, quinze dias após a primeira. Para o controle das plantas infestantes aplicou-se 3 L ha<sup>-1</sup> de Atrazina e 0,5 L ha<sup>-1</sup> de Samson aos quarenta dias após o plantio do milho. Não foi necessário o controle de doenças e pragas. Realizou-se preventivamente a liberação de trichogramma para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

No ponto de milho verde foram avaliadas a altura de planta, altura da primeira espiga, massa de espiga verde e massa de polpa (rendimento de massa). No ponto de grão foram avaliadas massa de espigas secas, massa de grãos secos (rendimento de grãos) e massa de mil grãos. A análise estatística foi realizada com auxílio do programa estatístico SAS.

### **3.2.2 Cultivares/híbridos utilizados**

O híbrido triplo de milho BRS 3003 alia alta produtividade e estabilidade de produção. Esse híbrido tem ampla adaptação às diferentes condições de clima e solo do Brasil, sendo indicado para cultivo nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Norte do Paraná, Sudoeste da Bahia e Sul dos Estados do Maranhão e do Piauí. Os grãos do híbrido BRS 3003 desenvolvido pela Embrapa são do tipo semiduro alaranjados (que vêm sendo preferidos pelo mercado) e possuem boa sanidade. O BRS 3003 apresenta espigas uniformes e tem ciclo precoce (Embrapa Milho e Sorgo, 2007).

O híbrido duplo de milho AG 1051 é líder na produção de milho verde e pamonha, podendo também ser utilizado para silagem por apresentar grande quantidade de massa verde de alta digestibilidade (Sementes Agrocere, 2007). O AG 1051 é bastante utilizado na agricultura familiar porque além do bom rendimento de polpa proporciona bons resultados como milho grão. Já os híbridos triplos de milho verde HT-1 e HT-2, foram desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo e estão em fase de avaliação para possivelmente serem lançados no ano de 2008.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cultivar/híbrido e o manejo do solo apresentaram efeito significativo na altura das plantas e da primeira espiga de milho (m) e em características relacionadas com a produtividade, como o rendimento de polpa e de grãos e massa de mil grãos (Tabelas 1.1 e 1.2). O AG 1051 foi o que apresentou a maior altura de planta e de inserção da primeira espiga, seguido do HT-1 e HT-2, que não diferiram entre si. As cultivares/híbridos não apresentaram diferença quanto ao acamamento de plantas. No SPC observou-se menor altura de inserção da primeira espiga de milho (m) e o menor número de plantas acamadas, não se diferenciando significativamente para o SPD/mucuna preta e SPD/pousio para primeira variável (primeira espiga de milho) e para SPD/mucuna preta e SPD/crotalária juncea para a segunda variável (plantas acamadas), respectivamente.

O tratamento SPD/mucuna preta foi o que apresentou as menores alturas de plantas (Tabela 1.2), porém no tratamento SPC é que se observou a menor altura de inserção da primeira espiga e o menor número de plantas acamadas, não se diferenciando da SPD/mucuna preta e da SPD/crotalária juncea.

O HT-1 e a cultivar AG 1051 se destacaram no rendimento de polpa, o que de certa forma era esperado por serem utilizadas pra consumo in natura, porém esperava-se que o HT-1 e o HT-2 fossem bem superiores ao AG 1051 para justificar o seu futuro lançamento, sendo necessária a continuação das avaliações. A cultivar BRS 3003, bastante utilizada comercialmente devido ao seu bom rendimento de grãos, foi superior às demais em relação ao rendimento de grãos e massa de mil grãos (Tabela 1.1).

**Tabela 1.1.** Comportamento das cultivares/híbridos de milho em relação às características vegetativas e produtivas.

Cultivar/ híbrido	Altura de plantas (m)	Altura 1 <sup>a</sup> espiga (m)	Plantas Acamadas	Rendimento de polpa (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa 1000 grãos (kg)	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
BRS 3003	2,05 c	1,07 c	0,4 a	4120 b	0,279 a	5915 a
AG 1051	2,29 a	1,25 a	0,6 a	5160 a	0,193 b	5091 b
HT - 1	2,13 b	1,11 b	0,4 a	5340 a	0,184 b	5321 b
HT - 2	2,18 b	1,13 b	0,7 a	4410 b	0,163 c	4378 c
CV %	5,33	9,11	27,09	23,93	13,57	17,54

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

**Tabela 1.2.** Características vegetativas e produtivas do milho em relação ao manejo do solo.

Manejo do solo	Altura de plantas (m)	Altura 1ª espiga (m)	Plantas Acamadas	Rendimento polpa (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa 1000 grãos (kg)	Rendimento grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
SPD/Mucuna	2,09 b	1,13 ab	0,4 ab	4240 c	0,191 b	4511 c
SPD/Crotalária	2,19 a	1,17 a	0,5 ab	4000 c	0,197 b	4837 c
SPD/Pousio	2,16 a	1,13 ab	0,9 a	4780 b	0,215 a	5347 b
SPC	2,21 a	1,11 b	0,3 b	6000 a	0,216 a	5973 a
CV %	5,33	9,11	27,09	23,93	13,57	17,54

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Quanto ao manejo do solo, o SPC apresentou maior rendimento de grãos (Tabela 1.2). Favarin & Fancelli (1992), observaram que há tendência de superioridade, de forma geral, do sistema preparo convencional (SPC) sobre o SPD, sendo que quantitativamente esta superioridade significou aproximadamente 676 Kg de milho por hectare. Porém, quando ocorrem condições climáticas desfavoráveis o SPD se mostra superior, já que a ausência do revolvimento do solo condiciona a presença de maior microporosidade na sua camada superficial, estimada pela maior resistência à penetração, sendo que os resíduos na superfície do solo contribuem para a conservação de maior teor de água disponível (Blevins et al., 1971; Lal, 1975). Outro fator importante conforme Siqueira et al. (1994), é que a imobilização de N na biomassa, intensificada no SPD, torna a reciclagem do N mais vagarosa, porém mais eficiente, quando comparada àquela incorporada por meio de arações, escarificações e gradagens.

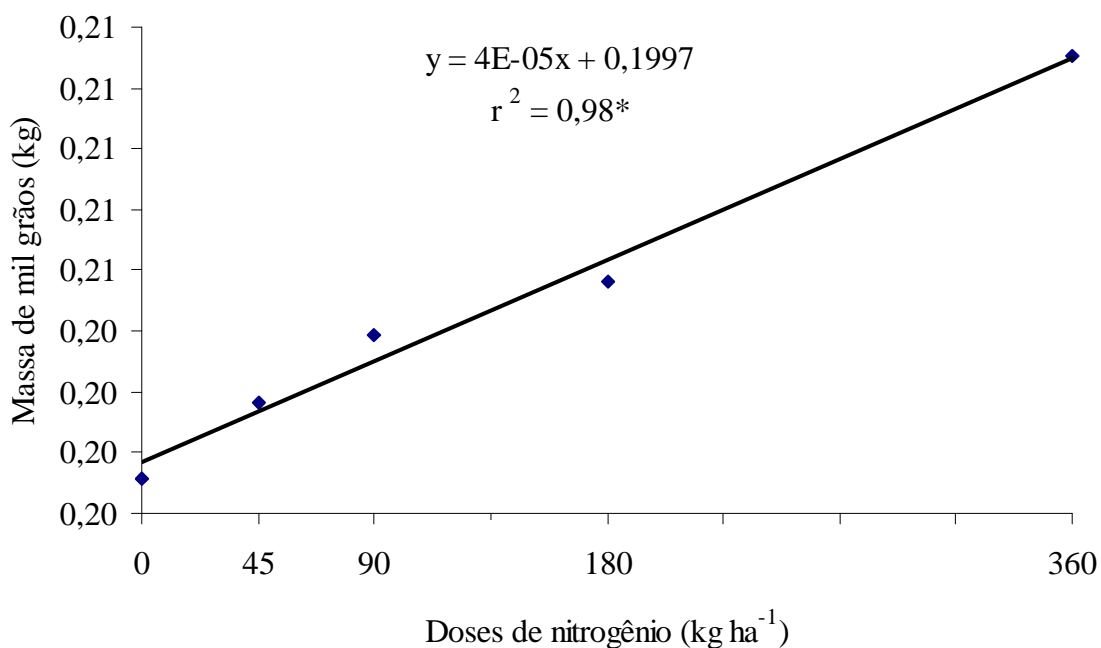
No SPD o manejo de solo que se destacou foi o SPD/pousio, sendo este superior em relação ao manejo SPD/mucuna preta e SPD/crotalária juncea para características produtivas como rendimento de polpa e de grãos e massa de mil grãos, os quais não diferiram entre si (Tabela 1.2). Mascarenhas et al. (1998) verificaram maior produtividade de milho em sucessão à crotalária no terceiro ano de cultivo, comparada a do pousio com monocultivo de milho, atribuindo tal fato ao maior fornecimento de N residual pela crotalária. De acordo com Silva et al. (2006a), o baixo aproveitamento do N pelo milho no ano agrícola subsequente deve-se, provavelmente, ao fato de o N remanescente das culturas de cobertura e do fertilizante mineral ser encontrado, predominantemente, sob a forma de compostos orgânicos e sua disponibilidade seguir o padrão de mineralização da MOS (Harris et al., 1994). Por esta razão, o aproveitamento por cultivos subsequentes é, em geral, bastante pequeno, da ordem de 1% a 6% do montante aplicado (Harris & Hesterman, 1990; Scivittaro et al., 2000).

Tais constatações demonstram que parte do N e de outros nutrientes contidos na massa seca da crotalária pode favorecer os cultivos subseqüentes, evidenciando os benefícios do cultivo de culturas de cobertura na entressafra na manutenção do potencial produtivo do solo a longo prazo. Portanto, a superioridade do SPC quanto as características produtivas em relação as demais coberturas pode estar relacionado ao fato de ser o primeiro ano de SPD e de utilização da crotalária e da mucuna na área. Para Jones Junior et al. (1969), a maior produção de grãos no SPC ocorre apenas no primeiro ano de adoção deste sistema de produção.

O manejo SPD/pousio segue o mesmo princípio de utilização das plantas de cobertura, já que, na sua composição, houve uma diversidade de plantas responsáveis pela melhoria das propriedades do solo. Porém, como problemas da utilização do pousio como cobertura do solo, estão a heterogeneidade de sua composição e o aumento do banco de sementes na área.

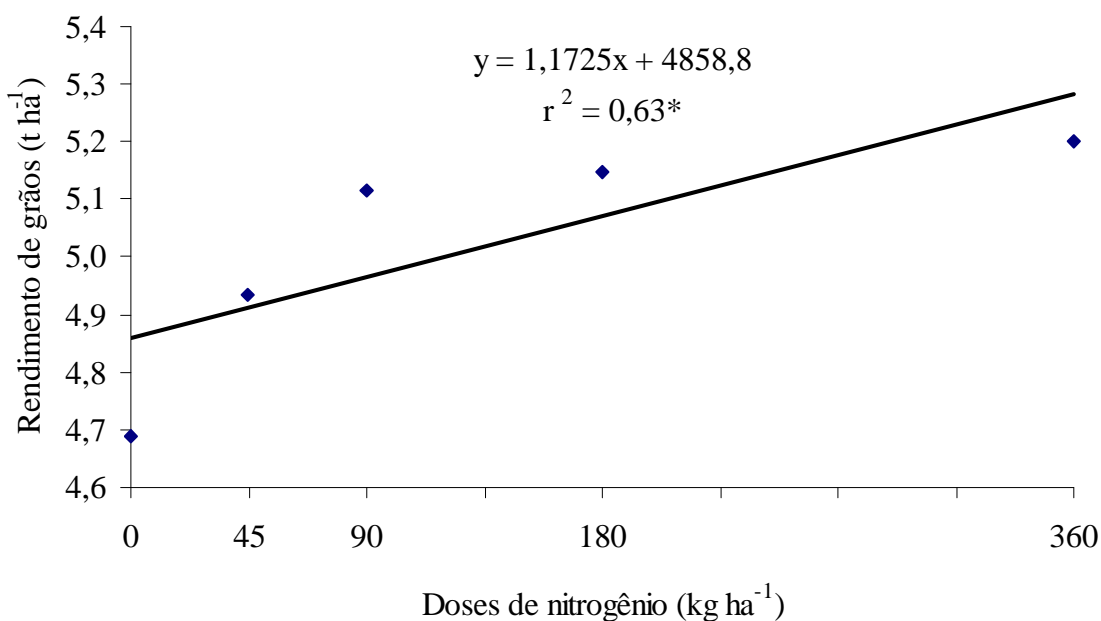
Assim, o cultivo de plantas de cobertura deve envolver gramíneas e leguminosas, para obter uma combinação da maior habilidade das gramíneas em reciclar nutrientes com a capacidade das leguminosas em fixar o nitrogênio atmosférico (Clark et al., 1997; Heinrichs et al., 2001), resultando numa fitomassa com relação C:N intermediária àquela das culturas solteiras (Clark et al., 1997; Amado & Mielniczuk, 2000), proporcionando, simultaneamente, proteção do solo e fornecimento de N à cultura em sucessão (Heinrichs et al., 2001).

Quanto a influência da dose de N em cobertura houve efeito significativo sobre a altura de plantas, número de plantas acamadas, massa de mil grãos, rendimento de grãos e rendimento de polpa. O aumento na dose de N em cobertura influenciou a massa de mil grãos (Figura 1.1) e conseqüentemente no rendimento dos grãos (Figura 1.2). A influência do N no rendimento dos grãos se dá pelo fato que o suprimento de N está diretamente relacionado com a produção do milho, visto que a formação dos grãos depende de proteínas na planta (Yamada, 1997).



**Figura 1.1.** Massa de mil grãos de milho (kg) em função das doses de nitrogênio em cobertura.

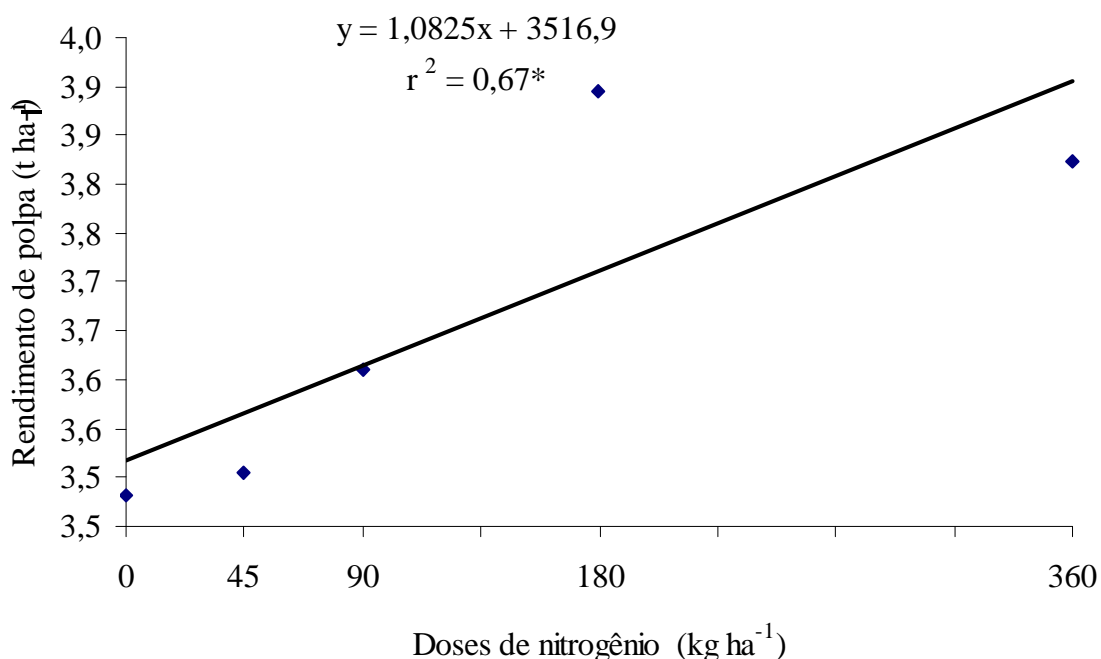
\* valor significativo ao nível de 5% de probabilidade



**Figura 1.2.** Rendimento de grãos de milho (t ha<sup>-1</sup>) em função das doses de nitrogênio em cobertura.

\* valor significativo ao nível de 5% de probabilidade.

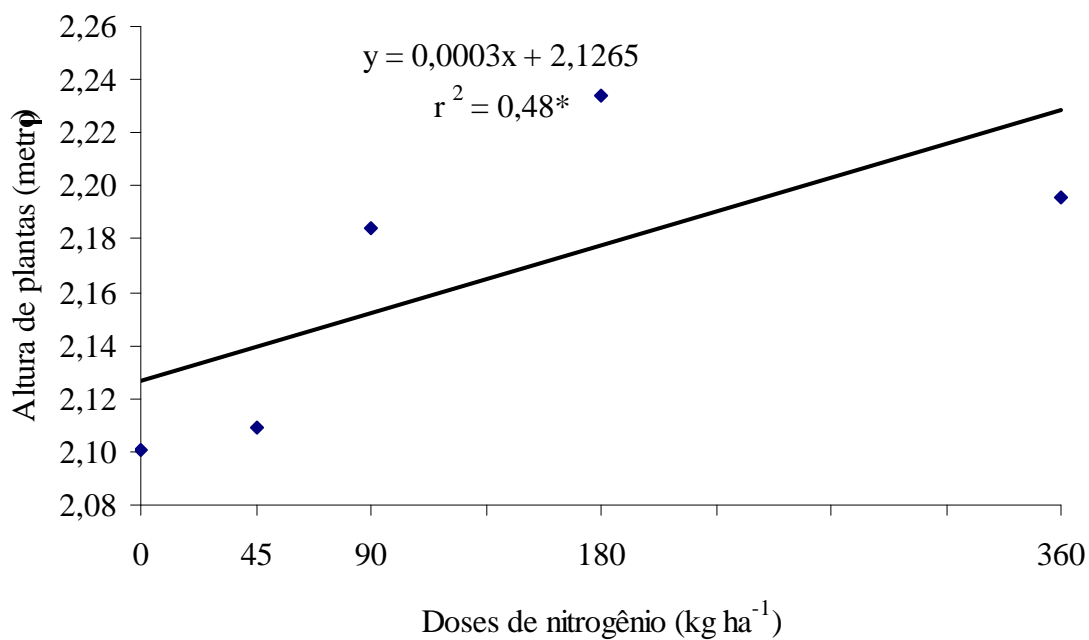
Pode-se observar que com o aumento da adubação nitrogenada houve um aumento no rendimento de polpa (Figura 1.3). Apesar de haver um incremento em massa de mil grãos, em rendimento de grãos e em rendimento de polpa, esse incremento é pequeno em relação ao aumento do custo com a utilização de maiores doses de N em cobertura. Um outro fator importante é que a maior dose de nitrogênio influencia significativamente na altura das plantas (Figura 1.4) e no número de plantas acamadas (Figura 1.5). Estes resultados corroboram com Silva et al. (2006b), que observaram que as doses de N, assim como as plantas de cobertura do solo, influenciaram significativamente na altura de planta, na altura de inserção da espiga e na produtividade de grãos de milho.



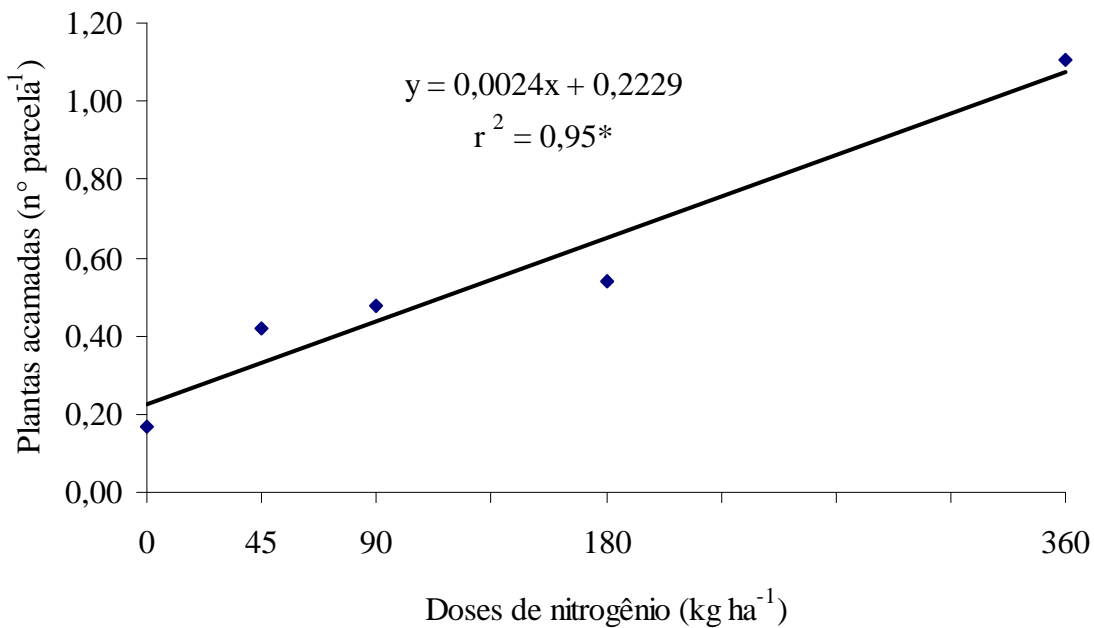
**Figura 1.3.** Rendimento de polpa de milho (t ha<sup>-1</sup>) em função das doses de nitrogênio em cobertura.

\* valor significativo ao nível de 5% de probabilidade.





**Figura 1.4.** Altura das plantas de milho em função das doses de nitrogênio em cobertura.  
\* valor significativo ao nível de 5% de probabilidade.



**Figura 1.5.** Número de plantas de milho acamadas em função das doses de nitrogênio em cobertura.  
\* valor significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O pequeno incremento na produtividade de grãos do milho pode ser devido as possíveis perdas do N mineralizado dos adubos verdes pelos processos de lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão (Silva et al., 2006b). Schreiber et al. (1988), observaram que da maior parte do N na planta, 77%, foi proveniente do solo e outras fontes (resíduos vegetais das plantas de cobertura, precipitação pluvial, fixação biológica). Silva et al. (2006) também observaram que independentemente da dose de N ou sistema de manejo, o solo foi a principal fonte de N para o milho, sendo superior à uréia conjuntamente aos adubos verdes. A magnitude de respostas ao aproveitamento do N de adubos verdes pelo milho deve-se, principalmente, às distintas condições edafoclimáticas, e do potencial de fornecimento deste nutriente pelo solo (Scivittaro et al., 2000; Muraoka et al., 2002). Porém, apesar da importância do N do solo, conforme reportado por Silva et al. (2006b), o aproveitamento do N da crotalária pelo milho aumentou de forma linear com o incremento da dose de N aplicada, variando de 12,9% a 17,2% no primeiro ano agrícola e de 12,0% a 21,2% no segundo ano agrícola. Assim, fica evidente a importância do N orgânico do solo e do N proveniente de outras fontes como a de plantas de cobertura, no fornecimento de N para o milho.

A eficiência da adubação nitrogenada é dependente de condições climáticas, “tipo” de solo, acidez, conteúdo de argila, cultivares, cultura anterior, distribuição de chuvas, níveis de fertilização nitrogenada e sua interação com outros nutrientes (Sims et al., 1998). Porém, no presente trabalho nenhuma interação significativa entre as variáveis estudadas, cultivar/híbrido, manejo do solo e doses de nitrogênio, foram observadas. Silva et al. (2006) também verificaram que a combinação entre plantas de cobertura e N mineral não otimizou a eficiência de utilização do N residual destas fontes. Diferente do observado por De-Polli & Chada (1989), que estabeleceram a hipótese de que o uso combinado de uma fonte inorgânica de N, com plantas de cobertura, poderia aumentar a eficiência de utilização de N do fertilizante pelo milho cultivado em SPD.

### 3.4 CONCLUSÕES

A cultivar/híbrido AG 1051 mostra superioridade para às características altura de plantas (m), altura de primeira espiga (m), plantas acamadas e rendimento de polpa ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

Para as características massa de mil grãos (kg) e rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) o híbrido triplo de milho BRS 3003 mostra superioridade;

Existe efeito do manejo do solo sobre a altura de plantas e da primeira espiga, sobre o número de plantas acamadas e sobre o rendimento de polpa e de grãos e massa de mil grãos de milho;

Existe aumento da altura das plantas, plantas acamadas, rendimento de polpa e de grãos e massa de mil grãos de milho com o aumento da dosagem de nitrogênio em cobertura;

Não existe interação entre cultivar/híbrido, manejo do solo e dose de nitrogênio em cobertura na produtividade do milho.

#### **4 ANÁLISE ECONÔMICA DO MANEJO DO SOLO COM A UTILIZAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA, CULTIVARES/HÍBRIDOS E DOSES DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DE MILHO GRÃO**

##### **RESUMO**

O milho é o principal cereal produzido no Brasil e sua produtividade é bastante afetada pelo uso inadequado do nitrogênio, que é o nutriente absorvido em maiores quantidades e, portanto, responsável por uma parte significativa nos custos de produção. Devido à importância do nitrogênio para a cultura do milho torna-se necessário estudos para otimizar a quantidade e a forma de aplicação deste nutriente a fim de reduzir perdas e aumentar a eficiência da sua utilização, além de minimizar os riscos ambientais. Tendo em vista que a sucessão plantas de cobertura do solo reduz a necessidade de aplicação de nitrogênio inorgânico, este estudo teve como objetivo verificar a viabilidade econômica do manejo do solo com a utilização de plantas de cobertura do solo, cultivares/híbridos e doses de nitrogênio em cobertura, sobre a produtividade do milho. O experimento foi conduzido com milho safrinha no campo experimental da Embrapa Arroz e Feijão, em Latossolo Vermelho Distrófico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições em arranjo de parcelas sub-sub-divididas. As parcelas foram formadas por quatro tipos de manejo do solo: plantio direto do milho sobre palhada de mucuna preta (*Mucuna aterrima* Merr.); plantio direto do milho sobre palhada de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.); plantio direto do milho sobre vegetação infestante (pousio) e plantio do milho no sistema de plantio convencional (arado de aiveca). As subparcelas foram formadas por cinco doses de nitrogênio em cobertura: 0, 45, 90, 180 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura; e as sub-sub-parcelas por quatro cultivares/híbridos de milho: BRS 3003, AG 1051, Milho Verde HT-1, Milho Verde HT-2. A análise da relação benefício/custo foi realizada com base em preços de materiais e serviços levantados em abril de 2007. A relação benefício/custo nos diferentes sistemas foi realizada em planilhas do excel, sendo viável economicamente uma relação superior a 1,0. O melhor manejo do solo quanto à relação benefício/custo é o pousio sem nenhuma adição de nitrogênio em cobertura, seguido do sistema de plantio convencional com 45 kg ha<sup>-1</sup> ou sem adição de nitrogênio.

*Palavras-chave:* relação benefício/custo; *Mucuna aterrima*; *Crotalaria juncea*; nutrição mineral.

#### **ECONOMIC ANALYSIS OF SOIL MANAGEMENT WITH THE USE OF SOIL COVER PLANTS, HYBRIDS AND NITROGEN RATE IN THE PRODUCTIVITY OF GRAIN CORN**

##### **ABSTRACT**

The corn is the main cereal produced in Brazil and its productivity is very affected by the improper use of nitrogen, which is the nutrient absorbed in larger quantities and therefore responsible for a significant share in production costs. Due to the importance of nitrogen for the corn crop becomes necessary studies to reduce the amount of nitrogen applied to the crop, reducing losses and increasing the efficiency of its use, beside minimize environmental risks. As the succession of plants cover the ground corn reduces

the need for inorganic nitrogen application of the experiment aimed to check the economic viability of soil management with the use of soil cover plants, hybrids and doses of nitrogen in coverage on the productivity of corn. The experiment was conducted as safrinha corn field trial of Embrapa Arroz e Feijão, Red Latosol Distrophic. The experimental design was a randomized complete block with three replicates the arrangement of plots in sub-sub-divided. The plots were formed by four types of soil management: direct planting of corn on the black mucuna stubble (*Mucuna aterrima* Merr.); direct planting of corn on the of crotalaria juncea stubble (*Crotalaria juncea* L.); direct planting of corn on vegetation spontaneous (aside) and planting corn in the system of conventional tillage (arado of aiveca). The subplots were formed by five doses of nitrogen in coverage: 0, 45, 90, 180 and 360 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen in coverage, and the sub-sub-plots of four hybrids of corn: BRS 3003, AG 1051, Green Corn HT-1, HT-2 Green Corn. The analysis of the benefit / cost was performed on the basis of prices of materials and services raised in April 2007. The benefit / cost in the various systems was held in the Excel spreadsheets, and economically viable a relationship exceeding 1.0. The best soil management as the benefit / cost is the fallow without any addition of nitrogen in coverage, followed by the system of conventional tillage with 45 kg ha<sup>-1</sup> or without the addition of nitrogen.

*Key words:* the benefit / cost; *Mucuna aterrima*; *Crotalaria juncea*; mineral nutrition.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

Os Estados Unidos na safra 2006/07 ocuparam a posição de maior produtor mundial de milho (278.797 mil toneladas), porém a elevação dos preços do petróleo e a necessidade de utilização de fontes energéticas menos poluentes têm incentivado a produção de biocombustíveis naquele país. A retração da oferta de milho dos Estados Unidos no mercado internacional, maior produtor e exportador, deve impulsionar os preços do produto. Além da retração da oferta de milho estadunidense afetar as cotações internacionais, a China passou a importar o produto e o uso industrial de milho na China é um mercado novo e crescente, que pode beneficiar países como Brasil e Argentina, pois haverá espaço no mercado para a ampliação da oferta do produto (Agrianual, 2007).

O milho é o principal cereal produzido no Brasil, cultivado em cerca de 12,5 milhões de hectares, com produção de aproximadamente 40,5 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 3,3 toneladas por hectare (Agrianual, 2007). Um dos principais fatores responsáveis por essa baixa produtividade é o manejo incorreto do nitrogênio, cuja eficiência da utilização pela planta é influenciada pelo sistema de cultivo, tipo de fertilizante, formas de manejo e condições edafoclimáticas (Amado et al., 2002).

Para o milho, o nitrogênio é o nutriente aplicado em maior quantidade, o mais limitante para o crescimento e desenvolvimento da planta e o que mais onera o custo de produção (Amado et al., 2002). Dada a importância crescente dessa cultura como segunda safra anual (safrinha), em sucessão a uma cultura de verão, torna-se de fundamental relevância o conhecimento da economicidade da produção para auxiliar na tomada de decisão quanto a formas de manejo que, além de promoverem aumento da produtividade, resultem em redução de custos e minimizem riscos ambientais. De acordo com o sétimo levantamento de avaliação da safra 2006/07, da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2007), realizado em março de 2007, a área e a produção de milho safrinha na Região Centro-Sul brasileira deverão atingir, respectivamente, 3,7 milhões de hectares e 13,8 milhões de toneladas, o que representa aumentos de 26% e 36% em relação à safra do ano precedente.

Com essa tendência de aumento, uma boa opção para o produtor diminuir os custos com a utilização de fertilizantes nitrogenados é a utilização das plantas de cobertura do solo, também conhecidas como adubos verde, antecedentes ao milho. Essa é uma alternativa viável principalmente para os pequenos agricultores ou para aqueles que pretendem agregar valor ao produto com a agricultura orgânica. O emprego das plantas de cobertura do solo visa manter a fertilidade e a integridade da vida microbiana do solo com o objetivo de suprir as exigências nutricionais e melhorar a sanidade das plantas. Além da nutrição das culturas principais, as plantas de cobertura protegem o solo superficialmente. Dessa forma, contribuem com a manutenção das características físicas, químicas e biológicas do solo.

Esse trabalho teve como objetivo a análise econômica do manejo do solo com a utilização de plantas de cobertura, de cultivares/híbridos e de doses de nitrogênio em cobertura na produtividade de milho grão, obtendo-se assim a relação benefício/custo nos diferentes sistemas.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Condução do experimento

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás, em Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, com milho na época safrinha. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições em arranjo de parcelas sub-sub-divididas. As parcelas foram formadas por quatro tipos de manejo do solo: plantio direto do milho sobre palhada de mucuna preta (*Mucuna aterrima* Merr.); plantio direto do milho sobre palhada de crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.); plantio direto do milho sobre vegetação infestante (pousio) e plantio do milho no sistema de preparo convencional (arado de aiveca). As subparcelas foram formadas por cinco doses de nitrogênio em cobertura: 0, 45, 90, 180 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio/uréia em cobertura; e as sub-sub-parcelas por quatro cultivares/híbridos de milho: BRS 3003, AG 1051, Milho Verde HT-1, Milho Verde HT-2.

A área para implantação das plantas de cobertura do solo foi preparada, arada, gradeada e plantada com as leguminosas, setenta dias antes do plantio do milho. A densidade de plantio das leguminosas foi de cinquenta sementes de crotalária m<sup>-2</sup> e dez sementes de mucuna m<sup>-2</sup>. Para o caso do pousio a cobertura contou com a vegetação espontânea de plantas infestante de ocorrência comum na área experimental. As principais plantas infestantes de ocorrência na área foram: em maior intensidade o timbete (*Cenchrus echinatus* - Poacea) e a trapoeraba (*Commelina bengalensis* - Commelinacea) e algumas outras em pequena intensidade como o leiteiro (*Euphorbia heterophylla* - Euphorbiacea), mentrasto (*Agerantum conyzoides* - Composita), poaia branca (*Richardia brasiliensis* - Rubiaceae) e picão (*Bidens pilosa* - Asteraceae). Dez dias antes da semeadura do milho as plantas de cobertura do solo foram manejadas com herbicida dessecante (1L ha<sup>-1</sup> de Randup e 0,3 L ha<sup>-1</sup> de 2,4 D) e posteriormente utilizou-se um rolo compactador para tombar a palhada e facilitar a semeadura. Antes da dessecação das plantas foram coletadas amostras de solo para análise química, que apresentou os seguintes resultados:

pH (H<sub>2</sub>O) = 6,0; Ca = 2,66 (cmolc dm<sup>-3</sup>); Mg = 1,16 (cmolc dm<sup>-3</sup>); Al<sup>+++</sup> = 0 (cmolc dm<sup>-3</sup>); H<sup>+</sup> + Al<sup>+++</sup> = 3,46 (cmolc dm<sup>-3</sup>); P = 6,0 (mg dm<sup>-3</sup>); K = 59 (mg dm<sup>-3</sup>); Cu = 1,1 (mg dm<sup>-3</sup>); Zn = 2,9 (mg dm<sup>-3</sup>); Fe = 37 (mg dm<sup>-3</sup>); Mn = 32 (mg dm<sup>-3</sup>); MOS = 19 (g dm<sup>-3</sup>).

As cultivares de milho foram semeadas manualmente após abertura mecânica dos sulcos no dia 02/02/2006. A adubação de plantio foi de 317 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-30-16+0,4Zn, aplicada com semeadora de plantio direto, inclusive no SPC.

Cada unidade experimental foi constituída de duas fileiras de milho de quatro metros. O espaçamento entre linhas foi de 0,70 m com quatro plantas por metro constituindo estande de 57 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação de cobertura foi parcelada em duas partes iguais. A primeira aplicação aos quinze dias após a emergência e, a segunda, quinze dias após a primeira. Para o controle das plantas infestantes aplicou-se 3 L ha<sup>-1</sup> de Atrazina e 0,5 L ha<sup>-1</sup> de Samson aos quarenta dias após a semeadura do milho. Não foi necessário o controle de doenças e pragas. Realizou-se preventivamente a liberação de trichogramma para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

As Tabelas 2.1 e 2.2 apresentaram, respectivamente, as operações e insumo e a soma dos custos envolvidos nos tratamentos, preços de materiais e serviços foram levantados em abril de 2007, em Goiânia-GO. A relação benefício/custo nos diferentes sistemas foi realizada em planilhas do excel, sendo considerada viável economicamente uma relação superior a 1,0.

#### **4.2.2 Cultivares/híbridos utilizados**

O híbrido triplo de milho BRS 3003 alia alta produtividade e estabilidade de produção. Esse híbrido tem ampla adaptação às diferentes condições de clima e solo do Brasil, sendo indicado para cultivo nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Norte do Paraná, Sudoeste da Bahia e Sul dos Estados do Maranhão e do Piauí. Os grãos do híbrido BRS 3003 desenvolvido pela Embrapa são do tipo semiduro alaranjados (que vêm sendo preferidos pelo mercado) e possuem boa sanidade. O BRS 3003 apresenta espigas uniformes e tem ciclo precoce (Embrapa Milho e Sorgo, 2007).

O híbrido duplo de milho AG 1051 é líder na produção de milho verde e pamonha, podendo também ser utilizado para silagem por apresentar grande quantidade de massa verde de alta digestibilidade (Sementes Agrocere, 2007). O AG 1051 é bastante utilizado na agricultura familiar porque além do bom rendimento de polpa proporciona bons resultados como milho grão. Já os híbridos triplos de milho verde HT-1 e HT-2, foram desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo e estão em fase de avaliação para possivelmente serem lançados no ano de 2008.



**Tabela 2.1.** Operações e insumos utilizados para obtenção dos custos da relação benefício/custo dos diferentes manejos.

Operações e Insumos	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Qtde.	Valor total (R\$)
<b>Operações</b>				
Plantio das coberturas	HM	60,00	4	240,00
Dessecação	HM	37,80	0,3	11,34
Aração	HM	70,00	3,29	230,30
Plantio de milho	HM	48,60	1	48,60
Aplicação herbicida Atrazina + Sanson	HM	37,80	0,3	11,34
Colheita mecânica	HM	64,80	1	64,80
<b>Insumos</b>				
Semente de mucuna	kg	1,50	60	90,00
Semente de crotalária	kg	2,00	25	50,00
Inoculante para as coberturas	dose	6,00	1	6,00
Dessecante 2,4-D	L	16,38	0,7	11,47
Dessecante Glifosato	L	12,40	2,5	31,00
Adubo N-P-K (4-30-16 + 0,4 Zn)	kg	0,59	317	187,03
Trichograma	cartelas	2,00	2	4,00
Herbicida Atrazina	L	3,00	9	27,00
Herbicida Sanson	L	123,29	0,5	61,65
	0 kg N		0	0,00
	45 kg N		100	91,00
Uréia (kg)	90 kg N	0,91	200	182,00
	180 kg N		400	364,00
	360 kg N		800	728,00
<b>Semente de milho</b>				
BRS 3003	kg	6,55	20	131,00
AG 1051	kg	7,55	20	151,00
HT-1 e 2	kg	5,00	20	100,00

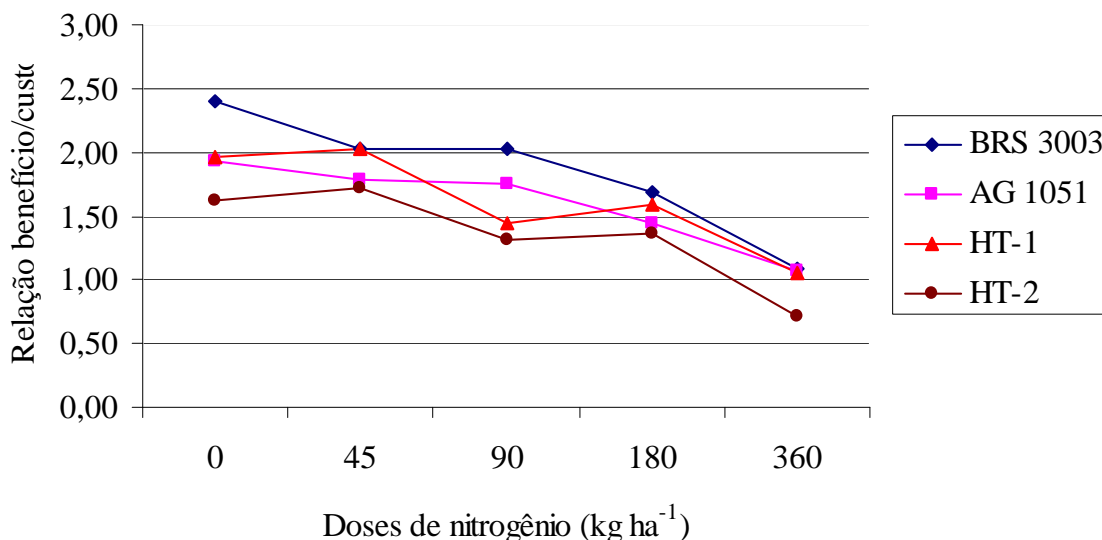
**Tabela 2.2.** Soma dos custos para obtenção da relação benefício/custo dos diferentes manejos.

Tratamentos	Valor total (R\$)				
	Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	45	90	180	360
Após Mucuna					
Milho em grão BRS 3003	925,22	1016,22	1107,22	1289,22	1653,22
Milho em grão AG 1051	945,22	1036,22	1127,22	1309,22	1673,22
Milho em grão HT-1 e HT-2	894,22	985,22	1076,22	1258,22	1622,22
Após Crotalária					
Milho em grão BRS 3003	885,22	976,22	1067,22	1249,22	1613,22
Milho em grão AG 1051	905,22	996,22	1087,22	1269,22	1633,22
Milho em grão HT-1 e HT-2	854,22	945,22	1036,22	1218,22	1582,22
Após Pousio					
Milho em grão BRS 3003	589,22	680,22	771,22	953,22	1317,22
Milho em grão AG 1051	609,22	700,22	791,22	973,22	1337,22
Milho em grão HT-1 e HT-2	558,22	649,22	740,22	922,22	1286,22
Preparo Convencional					
Milho em grão BRS 3003	765,72	856,72	947,72	1129,72	1493,72
Milho em grão AG 1051	785,72	876,72	967,72	1149,72	1513,72
Milho em grão HT-1 e HT-2	734,72	825,72	916,72	1098,72	1462,72

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na receita obtida com a produtividade (Tabela 2.3), pode-se observar a relação benefício/custo. Quanto ao manejo do solo o tratamento sistema plantio direto/pousio foi o que se destacou, pois apresentou uma relação benefício/custo maior sem adição de nitrogênio mineral (Figura 2.1). Resultado de certa forma esperado, já que o custo com fertilizantes é muito alto e no pousio se encontram diversas plantas responsáveis pela melhoria dos atributos físicos do solo.

Porém, um dos problemas da utilização do pousio como manejo do solo é o aumento do banco de sementes na área. No SPD/pousio, o BRS 3003 foi superior aos demais até a dose de 360 kg ha<sup>-1</sup> N-uréia em cobertura (Figura 2.1).



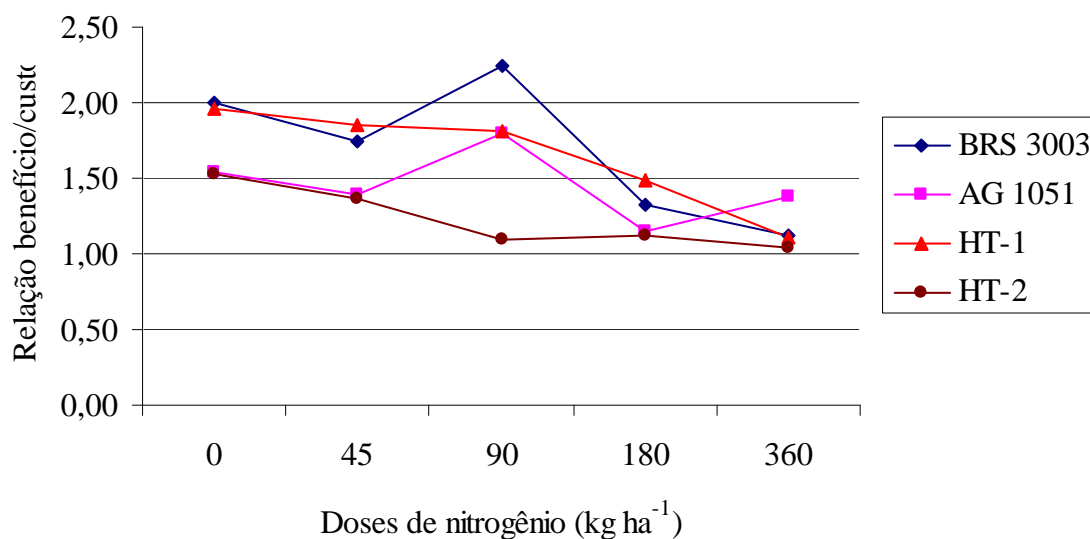
**Figura 2.1.** Relação benefício/custo da produtividade das cultivares/híbridos de milho grão no sistema plantio direto/pousio e nas doses de nitrogênio em cobertura.

No manejo SPC, o melhor resultado foi obtido com 90 kg ha<sup>-1</sup> de N-uréia em cobertura para a cultivar/híbrido BRS 3003, embora, em todas as doses e para todas as cultivares/híbridos, tenha havido relação benefício/custo maior que 1,0, portanto viável economicamente (Figura 2.2). Conforme Figueiredo et al. (2005), o uso do arado de aiveca que é utilizado na incorporação dos restos culturais em pré-plantio no perfil e na melhoria da estrutura do solo, nos primeiros anos de cultivo, antes do estabelecimento do SPD ou do uso do escarificador, proporcionou condições adequadas para uma boa eficiência na utilização do N do fertilizante. Entretanto, com o uso contínuo desse implemento, com duplo revolvimento anual do solo, isso não acontece.

**Tabela 2.3.** Receitas e relação benefício/custo em diferentes manejos do solo.

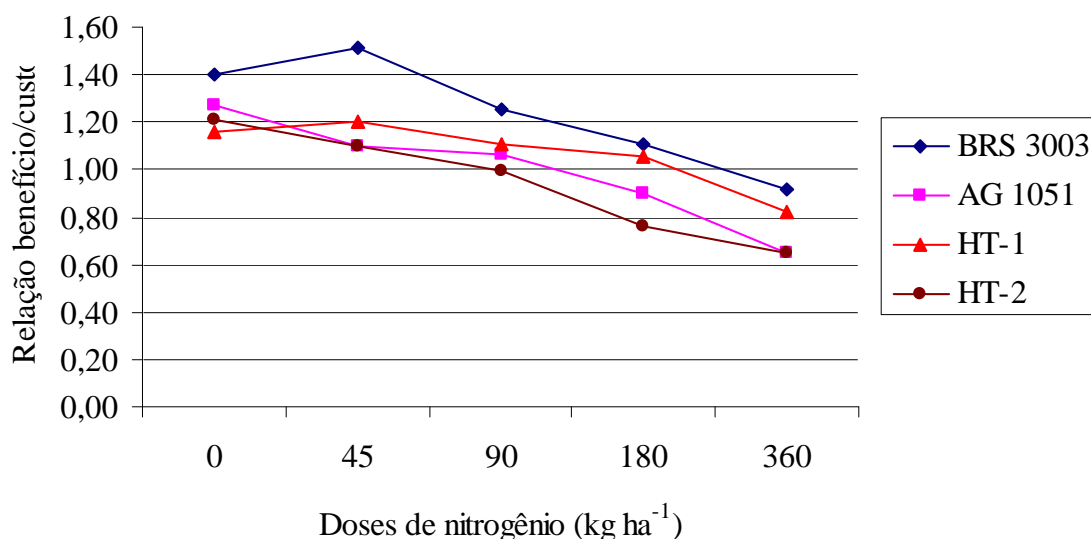
Tratamentos	0 kg N			45 kg N			90 kg N			180 kg N			360 kg N		
	Prod. (t ha <sup>-1</sup> )	Valor total	benef./ custo	Prod. (t ha <sup>-1</sup> )	Valor total	benef./ custo	Prod. (t ha <sup>-1</sup> )	Valor total	benef./ custo	Prod. (t ha <sup>-1</sup> )	Valor total	benef./ custo	Prod. (t ha <sup>-1</sup> )	Valor total	benef./ custo
Após Mucuna															
Milho em grão BRS 3003	5,1	1264,39	1,37	5,3	1336,40	1,32	5,5	1386,59	1,25	5,1	1283,71	1,00	5,0	1249,64	0,76
Milho em grão AG 1051	4,7	1185,56	1,25	3,6	904,30	0,87	3,2	811,35	0,72	5,1	1269,76	0,97	4,4	1110,99	0,66
Milho em grão HT-1	3,6	906,05	1,01	4,5	1130,21	1,15	4,5	1128,29	1,05	4,4	1101,99	0,88	3,6	887,77	0,55
Milho em grão HT-2	4,3	1074,31	1,20	4,7	1174,70	1,19	3,7	936,44	0,87	3,1	775,48	0,62	2,6	651,22	0,40
Após Crotalaria															
Milho em grão BRS 3003	5,0	1239,19	1,40	5,9	1475,16	1,51	5,3	1337,29	1,25	5,5	1384,58	1,11	5,9	1482,91	0,92
Milho em grão AG 1051	4,6	1152,17	1,27	4,4	1096,75	1,10	4,6	1155,08	1,06	4,6	1140,40	0,90	4,2	1061,54	0,65
Milho em grão HT-1	4,0	993,17	1,16	4,6	1139,44	1,21	4,6	1145,00	1,10	5,1	1285,72	1,06	5,2	1300,24	0,82
Milho em grão HT-2	4,1	1034,50	1,21	4,1	1036,93	1,10	4,1	1034,31	1,00	3,7	927,00	0,76	4,1	1028,07	0,65
Após Pousio															
Milho em grão BRS 3003	5,7	1414,21	2,40	5,5	1379,07	2,03	6,3	1567,84	2,03	6,4	1611,83	1,69	5,7	1435,89	1,09
Milho em grão AG 1051	4,7	1176,59	1,93	5,0	1253,95	1,79	5,5	1383,11	1,75	5,6	1408,92	1,45	5,8	1440,18	1,08
Milho em grão HT-1	4,4	1096,98	1,97	5,3	1320,33	2,03	4,3	1072,11	1,45	5,9	1463,88	1,59	5,4	1349,85	1,05
Milho em grão HT-2	3,6	907,58	1,63	4,5	1115,66	1,72	3,9	968,91	1,31	5,0	1258,14	1,36	3,7	925,47	0,72
Preparo Convencional															
Milho em grão BRS 3003	6,1	1533,84	2,00	6,0	1492,41	1,74	8,5	2129,49	2,25	6,0	1488,63	1,32	6,7	1666,68	1,12
Milho em grão AG 1051	4,8	1210,29	1,54	4,9	1224,56	1,40	6,9	1733,22	1,79	5,3	1322,61	1,15	8,3	2076,63	1,37
Milho em grão HT-1	5,8	1442,03	1,96	6,1	1528,10	1,85	6,6	1661,27	1,81	6,5	1632,17	1,49	6,4	1611,07	1,10
Milho em grão HT-2	4,5	1122,31	1,53	4,5	1129,13	1,37	4,0	1007,57	1,10	4,9	1229,71	1,12	6,1	1531,71	1,05

Valor unitário: R\$ 0,25



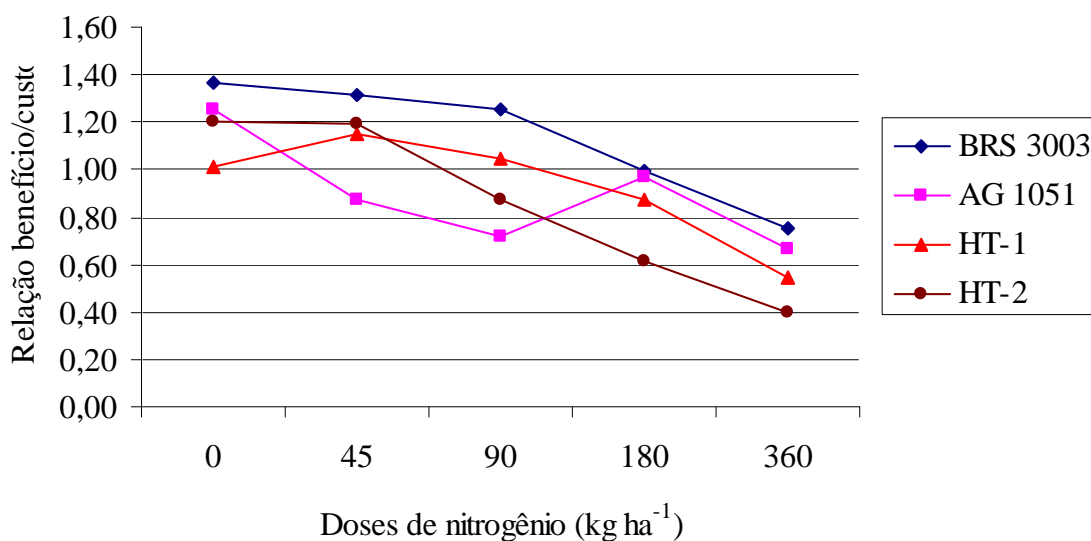
**Figura 2.2.** Relação benefício/custo da produtividade das cultivares/híbridos de milho grão no sistema preparo convencional e nas doses de nitrogênio em cobertura.

O manejo SPD/crotalária se mostrou melhor do que o SPD/mucuna (Figuras 2.3 e 2.4). Para os manejos SPD/mucuna preta e SPD/crotalária juncea, a BRS 3003 mostrou-se viável economicamente até 180 kg ha<sup>-1</sup> de N-uréia em cobertura, porém, o ideal para essa cultivar é o seu cultivo sem nitrogênio em cobertura (Figura 2.4) ou com adição de apenas 45 kg ha<sup>-1</sup> N-uréia em cobertura (Figura 2.3). Já a cultivar/híbrido AG 1051 no SPD/mucuna preta é viável apenas quando não há utilização de adubação mineral (Figura 2.4), apresentando um comportamento melhor no manejo SPD/crotalária juncea com boa relação benefício/custo até 90 kg ha<sup>-1</sup> N-uréia em cobertura (Figura 2.3). O HT-1 foi bem até 180 kg ha<sup>-1</sup> de N no SPD/crotalária juncea e até 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no SPD/mucuna preta, sendo que em geral tem mostrado ser mais viável economicamente que o AG 1051. Já o HT-2 se torna inviável com 90 kg ha<sup>-1</sup> de N no SPD/mucuna preta. O melhor resultado no SPD/mucuna preta foi sem utilização de N-uréia em cobertura (Figura 2.3) e no SPD/crotalária com 45 kg ha<sup>-1</sup> N-uréia em cobertura (Figura 2.4).



**Figura 2.3.** Relação benefício/custo da produtividade das cultivares/híbridos de milho grão no sistema plantio direto/crotalária juncea e nas doses de nitrogênio em cobertura.

Em geral os manejos com as plantas de cobertura do solo, mucuna preta e crotalária juncea, apresentaram boa relação benefício/custo, principalmente nos tratamentos com menores quantidades ou nenhuma adição de nitrogênio em cobertura (Figuras 2.3 e 2.4). A resposta do milho à adubação nitrogenada em sucessão a leguminosas é reduzida, pois as mesmas incorporam N ao solo e têm menor relação C:N que proporciona maior liberação de N nos estádios iniciais (Santos & Pöttker, 1990; Ceretta et al., 1994). A faixa de resposta à adubação mineral de N do milho após leguminosa situa-se em torno de 20 a 60 kg ha<sup>-1</sup>, e, após aveia preta, entre 40 a 120 kg ha<sup>-1</sup>, devido principalmente à alta relação C:N da palha de aveia (Sá, 1995). Conforme Aita et al. (2001), há possibilidade de redução das quantidades de N mineral aplicada ao milho, quando cultivado depois das leguminosas, quando comparado com o uso de gramínea e pousio no inverno.



**Figura 2.4.** Relação benefício/custo da produtividade das cultivares/híbridos de milho grão no sistema plantio direto/mucuna preta e nas doses de nitrogênio em cobertura.

De-Polli & Chada (1989), estudando a adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade, verificaram que esta propiciou produtividade até maior que a adubação com N mineral, proporcionando produtividade até quatro vezes superior à do controle. A perspectiva de economia de fertilizantes nitrogenados pela menor imobilização de N (Basso & Ceretta, 2000), resulta no uso das leguminosas para formação de cobertura, reduzindo a dependência de maiores doses de N para o sucesso das culturas sob SPD (Sá, 1996). Portanto, a utilização com critério de plantas de cobertura do solo é um fator importante para a redução do custo de produção agrícola, visto que há necessidade de enfatizar sistemas de manejo do solo e do N que aportem quantidade adequada de N no cultivo do milho, seja na forma orgânica, seja na inorgânica, para a manutenção do potencial produtivo do solo em longo prazo. Assim, a consorciação de plantas de cobertura do solo pode ser a solução para se ter o benefício da diversificação obtido com a utilização do pousio.

#### 4.4 CONCLUSÕES

O melhor manejo do solo quanto à relação benefício/custo é o sistema plantio direto/pousio, principalmente sem nenhuma adição de nitrogênio e com  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura.

O sistema de preparo convencional segue o sistema plantio direto/pousio com a melhor relação benefício/custo com a adição de  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura e sem adição de nitrogênio.

Quanto ao comportamento das cultivares/híbridos, o BRS 3003 apresenta a melhor relação benefício/custo, seguido em geral do HT-1.



## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A melhor relação benefício/custo do manejo do solo com a utilização de plantas de cobertura de solo para a cultura do milho com menores quantidades de N-uréia adicionados em cobertura, revela que se bem planejada, visto o efeito benéfico ser observado a longo prazo, podem substituir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada, sem perdas na produtividade de grãos. É importante a adoção do sistema de plantio direto associada a adubos verdes como plantas de cobertura do solo por serem responsáveis, a longo prazo, pela melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Como principal consequência, tem-se um aumento em produtividade e lucros, com redução dos custos de produção e da contaminação ambiental.

## 6 REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP. p. 405-423, 2007.

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N. & DA ROS, C. O. C. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M. R. & DALMOLIN, R. S. D., eds. **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1997. p. 76-111.

AMABILE, R. F.; CORREIA, J. R.; FREITAS, P. L. de; BLANCANEUX, P.; GAMALIEL, J. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1193-1199, 1994.

AMADO, T. J. C.; SANTI, A.; ACOSTA J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II - Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, nov./dez. 2003.

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 de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 241-248, 2002.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. P. & BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 553-560, 2000.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. & BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 679-686, 1999.

- AZAM, F.; MALIK, K. A. & SAJJAD, M. I. Transformations in soil and availability to plants of  $^{15}\text{N}$  Applied as inorganic fertilizer and legume residues. **Plant and Soil**, The Hague, v. 86, p. 3-13, 1985.
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 905-915, 2000.
- 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**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.
- BLEVINS, R. L.; COOK, D.; PHILLIPS, R. E. Influence of no-tillage on soil moisture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, n. 4, p. 593-6, 1971.
- 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**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 361-366, 2002.
- CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 80, p. 62-70, 2004.
- CARDOSO, A. N. Manejo e conservação do solo na cultura da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. de M. de. (Eds.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 71-104.
- CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.
- CERETTA, C. A.; AITA, C.; BRAIDA, J. A.; PAVINATO, A.; SALET, R. L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 215-220, 1994.
- CLARK, A. J.; DECKER, A. M.; MEISINGER, J. J. & McINTOSH, M. S. Kill date of vetch, rye and a vetch-rye mixtures: I. Cover crop and corn nitrogen. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 3, p. 427-434, 1997.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de; BAHIA FILHO, A. E. C.; GUEDES, G. A. A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 61-67, 1992.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. C.; BAHIA, A. F. C. & GUEDES, G. A. Balanço de nitrogênio  $^{15}\text{N}$  em Latossolo Vermelho-Escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 187-193, 1991.
- COLLIER, L. S.; CASTRO, D. V.; NETO, J. J. D.; BRITO, D. R.; RIBEIRO, P. A. A. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, jul./ago. 2006.

CONAB - **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 9 abr. 2007

CORCIOLI, G. **Adubos verdes no crescimento e na produtividade do milho em sistemas orgânicos**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

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**, Viçosa, v. 13, n. 3, p. 287-293, 1989.

DERPSCH, R.; BENITES, J. R. Situation of conservation agriculture in the world. In: **WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE**, 2, 2003. Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2003. p. 67-70.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/produtos/produtos/brs3003.html>>. Acesso em: 28 nov. 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS / Brasília: Embrapa-SPI, 1993. 204p.

FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L. Influência do preparo do solo e da natureza do fertilizante nitrogenado na cultura do milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 49, no.spe, p. 434-437, 1992.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p.195-204, 2005.

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**, Campinas, v. 22, p. 247-254, 1998.

FERNANDES, M. S.; ROSSIELLO, R. O. P. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Amsterdam, v. 14, n. 2, p. 111-148, 1995.

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**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 279-287, 2005.

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

GREENLAND, D. J. Bringing the green revolution to the shifting cultivator. **Science**, v. 190, p. 841-844, 1975.

HARRIS, G. H.; HESTERMAN, O. B.; PAUL, E. A.; PETERS, S. & E.JANKE, R. R. Fate of legume and fertilizer nitrogen-15 in a long term cropping systems experiment. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 7, p. 910-915, 1994.

HARRIS, G. H. & HESTERMAN, O. B. Quantifying the nitrogen contribution from alfafa to soil and two succeeding crops using nitrogen-15. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 1, p. 129-134, 1990.

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C. & FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia preta e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 331-340, 2001.

HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C. & SALTON, J. C. Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul. Dourados, Embrapa - Centro de Pesquisa de Agropecuária Oeste, 1995. 93 p. (**Embrapa - CPAO documentos, 4**).

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 232-267.

JONES JUNIOR, J. N.; MOODY, J. E.; LILLARD, J. H. Effects of tillage, no tillage, and mulch on soil water and plant growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 61, n. 5, p. 719-21, 1969.

KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. Part 1- physical and mineralogical methods. ASA SSSA. Madison, Wisconsin USA. 1986.

LADD, J. N. & AMATO, M. The fate of nitrogen from legume and fertilizer sources in soils successively cropped with wheat under field conditions. **Soil Biol. Biochem.**, v. 18, n. 4, p. 417-425, 1986.

LADD, J. N.; OADES, J. M. & AMATO, M. Distribution and recovery of nitrogen from legume residues decomposing in soils sown to wheat in the field. **Soil Biol. Biochem.**, v. 13, p. 251-256, 1981.

LAL, R. Soil surface management in the tropics for intensive land use and high and sustained production. **Advances in Soil Sciences**, N.York, v. 5, p. 1-109, 1986.

LAL, R. **Rate of mulching techniques in tropical soil and water management**. Ibadan, IITA. 1975. 38 p.

LANTMANN, A. F.; OLIVEIRA, E. L.; CHAVES, J. C. D.; PAVAN, A. Adubação no Estado do Paraná. In: SANTANA, M. B. M. (Coord.). **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. p. 19-46.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNDÖRFER, G. H. & PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 363-376, 2000.

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**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1005-1013, 2004.

LOVATO, T; MIELNICZUK, J; BAYER, C; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, jan./fev. 2004.

MACHADO, A. T. **Perspectiva do melhoramento genético em milho (*Zea mays* L.) visando eficiência na utilização do nitrogênio**. 1997. 198 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

MACHADO, A. T., MACHADO, C. T. T. & FURLANI, P. R. Avaliação e caracterização de variedades locais de milho para condições adversas de ambiente. In: **Milho Crioulo: conservação e uso da biodiversidade** (A. C. Soares, A. T. Machado, B. M. Silva & J. M. von der Weid, eds.). Rede Projetos Tecnologias Alternativas, Rio de Janeiro, p. 151-178. 1998.

MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no cerrado**. São Paulo: Potafos, 1985.

MASCARENHAS, H. A. A.; NOGUEIRA, S. S. S.; TANAKA, R. T.; MARTINS, A. L. M. & CARMELLO, Q. A. C. Efeito na produtividade da rotação de culturas de verão e crotalária no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 534-537, 1998.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura de solo**: Característica e manejo em pequenas propriedades. Chapecó . Ed. do Autor, 1991. 337 p.

MORRISON, J. E.; CHICHESTER, F. W. Tillage system effects on soil and plant nutrient distribution on vertisols. **Journal of Production in Agriculture**, St. Paul, v. 7, n. 3, p. 364-375, 1994.

MURAOKA, T.; AMBROSANO, J. E.; ZAPATA, F.; BORTOLETO, N.; TRIVELIN, P. C. O.; BOARETTO, A. E.; SCIVITTARO, W. B.; MARTINS, A. M. L. Eficiência de abonos verdes (crotalaria y mucuna) y urea, aplicadas solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. **Terra**, Chapingo, v. 20, n. 1, p. 17-23, 2002.

PENTEADO, S. R. **Introdução à agricultura orgânica**: normas e técnicas de cultivo. Campinas: Grafimagem, 2000. 110 p.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M. & CECON, P. R. Efeito residual da adubação verde no rendimento do brócolo (*Brassica oleracea* L. var.

Itálica) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.6, p. 1739-1745, 2004.

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

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1637-1645, 2004.

RAUN, W. R.; JOHNSON, G. V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, n. 3, p. 357-363, 1999.

RESCK, D. V. S.; SHARMAA, R. D. & PEREIRA, J. Efeito de quinze espécies de adubos verdes na capacidade de retenção de água e no controle de nematóides, em latossolo vermelho escuro sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 459-467, 1982.

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 Sci. Soc. Am. J.**, v. 65, p. 1476-1499, 2001.

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

SÁ, J. C. M. de. Aspectos fisiológicos e adubação nitrogenada. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 3, p. 18-22, 1995.

SANTI, A. **Adubação nitrogenada na aveia preta (*Avena strigosa*, Schieb): decomposição da fitomassa, liberação de nitrogênio e rendimento do milho em sucessão**. 2001. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

SANTOS, H. P. & REIS, E. M. **Rotação de cultura em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212 p.

SANTOS, H. P. dos, PÖTTKER, D. Rotação de culturas. XX. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agrônômicas do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, 1990.

SCHREIBER, H. A.; STANBERRY, C. O.; TUCKER, H. Irrigation and nitrogen effects on sweet corn row numbers at various growth stages. **Science**, Washington, v. 135, n. 1, p. 135-136, 1988.

SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E. & TRIVELIN, P. C. O. Transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e uréia utilizados como adubo na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1427-1433, 2003.

SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização de nitrogênio de adubos verde e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 917-926, 2000.

SEMENTES AGROCERES. Disponível em:

<[www.sementesagroceres.com.br/ag1051.aspx](http://www.sementesagroceres.com.br/ag1051.aspx)> . Acesso em: 28 nov. 2007.

SILVA, E. C.; MURAOKA T.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, J. L.; TRIVELIN, P. C. O.; VELOSO, M. E. C. Utilização do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) residual de coberturas de solo e da uréia pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 965-974, nov./dez. 2006.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. C.; TRIVELIN, P. C. O. Absorção de nitrogênio nativo do solo pelo milho sob plantio direto em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 965-974, jul./ago. 2006a.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. C.; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento do nitrogênio ( $^{15}\text{N}$ ) 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, jun. 2006b.

SILVA, V. A.; ANDRADE, M. J. B.; RAMALHO, M. A. P.; SALVADOR, N. & KIKUTI, H. Efeitos de métodos de preparo de solo e doses de adubação NPK sobre feijão da “seca” em seqüência à cultura do milho. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 454-461, mar./abr., 2001.

SIMS, A. L.; SCHEPERS, J. S.; OLSON, R. A.; POWER, J. F. Irrigated corn yield and nitrogen accumulation response in a comparison of no-tillage and conventional till: tillage and surface-residues variables. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n. 5, p. 630-637, 1998.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; GRISI, B. M.; ARAÚJO, R. S. Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 142 p. (Embrapa-CNPAP. **Documentos**, 45).

SOANE, B. D. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 16, p. 179-201, 1990.

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, DF, Embrapa Cerrados, 2004. p. 129-144.

STANFORD, G.; SMITH, S. J. Estimating potentially mineralizable soil nitrogen from a chemical index of soil nitrogen availability. **Soil Science**, Baltimore, v. 122, p. 71-76, 1976.



TEIXEIRA, L. A. J.; TESTA, V. M. & MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 207-214, 1994.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J. & MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, n. 1, p. 107-114, 1992.

THICKE, F. E.; RUSSELLE, M. P.; HETERMAN, O. P.; SHEAFFER, C. C. Soil nitrogen mineralization indexes and corn response in crop rotations. **Soil Science**, Baltimore, v. 156, p. 322-335, 1993.

TOLENTINO, E. R. S. **Plantas de cobertura de solo e atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho distrófico em sistema de produção orgânico**. 2006. 38 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

URQUIAGA, S.; SISTI, C. P. J.; ZOTARELLI, L.; ALVES, B. J. R. Manejo de sistemas agrícolas para seqüestro de carbono no solo. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Ed.). **Conhecimentos e técnicas avançadas para o estudo dos processos da biota no sistema solo-planta**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 257-273.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

YAMADA, T. Manejo do nitrogênio na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Coord.) **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: ESALQ, p. 121-130, 1997.

YOKOYAMA, L. P.; SILVEIRA, P. M. & STONE, L. F. Rentabilidade das culturas de milho, soja e trigo em diferentes sistemas de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 2, p.75-79, 2002.