

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**RESPOSTA DO MILHO À ADIÇÃO DE NÍVEIS DE FITOMASSA DE
Brachiaria decumbens Stapf E NITROGÊNIO EM LATOSSOLO
VERMELHO**

LAUTER SILVA SOUTO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Agricultura.

BOTUCATU – SP

Janeiro – 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

RESPOSTA DO MILHO À ADIÇÃO DE NÍVEIS DE FITOMASSA DE
***Brachiaria decumbens* Stapf E NITROGÊNIO EM LATOSSOLO**
VERMELHO

LAUTER SILVA SOUTO
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Agricultura.

BOTUCATU – SP
Janeiro – 2004

FICHA CATALOGRAFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S728r Souto, Lauter Silva, 1978-
Resposta do milho à adição de níveis de fitomassa de
Brachiaria decumbens Stapf e nitrogênio em latossolo
vermelho / Lauter Silva Souto. -- Botucatu, [s.n.], 2004.
ix, 65 f. : gráfs., tabs.

Dissertação(mestrado) -- Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas.
Orientador: Dirceu Maximino Fernandes.
Inclui bibliografia.

1. Milho - Adubação. 2. Palha - Utilização.
I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de
Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas.
III. Título.

Palavras-chave: Palhada.

DEDICO

Aos meus pais e, em especial à minha
mãe, que sempre dedicou o seu tempo a
educar e a ensinar a dignidade como
princípio básico

OFEREÇO

A DEUS

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado forças para realizar mais esta conquista.

Aos meus pais, irmãos e familiares por caminharmos sempre juntos.

Ao meu irmão Jacob, pelo estímulo e ajuda valiosíssima, sem o qual não concluiria o curso.

À Patrícia, minha cunhada, pelo apoio e incentivo constante.

Ao Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, pela orientação, pelos conhecimentos transmitidos, pelo incentivo e pela amizade.

Aos Professores Silvio José Bicudo e Carlos Sérgio Tiritan, pelas críticas e sugestões.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP, pela oportunidade oferecida para realização deste curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos Professores do Departamento de Recursos Naturais - Área de Ciência do Solo, pelo valioso apoio na condução do presente trabalho.

Ao Departamento de Produção Vegetal, Setor de Agricultura, pela oportunidade na realização deste curso.

Aos Professores do Departamento de Produção Vegetal, Setor de Agricultura pelos ensinamentos e incentivo.

Aos funcionários da Área de Ciência do Solo, especialmente a De Pieri, Adenir Pires, Garcia, Roberto, José Carlos, Adílson, Jair, Dorival e Noel, pelo valioso apoio.

Aos funcionários da biblioteca “Paulo de Carvalho Mattos” e da Seção de Pós-Graduação, pelo eficiente atendimento.

Aos companheiros de república, Indalécio Dutra, Paulo Rogério, Márcio Furlan, Raul Venegas e Elano Torquato pela amizade e apoio em todos os momentos.

À amiga Nilda Braga de Lacerda, pela amizade e pelo apoio direto durante a condução deste trabalho.

Aos amigos Everaldo Mariano e Gilmar Alves pelo companheirismo e auxílio nas análises estatísticas.

Aos colegas de curso, pela amizade e pelo incentivo.

Às pessoas que, de alguma maneira, contribuíram nesta empreitada.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	4
4 REVISÃO DE LITERATURA	6
4.1 Cobertura do solo	6
4.2 Produção de palhada em sistema semeadura direta	9
4.3 Adubação nitrogenada em semeadura direta	10
4.4 Dinâmica do nitrogênio no solo	13
5 MATERIAL E MÉTODOS	15
5.1 Localização e caracterização da área experimental	15
5.2 Avaliação inicial da fitomassa seca inicial de <i>Brachiaria decumbens</i>	16
5.3 Caracterização do cultivar utilizado	18
5.4 Tratamentos	18
5.5 Delineamento experimental	19
5.6 Instalação e condução do experimento	20
5.7 Parâmetros avaliados na planta de milho	21
5.7.1 Altura de plantas	21
5.7.2 Diâmetro de colmo	21
5.7.3 Número de entrenós	21
5.7.4 Diagnose foliar	21
5.7.5 Produção de fitomassa seca	22
5.7.6 Extração de nutrientes	22
5.7.7 Índice relativo de clorofila	22
5.8 Taxa de decomposição	22
5.9 Análise estatística.....	23
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24

6.1	Altura de planta	24
6.2	Diâmetro de colmo.....	26
6.3	Número de entrenós	28
6.4	Diagnose foliar	29
6.5	Extração de nutriente	35
6.6	Índice relativo de clorofila (IRC)	41
6.7	Produção de fitomassa seca	45
6.8	Taxa de decomposição	47
6.9	Considerações Finais	50
7	CONCLUSÕES	51
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados das análises química e física do solo utilizado no experimento, em amostra coletada antes da implantação do ensaio. Botucatu-SP, 2002	16
Tabela 2. Resultados da análise química do solo utilizado, coletadas nos vasos ao final da condução do experimento, para os tratamentos aplicados. Botucatu-SP, 2003	17
Tabela 3. Concentração de macro e micronutrientes na parte aérea e raízes da fitomassa de <i>Brachiaria decumbens</i> , em amostras coletadas antes da instalação do experimento. Botucatu-SP, 2002	18
Tabela 4. Esquema da análise de variância para o experimento em função da aplicação dos níveis de nitrogênio e de fitomassa seca de braquiária	19
Tabela 5. Altura de planta, diâmetro de colmo e número de entrenós aos 60 dias após a emergência (dae), em função de variações nas doses de nitrogênio e nos níveis de palha em cobertura. Botucatu-SP, 2003.....	25
Tabela 6. Estado nutricional da cultura do milho aos 60 dae, em função de variações nas doses de nitrogênio e nos níveis de palha em cobertura. Botucatu-SP, 2003.....	31
Tabela 7. Extração de nutrientes (parte aérea) pela cultura do milho aos 60 dae, em função de variações nas doses de nitrogênio e nos níveis de palha em cobertura. Botucatu-SP, 2003	36
Tabela 8. Índice relativo de clorofila (IRC) determinado um dia antes (E1) e uma semana após (E2) a adubação nitrogenada, em função de variações nas doses de nitrogênio e nos níveis de palha em cobertura. Botucatu-SP, 2003	42
Tabela 9. Fitomassa seca do milho e taxa de decomposição da palhada aos 60 e 70 dae, respectivamente, em função de variações nas doses de nitrogênio e nos níveis de palha em cobertura. Botucatu-SP, 2003	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Altura de plantas (cm) em função de doses de N, 60 dias após a emergência (dae). Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ...	26
Figura 2.	Diâmetro de colmo (mm) em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	27
Figura 3.	Número de entrenós em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	29
Figura 4.	Estado nutricional de N em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	32
Figura 5.	Estado nutricional de P em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	32
Figura 6.	Estado nutricional de K em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	33
Figura 7.	Estado nutricional de Ca em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	33
Figura 8.	Estado nutricional de Mg em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	34
Figura 9.	Extração de N em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	37
Figura 10.	Extração de P em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	38
Figura 11.	Extração de K em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	38
Figura 12.	Extração de K em função de níveis de palha, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	39
Figura 13.	Extração de Ca em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	39
Figura 14.	Extração de Mg em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	40

Figura 15. Extração de S em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	40
Figura 16. Índice relativo de clorofila (IRC) em função de doses de N, antes da adubação nitrogenada no estágio de 4-5 folhas. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F	43
Figura 17. Índice relativo de clorofila (IRC) em função de doses de N, uma semana após a adubação nitrogenada no estágio de 4-5 folhas. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F	43
Figura 18. Índice relativo de clorofila (IRC) em função de doses de N, antes da adubação nitrogenada no estágio de 7-8 folhas. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	44
Figura 19. Índice relativo de clorofila (IRC) em função de doses de N, uma semana após a adubação nitrogenada no estágio de 7-8 folhas. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F	44
Figura 20. Fitomassa seca do milho em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F	47
Figura 21. Taxa de decomposição (%) em função de doses de N, 70 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.....	48

1 RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar a resposta da cultura do milho à adição de níveis crescentes de fitomassa de *Brachiaria decumbens* Stapf. e níveis de nitrogênio. Este foi conduzido em condições de túnel plástico, no Departamento de Recursos Naturais - Área de Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu-UNESP, utilizou-se um solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura média, cultivado anteriormente com *B. decumbens* Stapf. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições, em esquema fatorial 4 x 4, constando os tratamentos de quatro níveis de fertilização nitrogenada (0, 50, 100 e 150 mg dm⁻³ de N na forma de Uréia) e quatro níveis de palhada de *B. decumbens* Stapf. (0, 5, 10 e 15 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca), totalizando 80 unidades experimentais. Adicionou-se “litterbags” (bolsas de nylon), no momento da instalação dos tratamentos com palhada de braquiária, para determinação da taxa de decomposição aos 70 dias após a emergência da cultura. As doses de N foram parceladas em três épocas, a saber: i) 1/3 na semeadura; ii) 1/3 no estágio de 4-5 folhas e; iii) 1/3 no estágio de 7-8 folhas totalmente expandidas. Um dia antes da adubação nitrogenada e uma semana após, foram realizadas leituras de clorofila com o Clorofilômetro SPAD-502. Aos 60 dias após a emergência (dae) das plântulas determinou-se a altura média de plantas, diâmetro basal do colmo, número de entrenós e diagnose foliar de nutrientes. Em

seguida, coletou-se duas plantas por vaso para determinação da produção de fitomassa seca e teores de nutrientes na parte aérea, bem como a extração de N, P, K, Ca, Mg e S. As doses de N afetaram significativamente as leituras do clorofilômetro (IRC), a altura de plantas, diâmetro basal de colmo, número de entrenós, diagnose foliar, a produção de fitomassa seca e a extração de nutrientes, sendo que a aplicação da dose de 100 mg dm^{-3} de N proporcionou os melhores resultados. A taxa de decomposição da palhada aumentou significativamente para as doses de N e reduziu para as de fitomassa.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, palhada, milho

CORN RESPONSE TO ADDITION OF LEVELS OF *Brachiaria decumbens* Stapf. STRAW AND NITROGÊN IN A “LATOSSOLO VERMELHO”. BOTUCATU, 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LAUTER SILVA SOUTO

Adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

2 SUMMARY

The objective of this research was to evaluate corn response to increasing levels of *Brachiaria decumbens* Stapf. straw and levels of nitrogen. This study was set at plastic tunnel conditions, at Recursos Naturais Departament – Soil Science Area, at Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu – UNESP. The soil used was a “Latosolo Vermelho distrófico” an Oxisoil medium texture, previous cultivated with *B. decumbens* Stapf.. The treatments were set as a complete randomized experiment, with five repetitions in a factorial pattern, and the treatments were: four levels of nitrogen (0, 50, 100 and 150 mg dm⁻³) and four levels of *B. decumbens* straw (0, 5, 10, and 15 Mg ha⁻¹). Litterbags containing *B. decumbens* straw were used to evaluate the decomposition rate at 70 days after corn emergence. Nitrogen was applied in three different times: i) 1/3 at planting; ii) 1/3 at 4-5 leaves stage; iii) 1/3 at 7-8 totally expanded leaves stage. Chlorophyll level was measured one day before and one week after nitrogen fertilize. At 60 days after emergence (dae) it was measured plants height, stalk basal diameter, internode numbers, and leaves were collected for foliar diagnosis analyses. At the same period two plants were collected for dry matter evaluation and for N, P, K, Ca, Mg and S extraction. Nitrogen rates affected chlorophyll levels (IRC), plants height, stalk basal diameter, internode numbers, foliar diagnosis, dry matter production, and nutrients extraction. Nitrogen at 100 mg dm⁻³ provided the best results. The straw decomposition rate increased for N rates and decreased for *B. decumbens* dry matter.

Key words: nitrogen fertilization, straw, corn.

3 INTRODUÇÃO

A cultura do milho é uma das mais cultivadas no mundo, sendo utilizada como fonte de matéria-prima para obtenção de diversos produtos. O consumo mundial cresceu aproximadamente 100 milhões de toneladas nos últimos 10 anos, com uma área cultivada de aproximadamente 140 milhões de hectares, contribuindo para a produção de aproximadamente 600 milhões de toneladas de grãos (FANCELLI, 2000).

O uso intensivo dos solos, principalmente sob pastagens cultivadas, tem levado a perda de sua fertilidade natural e, em consequência, levado à substituição por parte dos agricultores de espécies forrageiras mais exigentes por outras menos exigentes, como as do gênero braquiária. Entretanto, pouco tem sido feito para recuperar essas áreas com exploração contínua do solo em formas não adequadas de manejo. A área de pastagem atual no Brasil é de aproximadamente 171 milhões de hectares, contribuindo para isso as compostas pelas vegetações nativas e cultivadas (MEIRELLES, 1999), sendo que, a área de pastagem cultivada continua a aumentar anualmente 5 milhões de hectares e, ao mesmo tempo, área semelhante entra em degradação (AGUIAR, 1998).

Somente no estado de São Paulo são aproximadamente quatro milhões de hectares com pastagens de capim-braquiária depauperados, que precisam ser recuperadas e

sobre as quais podem ser instaladas as culturas agrícolas anuais com boa produtividade (PORTAS, 2001).

Para recuperação destas áreas depauperadas, pode-se cultivar o milho sobre a palhada remanescente da pastagem. Na adoção desse sistema, deve-se considerar a espécie utilizada, pois esta exerce um papel fundamental na disponibilidade do nitrogênio, principalmente quando a cultura antecessora é uma gramínea, pelo fato de promover a imobilização do nitrogênio mineral nos primeiros anos de adoção do sistema, o que poderá acarretar uma queda significativa na produtividade do milho, a menos que se realize a fertilização nitrogenada para disponibilizar o N para cultura seguinte (RIZZARDI, 1998).

Estudos envolvendo o uso de fitomassa de gramíneas, especificamente braquiária, como espécie de cobertura do solo e a liberação dos nutrientes através do processo de decomposição tem sido pouco relatado em nossas condições climáticas, seja em condições controladas ou em campo.

O objetivo desse trabalho foi avaliar, em condições de túnel plástico e vaso, o efeito de doses de N e níveis de palha de *Brachiaria decumbens* sobre algumas características agronômicas da cultura do milho.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cobertura do solo

No sistema plantio direto os restos da parte aérea das plantas são cortadas e lançadas sobre a superfície do solo, formando uma cobertura morta chamada palhada. Para Wood (1991) essa camada de material vegetal aumenta a infiltração de água no solo, diminui a erosão e a evaporação edáfica, melhora a estrutura do solo e aumenta a sua CTC, sendo também, fonte de nutrientes para a macro e microflora do solo e de carbono orgânico para a própria cultura a ser implantada (SALTON e MIELCNIZUK, 1995; RICE e SMITH, 1984; TESTA et al., 1992).

O emprego de uma seqüência de culturas com alta produção de resíduos possibilita o aumento da biomassa e maior atividade microbiana (CATTELAN e VIDOR, 1990). Além destes fatores, a qualidade dos resíduos influencia a sua taxa de decomposição e a composição da comunidade microbiana (BRODER e WAGNER, 1988), sendo as gramíneas associadas a uma relação mais ampla de carbono/nitrogênio, por isso possuem menor taxa de decomposição, quando comparadas com leguminosas.

De acordo com Derpsch et al. (1985) e Salton e Mielniczuk (1995), resíduos culturais de gramíneas deixados sobre a superfície do solo, favorecem uma

diminuição sensível na temperatura do solo no verão e mantém maiores teores de água em períodos de maior insolação na medida em que os resíduos não são revolvidos, sendo isto, justificado pela maior massa seca deixada após o corte e decomposição mais lenta destes materiais, exercendo também efeito na atividade biológica, germinação de sementes, crescimento radicular e absorção de íons (HATFIELD e EGLI, 1974).

Efeitos da deposição superficial de resíduos culturais no carbono orgânico total, teor de matéria orgânica e mineralização de nutrientes foram estudados por Bayer e Mielniczuk (1997), Santos e Tomm (1996a) e Sidiras e Pavan (1985). Bayer e Mielniczuk (1997), estudando sistemas de preparo do solo, envolvendo o sistema plantio direto, o preparo reduzido e convencional, verificaram um aumento no carbono orgânico total na camada superficial do solo em sistema plantio direto, quando comparados ao preparo reduzido e convencional, sendo atribuído à deposição superficial dos resíduos e às menores perdas de matéria orgânica. Santos e Tomm (1996b) e Sidiras e Pavan (1985), ao compararem o sistema de plantio direto e convencional, observaram um aumento no teor de matéria orgânica na camada superficial e uma mineralização mais lenta dos resíduos vegetais quando estes são deixados sobre a superfície do solo sob plantio direto do que quando os resíduos são incorporados ao solo, devido ao mínimo contato da palhada com o solo, retardando assim a atuação dos microrganismos que promovem uma liberação mais lenta de nutrientes para o sistema.

Efeitos positivos do uso de resíduos vegetais como cobertura do solo nas características químicas, tais como aumentos no pH, CTC, Ca, Mg, K e P, e diminuição na saturação de Al, principalmente nos horizontes próximos à superfície do solo devido a práticas de manejo que visam a cobertura e proteção do solo que condicionam uma acentuada recuperação de sua fertilidade, foram observados por Sidiras e Pavan (1985). Resultados semelhantes foram obtidos por Santos e Tomm (1999), estudando o uso de sistemas de rotação para trigo sob plantio direto.

Em trabalho com uso de palhada de gramíneas (OLIVEIRA et al, 1999), observaram haver diferença para matéria seca, K, Ca, Mg, C, conteúdo celular, hemicelulose e também para a relação C/N da palhada de um ano para o outro de cultivo, com redução da matéria seca e de K, Ca, Mg e C de 22%, 85%, 44% e 39%, respectivamente e uma redução na hemicelulose de cerca de 25% e elevação da celulose de 21%.

Outro efeito importante (AMADO et al., 1989), é de que as formas de manejo em que a resteva são uniformemente distribuídas sobre a superfície foram relativamente mais eficazes na redução de perda de solo do que aquela em que foi semi-incorporada, e que qualquer forma de manejo de resíduos culturais que resulte em apreciável cobertura do solo será eficaz na redução da erosão, em relação a uma superfície de solo desprotegida. Resultados semelhantes foram observados por Biederbeck et al. (1986), os quais evidenciaram ser mais vantajoso do ponto de vista de agregação, manter os resíduos em cobertura do que incorporá-los ou eliminá-los para queima ou outro processo qualquer.

Tian et al.(1993), citam que o conhecimento das plantas de cobertura quanto aos processos que ocorrem nos solos é de fundamental importância para que possam ser eficientemente introduzidas no sistema de produção de milho, devendo-se compatibilizar o fornecimento adequado de N ao milho com a máxima persistência dos resíduos das culturas antecessoras (em rotação) na superfície do solo.

A manutenção da palhada através do não revolvimento do solo reduzem substancialmente as perdas de nutrientes, mas torna-se necessário adotar formas de aplicação da adubação nitrogenada na cultura do milho que minimize os problemas de adoção de culturas de cobertura do solo de elevada relação C/N.

Estudando sistemas de rotação de culturas, Heckler e Silva (1985) observaram, que as maiores produções de grãos foram obtidas quando da utilização de milho ou soja em sucessão ao milho, quando comparado ao monocultivo intensivo destas culturas. O uso do monocultivo de gramíneas foi a justificativa utilizada pelo autor para as menores produções obtidas. Vidal et al. (1998), estudando o uso de níveis de resíduos vegetais de gramíneas no sistema de semeadura direta sobre a superfície do solo, observaram uma redução e um maior controle de plantas daninhas na área, refletindo-se em aumentos no rendimento da cultura da soja em sucessão à medida que se incrementou os níveis de resíduos vegetais sobre o solo.

Como o objetivo no sistema plantio direto é manter a cobertura do solo, principalmente nos primeiros anos de adoção do sistema (GAUSSEN, 1996), deve-se optar por culturas cuja palha apresenta relação C/N elevada.

4.2 Produção de palhada em sistema semeadura direta

Um dos requisitos necessários à implantação do sistema de semeadura direta é a formação de adequada camada de massa seca sobre o solo. Dispõe-se de várias espécies de cobertura do solo com características adequadas ao sistema de semeadura direta (BORTOLINI, 2000).

Produções de fitomassa seca de aproximadamente 6 Mg ha⁻¹, quando mantidos sobre a superfície do solo, é considerada uma quantidade adequada para proteger o solo contra a erosão (ALVARENGA et al, 2001). Entretanto, produzir e manter a palhada sobre o solo tem sido um dos maiores problemas enfrentados no sistema semeadura direta, principalmente, para as nossas condições. Estas dificuldades ocorrem pela falta de plantas de cobertura adaptadas as condições locais, pela baixa disponibilidade de água no solo após a colheita da cultura comercial e, principalmente, pelas baixas temperaturas e precipitações nos meses mais frios do ano. Para Oliveira et al (2000) e Alvarenga et al (2001), ao avaliarem a produção de fitomassa seca de várias plantas utilizadas para produção de palhada, observaram que os resultados são muito amplos, variando entre 2 e 16 Mg ha⁻¹, atribuindo este fato às condições em que foram conduzidos os ensaios.

Entre as diversas plantas de cobertura que vem sendo utilizadas na região dos cerrados, algumas gramíneas como o sorgo, o milho e a aveia têm se destacado pela sua boa produção de palhada, capacidade de cobertura do solo, resistência ao déficit hídrico e persistência no sistema (RESCK, 1998).

Segundo Silva (1993), o potencial máximo de produção de fitomassa seca ha⁻¹ ano⁻¹ das espécies do gênero *Brachiaria spp* em regiões tropicais é, de 32 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca. Aguiar (1996), cita que as plantas forrageiras têm uma capacidade de produzir 2,5 a 10,0 vezes mais fitomassa seca por área do que outras culturas.

Fearnside (1992) e Teixeira (1987), citado por Feigl et al. (1998), encontraram valores de fitomassa seca de aérea de pastagens variando entre 1,0 e 1,5 kg MS m⁻², e a radicular entre 1,5 e 3,2 kg MS m⁻². Esses valores corresponderiam respectivamente a 0,45-0,68 kg C m⁻² e 0,67-1,44 kg C m⁻², considerando-se o teor de carbono como sendo de 45%.

Botrel et al. (1987), avaliaram, agronomicamente, 25 gramíneas forrageiras e verificaram que o gênero *Brachiária* é muito agressivo, pois, foi o que proporcionou melhor cobertura vegetal ao solo, apresentando cobertura média de 95%, com maior potencial para produção de forragem, no período da seca, alcançando taxa de crescimento que corresponde a 37% da observada no período das águas.

A cultura do milho adapta-se muito bem ao sistema de semeadura direta, entretanto, resultados diferentes são obtidos quanto ao sucesso das culturas nos diferentes sistemas de manejo do solo, principalmente quando pouco se conhece sobre a cultura a ser instalada como cultura antecessora. Ismail et al.(1994), relataram maiores rendimentos com a adoção do sistema de semeadura direta em relação a outros sistemas de manejo do solo. E ao mesmo tempo, menores rendimentos quando da adoção do sistema de semeadura direta (BALBINO et al., 1994).

4.3 Adubação nitrogenada em semeadura direta

O nitrogênio é o nutriente mais exigido e que maior resposta fornece à cultura do milho em termos de produtividade quando corretamente aplicado, sendo o nutriente que mais freqüentemente afeta o rendimento de grãos do milho, desde que adequadas às quantidades dos demais nutrientes. As necessidades de nitrogênio para a produção de uma tonelada de grãos variam de 20 a 28 kg de N. Sendo de fundamental importância como componente das proteínas, no processo fotossintético, na qualidade dos grãos e nos componentes de rendimento da cultura do milho (BÜLL, 1993).

Na fase inicial de adoção do sistema de plantio direto existe uma maior necessidade de utilização de N no cultivo do milho. Isto ocorre porque o teor de matéria orgânica do solo (MOS) ainda encontram-se baixos e, geralmente, temos resíduos de alta relação C/N sobre a superfície do solo. Estes fatores aumentam o processo de imobilização de N pela biomassa microbiana do solo, podendo haver deficiência de N logo após a semeadura. Basso e Ceretta (2000) mostraram que, em anos com alta pluviosidade prévia à semeadura do milho, a produtividade foi superior com a cobertura nitrogenada em pós-semeadura. Entretanto, dependendo das características do solo em questão, a aplicação de altas doses de

fertilizantes em uma única operação pode resultar em perdas significativas destes elementos por lixiviação, reduzindo sua eficiência, tendo como consequência menores produtividades da cultura, além do risco de poluição ao meio.

Varvel et al (1997), sugerem que em sistema de rotação de culturas com gramíneas antecedendo o milho a utilização de 30 kg ha^{-1} de nitrogênio na semeadura é melhor alternativa para diminuir o efeito da carência inicial de nitrogênio devido à imobilização.

Atualmente para o Estado de São Paulo a adubação nitrogenada em cobertura é baseada na produtividade esperada e na classe de resposta esperada à aplicação de N, ou seja, a recomendação é feita de acordo com o histórico da área. A adubação parcelada em cobertura só é recomendada em mais de uma época quando a quantidade a ser aplicada for maior que 80 kg ha^{-1} de N ou quando o solo é arenoso (RAIJ et al, 1996).

Hoje, devido às grandes produtividades esperadas para a cultura do milho, tem-se recomendado doses de N, aplicadas em cobertura, de até 140 kg ha^{-1} , dependendo da classe de resposta esperada e do nível tecnológico adotado (FANCELLI e DOURADO-NETO, 2000).

Segundo Lara-Cabezas (2000), atualmente os aspectos mais polêmicos no manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho em SPD, refere-se a época de aplicação da adubação nitrogenada e a necessidade ou não de efetuar o seu parcelamento. Em sistemas de rotação que envolve gramíneas com alta relação C/N antecedendo a cultura principal, Lopes (1999) recomenda para o estado de Minas Gerais, aumento na dose de N a ser aplicada na semeadura (30 kg ha^{-1} de N). Espera-se, com isso, diminuir a imobilização dos fertilizantes nitrogenados aplicados.

Normalmente, a eficiência da adubação nitrogenada é menor no sistema plantio direto, principalmente na fase inicial de desenvolvimento da cultura, em parte decorrente da alta relação C/N dos resíduos vegetais, que acarreta uma maior imobilização microbiana do N aplicado (SCHERER, 2001).

De acordo com Escosteguy et al. (1997), trabalhando em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com 35 g dm^{-3} de matéria orgânica, a contribuição do nitrogênio do solo contribuiu para boas produtividades de milho da testemunha, porém, estes resultados

contrastam com o de Melgar et al. (1991), que só obtiveram aumentos na produção de milho à medida que se aumentou a adubação com nitrogênio.

Muzzili (1983), relata que culturas como o milho e o trigo apresentam maior deficiência de nitrogênio no sistema de plantio direto, necessitando de maiores quantidades de nitrogênio quando a cultura está sob este sistema.

Pottker e Romam (1994), trabalhando com doses de nitrogênio, observaram que os menores efeitos depressivos da palhada de aveia-preta sobre o rendimento final da cultura do milho foram obtidos à medida que se aumentou as doses de nitrogênio em cobertura.

Ceretta et al. (2002), verificaram que sob uma condição onde ocorre acúmulo de resíduo com relação C/N alta, tenderá a ocorrer uma redução na disponibilidade de nitrogênio. Nesse caso, a adubação nitrogenada poderá fornecer nitrogênio, suprimindo a necessidade de N do solo. Observaram também, que a taxa de decomposição de resíduos como o de aveia preta aos 30 e 120 dias após a dessecação apresentou uma taxa de 34% e 66%, respectivamente.

Em estudos realizados por Lopes (1999), Fancelli e Dourado-Neto (2000) e Lara-Cabezas et al. (2000), estes observaram que em sistema plantio direto, quando se utiliza a uréia como fonte nitrogenada para adubação de cobertura na cultura do milho, esta deve ser preferencialmente incorporada a uma profundidade de 0,05 a 0,07m para se evitar perdas por volatilização.

Segundo Sá (1995), em sistema de rotação de culturas, para melhorar a eficiência da adubação nitrogenada na cultura do milho em sequência a gramíneas no sistema plantio direto, deve-se considerar: I) que na fase inicial de desenvolvimento da cultura em PD sem adição de N, é nítido o sintoma de deficiência, caracterizando o processo de imobilização de N no solo e; II) que entre o N aplicado na semeadura e em cobertura, o melhor retorno em produção foi com a utilização no sulco de semeadura, pois, a aplicação em cobertura coincide com o pico de imobilização do N no solo.

4.4 Dinâmica do nitrogênio no solo

O nitrogênio é um dos elementos mais abundantes na natureza. Sendo a atmosfera a fonte principal deste elemento, constituindo cerca de 78% do ar atmosférico, entretanto, não diretamente aproveitável pela maioria dos vegetais superiores.

A principal fonte de nitrogênio para as culturas é a matéria orgânica que se encontra na camada superficial do solo (ROS e AITA, 1996) e está sujeita a processos de transformações que acabam determinando as relações de equilíbrio entre o N orgânico e o mineral do solo, regulando as necessidades de plantas e microrganismos (CERETTA e FRIES, 1998).

Para Schomberg et al. (1994), a água e a qualidade dos resíduos interagem afetando a decomposição e dinâmica do nitrogênio, como também, atuam consideravelmente e de forma estratégica, protegendo o solo e atuando ao mesmo tempo na ciclagem de nutrientes.

Muzzili (1983a), relata que a menor taxa de mineralização da matéria orgânica em sistema plantio direto, onde a palhada é deixada sobre a superfície, favorece uma menor disponibilidade de nitrogênio em comparação aos sistemas de preparo que incorporam os resíduos vegetais das culturas. Em tais condições são necessários adubações com nitrogênio para atender à demanda das culturas que aumentam suas necessidades por este nutriente com o decorrer do tempo, principalmente quando se adota cereais como o milho, trigo e sorgo, culturas das mais exigentes em nitrogênio, principalmente em sucessão com outras gramíneas.

A mineralização do nitrogênio orgânico do solo ocorre sob distintas velocidades, sendo diretamente relacionada com o caráter lábil ou recalcitrante das frações e com a atividade dos grupos microbianos que a utilizam. Independentemente da ausência de estudos relativos à atividade microbiana, é possível aplicar o conhecimento a respeito das transformações dos compostos orgânicos presentes no solo como um importante elemento para estabelecer e estimar adequadamente a contribuição potencial da mineralização do nitrogênio ao conteúdo de nitrogênio mineral e, com isto, estimar a disponibilidade desse nutriente às culturas (GEYPENS e VANDERDRIECHE, 1996).

A cobertura vegetal atua, ainda, de maneira indireta, sobre a atividade da microbiota dos solos e, conseqüentemente, sobre o processo de decomposição da matéria

orgânica, através de sua ação diferencial sobre as características desses solos, como temperatura, umidade, aeração, pH e nutrientes minerais.

Outras fontes de acréscimo de N ao sistema, além da mineralização da matéria orgânica, do uso de fertilizantes minerais, de esterco, de eventos naturais ocorrentes na atmosfera e fixação de N_2 do ar pela simbiose *Rhizobium-leguminosa*, seria por associações não simbióticas na rizosfera (CHALK, 1991). Este autor, procurando explicar a produção de matéria seca de espécies de gramíneas como a grama batatais, tannergrass e *Brachiaria decumbens* Stapf nas condições brasileiras por longo período de tempo sem adubações, encontrou valores de fixação de N_2 através de associações na rizosfera destas gramíneas de até $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N.

Embora seja expressivo o efeito das leguminosas, é importante destacar a contribuição dos resíduos das gramíneas em rotação (BUCHANAN e KING, 1993), que enfatizam o efeito remanescente dos resíduos ao longo do tempo, na liberação de nutrientes, em função das diferentes taxas de decomposição.

Segundo Stute e Posner (1995), para que o aproveitamento do nitrogênio das plantas de cobertura seja maximizado pelo milho, é fundamental que a liberação do nitrogênio dos resíduos culturais ocorra em sincronia com a demanda de nitrogênio do milho.

Para Ebelhar et al. (1984), uma das formas de evitar perdas de N adicionadas ao solo através de processos de lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão, seria o de manter sempre plantas em crescimento para reciclagem de nutrientes e cobertura do solo, mesmo aquelas que não fixam o nitrogênio podem ser utilizadas, pois acumulam e reciclam quantidades consideráveis de N na biomassa.

A grande preocupação na utilização de resíduos vegetais de gramíneas em sistemas de produção tem sido elevar a disponibilidade de nitrogênio no início do crescimento do milho, para isso, utiliza-se a adubação nitrogenada para que não haja comprometimento da quantidade de N disponível para o milho, devido à imobilização do N mineral pela biomassa microbiana e conseqüentemente menor disponibilidade de nitrogênio.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de túnel plástico, localizado no Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, UNESP. A localização geográfica está definida pelas coordenadas: 22° 51' de latitude sul, 48° 26' de longitude oeste e altitude aproximada de 770 m.

O clima de Botucatu, baseado no sistema de classificação internacional de Köppen, foi incluído no tipo Cfa, que significa clima temperado com inverno frio e seco e verão quente; com temperatura do mês mais frio inferior a 18° C e a do mês mais quente superior a 22° C.

O solo utilizado no experimento corresponde, segundo Carvalho et al. (1983), a um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. De acordo com o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) é denominado como Latossolo Vermelho distrófico.

As análises química e física do solo utilizado no experimento (Tabela 1), coletado a uma profundidade de 0-20m de uma área com *Brachiaria decumbens*, foram realizadas nos Laboratórios de Fertilidade do Solo e Física do Solo do Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas. Os resultados obtidos na análise química do solo ao final da condução do experimento, constam na Tabela 2.

Tabela 1. Resultados das análises química e física do solo utilizado no experimento, em amostra coletada antes da implantação do ensaio. Botucatu-SP, 2002.

pH	M.O.	P	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%
4,9	13	2	29	0,3	12	5	18	47	38
Granulometria									
Areia			Silte			Argila			
			g kg ⁻¹						
751			176			73			

5.2 Avaliação da fitomassa seca inicial de *Brachiaria decumbens*

Foram realizadas três amostragens, aleatoriamente, na área em que foi coletado o solo para montagem do experimento, para avaliação da fitomassa seca inicial de *Brachiaria decumbens*, utilizando-se um quadrado de 0,5m x 0,5m. O material vegetal delimitado foi cortado rente ao solo, colocado em sacos de papel, levados ao Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas, e colocados (amostras) em uma estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60⁰C, durante 72 horas. Em seguida, pesou-se o material, em balança digital, com precisão de 0,01 g. O peso obtido em 0,25 m² foi extrapolado, obtendo-se 15 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de parte aérea. Em seguida, essa fitomassa seca foi encaminhada à análise química, determinando seus teores de macro e micronutrientes.

Tabela 2. Resultados da análise química do solo utilizado, coletadas nos vasos ao final da condução do experimento, para os tratamentos aplicados. Botucatu-SP, 2003.

Tratamento	pH	M.O.	P	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%
1	5,7	15,0	51,6	22,2	1,0	26,8	8,0	36,0	58,2	61,8
2	5,6	14,6	63,2	20,8	0,6	28,4	6,8	36,0	56,8	63,0
3	5,4	15,0	39,2	24,6	0,5	26,0	7,0	33,4	58,2	58,0
4	5,3	16,0	58,0	25,8	0,8	30,0	8,4	39,2	65,0	61,0
5	5,7	15,6	69,8	24,4	1,3	28,0	8,2	37,6	62,0	61,0
6	5,7	17,0	64,2	21,0	0,8	28,8	8,2	37,8	59,2	64,2
7	5,5	15,8	42,4	23,4	0,6	28,4	8,2	37,2	60,8	61,2
8	5,3	14,6	39,2	24,6	0,5	25,2	6,0	32,0	56,6	56,6
9	5,7	15,0	52,0	25,2	1,5	26,4	8,2	36,6	61,6	59,6
10	5,6	15,8	59,0	20,6	0,8	28,0	8,0	36,4	57,0	63,6
11	5,5	16,6	41,4	23,0	1,0	28,8	8,8	38,4	61,4	62,6
12	5,3	16,0	41,4	25,6	0,7	27,0	6,2	33,6	59,2	57,0
13	5,9	16,8	60,4	23,4	2,1	28,8	9,2	40,0	63,4	63,2
14	5,7	15,6	57,2	20,4	1,1	28,0	8,8	37,6	58,4	64,4
15	5,4	16,6	55,2	27,2	0,9	28,4	6,6	36,0	63,2	57,0
16	5,3	15,6	51,4	25,0	0,7	27,2	6,2	34,0	59,2	57,6

1 a 4 = 0, 50, 100 e 150 mg dm⁻³ de N e zero Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de *B. decumbens*, respectivamente.

5 a 8 = 0, 50, 100 e 150 mg dm⁻³ de N e 5 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de *B. decumbens*, respectivamente.

9 a 12 = 0, 50, 100 e 150 mg dm⁻³ de N e 10 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de *B. decumbens*, respectivamente.

13 a 16 = 0, 50, 100 e 150 mg dm⁻³ de N e 15 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de *B. decumbens*, respectivamente.

Foram realizadas também três amostragens de raízes, utilizando-se o mesmo quadrado de 0,5m x 0,5m, a uma profundidade de 0,2m. Ao término da coleta de cada amostra, as mesmas foram lavadas em água corrente em uma peneira, com malha de 2mm. Após a lavagem, as raízes foram secas sobre papel-toalha, acondicionadas em sacos de papel e, em seguida foram secas em estufa, a 60^oC durante 72 horas, após o que as impurezas foram retiradas manualmente, e as raízes pesadas e moídas para determinação da fitomassa seca e posteriores análises químicas. O peso obtido em 0,25 m² foi extrapolado, obtendo-se 5 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de raízes. A análise química da fitomassa seca da parte aérea e raízes da braquiária foi determinada (Tabela 3), segundo metodologia descrita por Malavolta et al., 1997.

Tabela 3. Concentração de macro e micronutrientes na parte aérea e raízes da fitomassa de *Brachiaria decumbens*, em amostras coletadas antes da instalação do experimento. Botucatu-SP, 2002.

	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Parte aérea	10,66	1,46	18,66	5	2,83	1,23
Raízes	4,33	0,23	4,66	2	0,46	1,06
	Micronutrientes					
	mg kg ⁻¹					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Parte aérea	10,33	5,66	408	54	17,66	
Raízes	9,33	7	1594	14	19,33	

5.3 Caracterização do cultivar utilizado

Utilizou-se o milho, cultivar C 333B da Cargill Sementes, descrito como um híbrido simples modificado e semi-precoce. A planta apresenta porte entre 2,3 a 2,5m, folhas semi-eretas e com resistência ao acamamento.

5.4 Tratamentos

Os tratamentos consistiram da combinação de quatro níveis de nitrogênio com quatro níveis de palhada da parte aérea de braquiária na superfície do solo, quais sejam:

- T₁ = 0 mg dm⁻³ de N + 0 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de braquiária;
- T₂ = 50 mg dm⁻³ de N + 0 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de braquiária;
- T₃ = 100 mg dm⁻³ de N + 0 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de braquiária;
- T₄ = 150 mg dm⁻³ de N + 0 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de braquiária;
- T₅ = 0 mg dm⁻³ de N + 5 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de braquiária;
- T₆ = 50 mg dm⁻³ de N + 5 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de braquiária;
- T₇ = 100 mg dm⁻³ de N + 5 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca de braquiária;

$T_8 = 150 \text{ mg dm}^{-3} \text{ de N} + 5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ de fitomassa seca de braquiária};$
 $T_9 = 0 \text{ mg dm}^{-3} \text{ de N} + 10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ de fitomassa seca de braquiária};$
 $T_{10} = 50 \text{ mg dm}^{-3} \text{ de N} + 10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ de fitomassa seca de braquiária};$
 $T_{11} = 100 \text{ mg dm}^{-3} \text{ de N} + 10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ de fitomassa seca de braquiária};$
 $T_{12} = 150 \text{ mg dm}^{-3} \text{ de N} + 10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ de fitomassa seca de braquiária};$
 $T_{13} = 0 \text{ mg dm}^{-3} \text{ de N} + 15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ de fitomassa seca de braquiária};$
 $T_{14} = 50 \text{ mg dm}^{-3} \text{ de N} + 15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ de fitomassa seca de braquiária};$
 $T_{15} = 100 \text{ mg dm}^{-3} \text{ de N} + 15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ de fitomassa seca de braquiária};$
 $T_{16} = 150 \text{ mg dm}^{-3} \text{ de N} + 15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ de fitomassa seca de braquiária}.$

5.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 5 repetições, em esquema fatorial 4×4 , sendo quatro níveis de fitomassa seca de braquiária (0, 5, 10 e 15 Mg ha^{-1}) e quatro níveis de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 mg dm^{-3} de N). O esquema da análise de variância encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4. Esquema da análise de variância para o experimento em função da aplicação dos níveis de nitrogênio e de fitomassa seca de braquiária.

Causas da Variação	Graus de Liberdade
Níveis de Nitrogênio (N)	3
Níveis de Fitomassa (F)	3
Interação (N x F)	9
Tratamentos	(15)
Blocos	4
Resíduo	60
Total	79

5.6 Instalação e condução do experimento

O experimento foi realizado em vasos com capacidade de 35 litros, sendo estes preenchidos com um volume de 29 litros de solo.

De acordo com os resultados de análise de solo, aplicou-se calcário dolomítico, com um PRNT de 91%, para elevar a porcentagem de saturação de bases (V%) a 70%. Após a aplicação do calcário, o qual foi misturado com todo o volume de solo de cada vaso, os mesmos foram umedecidos a aproximadamente 70% da capacidade máxima de retenção de água e mantidos incubados por 30 dias. Os vasos foram cobertos com material plástico impermeável para evitar perdas elevadas de água por evaporação.

Após o período de incubação, foi realizada a adubação fosfatada e potássica, com superfosfato simples e cloreto de potássio como fontes de P e K nas quantidades de 150 e 120 mg dm⁻³, respectivamente, aplicados na semeadura do milho. Foram aplicados também, 1,5 e 0,25 mg dm⁻³ de Zn e B na forma de sulfato de zinco (20% Zn) e ácido bórico (17% B), respectivamente. A adição de palhada de braquiária foi realizada após a adubação e antes da semeadura, sendo utilizado como cobertura fitomassa fresca, cortada em fragmentos com aproximadamente 2 cm de comprimento e aplicada na quantidade equivalente a 0, 5, 10 e 15 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca, permanecendo sobre o solo por alguns dias, até secarem. As quantidades de palha foram calculadas considerando a área de superfície do solo de cada unidade experimental.

A semeadura foi realizada em 12/12/2002, semeando-se 10 sementes/vaso e após o estabelecimento das plântulas realizou-se o desbaste, deixando-se 3 plantas/vaso durante 60 dias.

Na adubação nitrogenada foi utilizada a Uréia como fonte de N. A aplicação foi parcelada em três épocas, a saber: i) 1/3 na semeadura do milho; ii) 1/3 no estágio de 4 a 5 folhas totalmente expandidas e; iii) 1/3 no estágio de 7 a 8 folhas totalmente expandidas. Nos tratamentos que receberam palha na superfície do solo, aplicou-se a uréia sobre a palha.

Foram efetuadas irrigações durante o ciclo da cultura, mantendo o solo com uma capacidade máxima de retenção de umidade em torno de 70%, necessário a um bom crescimento e desenvolvimento da cultura, por meio de pesagens.

5.7 Parâmetros avaliados na planta de milho

5.7.1 Altura de plantas

Foi determinada através da medição da distância (cm) existente entre a superfície do solo até a inserção da bainha da folha mais alta. Para essa determinação foram utilizadas 3 plantas por parcela experimental, aos 60 dias após a emergência (dae).

5.7.2 Diâmetro de colmo

Foi obtido através de leituras realizadas com um paquímetro digital (mm), no segundo entrenó, contando a partir da superfície do solo e adotando-se 3 plantas por parcela, aos 60 dias após a emergência (dae).

5.7.3 Número de entrenós

Foi obtido através da contagem do número de entrenós aos 60 dias após a emergência (dae), adotando-se 3 plantas por parcela.

5.7.4 Diagnose foliar

Para avaliar o estado nutricional das plantas (diagnose foliar), foram coletadas fitomassa fresca de folhas no período de florescimento do milho (inflorescência feminina “cabelo”). Cada amostra foi composta por 3 folhas (inteira) opostas e abaixo da espiga, segundo procedimentos descritos por Malavolta et al. (1997). A coleta foi realizada 60 dae da cultura, para todos os tratamentos. No laboratório, as folhas foram lavadas e repassadas em água deionizada, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufas de circulação de ar a temperatura de 60° C, por aproximadamente 72 horas. Após secas, as amostras foram moídas em moinho tipo “Wiley” e analisadas quanto aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e boro (MALAVOLTA et al.,1997).

5.7.5 Produção de fitomassa seca

A fitomassa foi expressa em g planta^{-1} , determinada aos 60 dae das plantas de milho, coletando-se 2 plantas (parte aérea) por parcela. O material coletado foi seco em estufa a 60°C , até peso constante para determinação da fitomassa seca.

5.7.6 Extração de nutrientes

Calculada a partir dos dados de fitomassa seca (g planta^{-1}) e concentração de nutrientes da fitomassa da parte aérea do milho e expressos em g planta^{-1} , para N, P, K, Ca, Mg e S, em cada tratamento.

5.7.7 Índice relativo de clorofila (IRC)

Foi determinado utilizando-se o medidor portátil Chlorophyll Meter, modelo SPAD da Minolta Co., Japão (1989).

As leituras foram realizadas no período da manhã entre nove e dez horas, sombreando-se o aparelho com o corpo para evitar a interferência da luz solar, em 3 plantas por parcela, nos seguintes estádios fenológicos: i) plantas com quatro a cinco folhas e ii) plantas com sete a oito folhas. Foram realizadas leituras do Índice Relativo de Clorofila, antes e uma semana após a adubação nitrogenada, conforme parcelamento da adubação (item 5.6).

A leitura foi realizada em dois pontos da folha mais superior (recentemente expandida), no qual a inserção lâmina-baínha foliar estivesse visível. Os dois pontos amostrados foram fixados pelo regulador de profundidade do aparelho na margem da folha e de 10 a 20 cm da ponta da folha. Dos pontos amostrados foram retirados uma média.

5.8 Taxa de decomposição

Foi utilizado o método dos “litterbags” (WIEDER e LANG, 1982), utilizando-se 7g de fitomassa seca de braquiária por sacola (Sacolas de Náilon com malha de

2mm), com dimensões de 15cm x 15cm, colocadas sobre a superfície do solo em cada tratamento, no início do experimento. O material foi coletado após 70 dias da aplicação dos tratamentos, retirado das sacolas secos em estufa a 60°C, até atingirem peso constante para determinação da fitomassa seca remanescente. Em seguida foi pesado e analisado quanto à taxa de decomposição.

5.9 Análise estatística

Os efeitos das doses de N e níveis de palha e da interação doses de N *Versus* níveis de palha foram avaliados estatisticamente, através da análise de variância. Para as variáveis em que a quantidade de N, os níveis de palha ou a interação N x P foi significativa, de acordo com o teste F, efetuou-se análise de regressão. Nesta análise foram testados os modelos linear e quadrático, sendo selecionado para expressar o comportamento de cada variável o modelo que apresentou significância a 5% de probabilidade e o maior coeficiente de correlação para os dados obtidos. Foi utilizado o programa SISVAR para realização das análises estatísticas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Altura de planta

Os resultados para a altura de planta da cultura do milho foram afetados pelas doses de N, não se verificando efeito significativo para os níveis de palha e para a interação doses de N *Versus* níveis de palha (Tabela 5).

A altura de plantas foi crescente com o aumento das doses de N no solo (Figura 1), contudo, a partir de 100 mg dm^{-3} de N, o aumento foi inexpressivo, sendo que para as condições do presente estudo, esta dose foi considerada suficiente para que as plantas de milho expressassem o máximo de crescimento. Entretanto, o ponto de máxima ou dose máxima para atingir a maior altura de planta foi obtido com a quantidade de 137 mg dm^{-3} de N aplicado.

Observa-se que a relação entre altura de planta e doses de N, o comportamento foi quadrático (Figura 1), sendo que as doses de N explicam 100% a altura de planta. A relação de dependência da altura de planta em função da quantidade N aplicada pode ser verificada no alto coeficiente de determinação ($R^2 = 1$). Estes resultados foram

semelhantes aos obtidos por Rezende et al (1994), em experimento sob condições semelhantes, em Sete Lagoas – MG.

Não se observou diferença significativa para os níveis de palha, onde o valor médio de altura de planta encontrado foi de 170,7 cm nas plantas de milho (Tabela 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Fleck (1997b), avaliando diferentes níveis de palhada de aveia preta na cultura do milho, e Nunes et al (2003), ao avaliarem o efeito da palhada de sorgo na cultura do milho.

Tabela 5. Altura de planta, diâmetro e número de entrenós do milho aos 60 dae, em função de variações nas doses de nitrogênio e nos níveis de palha em cobertura. Botucatu-SP, 2003.

Doses	Altura de planta	Diâmetro de colmo	Número de entrenós
	-----cm-----	-----mm-----	
Doses de N (N)			
N ₀	58,2	10,7	3,4
N ₁	164,8	16,5	10,3
N ₂	224,1	18,3	14,2
N ₃	235,6	19,0	14,3
Ajustes ⁽¹⁾	L ^{n.s.} , Q*	L*, Q*	L*, Q*
Coeficiente de determinação	1	0,9907	0,9997
Níveis de palha (P)			
P ₀	170,5	16,0	10,2
P ₁	159,7	15,9	10,4
P ₂	176,7	16,4	10,9
P ₃	175,7	16,2	10,7
Ajustes	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}
Coeficiente de determinação	0,4222	0,6041	0,8233
Interação N X P	n.s.	n.s.	n.s.
CV (%)	10	6	13

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: Não significativo; *: P<0,05.

N₀ = 0; N₁ = 50; N₂ = 100 e N₃ = 150 mg dm⁻³ de N; P₀ = 0; P₁ = 5; P₂ = 10 e P₃ = 15 Mg ha⁻¹ de palha.

Para o presente estudo a dose de 50 mg dm⁻³ de N proporcionou uma maior crescimento em altura de planta, quando comparado à dose de 100 mg dm⁻³ de N aplicado, resultado este que concorda com os apresentados por Costa (2000) e Escosteguy et al (1997).

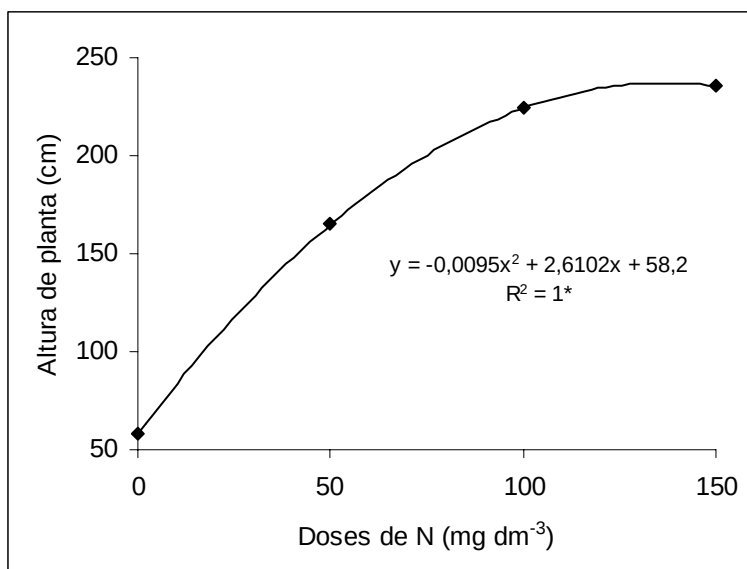


Figura 1. Altura de plantas (cm) em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Para os níveis de palha avaliados, a resposta não significativa para altura de plantas, pode ser justificada pela adição apenas superficial do material, sem incorporação ao solo. Isto leva a inferir que em função do curto período de tempo (60 dias) de experimentação, provavelmente não promoveu imobilização significativa de N e conseqüentemente, não interferiu no crescimento, em altura, das plantas de milho.

6.2 Diâmetro de colmo

Com relação ao diâmetro de colmo (Tabela 5 e Figura 2), houve um aumento com a elevação das doses de N, entretanto, houve uma pequena variação na resposta da cultura entre os intervalos de 50 a 100 e de 100 a 150 mg dm⁻³ de N aplicados ao solo. O menor diâmetro foi obtido para a dose de 0 mg dm⁻³ de N (Figura 2), o que vem a confirmar o sintoma de deficiência de N na cultura. Resultados semelhantes foram obtidos por Pissaia et

al. (1996), que estudando o efeito de doses crescentes de N na cultura do milho, em Canguiri-PR, observaram maiores diâmetros de colmo quando do uso de maiores doses de N.

O efeito significativo de doses de N sobre o diâmetro de colmo da cultura demonstrou que esse parâmetro, independente das demais variáveis, comporta-se de modo diferenciado para cada dose de N estudada. O efeito quadrático e o alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,99$) da adubação nitrogenada indicam que doses maiores de nitrogênio levariam a acréscimos no diâmetro de colmo até um certo limite (ponto de máximo). Grove et al. (1980) corroboram com esta inferência, pois relatam que ao se aumentar as doses de N, há um decréscimo no aproveitamento desse nutriente, ocasionada pela diminuição da diferença efetiva entre doses de nitrogênio aplicadas.

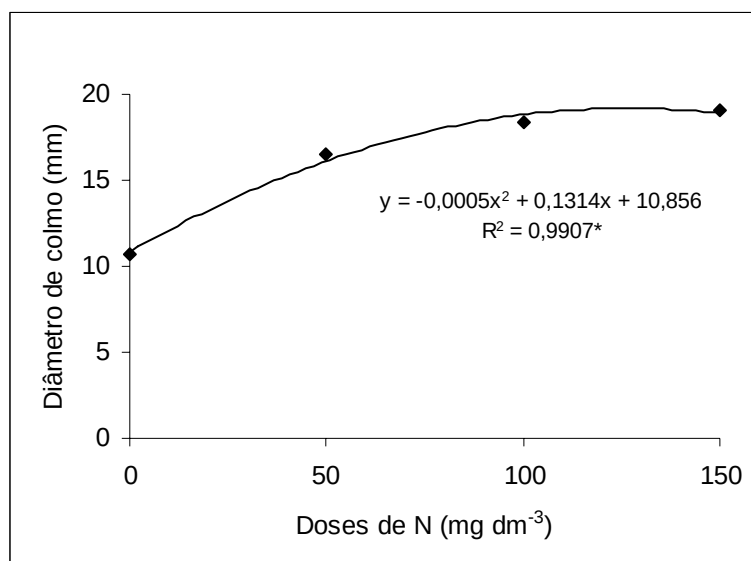


Figura 2. Diâmetro de colmo (mm) em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003.
*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Costa (2000), em experimento conduzido em condições de campo e com doses crescentes de N, não observou efeito significativo para este parâmetro à medida que se aumentou as doses de N na semeadura e em cobertura, em sucessão a aveia-preta.

Segundo Villela (1999), estudando fontes e doses de nitrogênio, observou ser o colmo fino associada a maiores alturas uma característica indesejável que proporciona um maior quebramento e acamamento de plantas a campo. Fato este não observado no presente estudo, onde o aumento em altura das plantas correlacionou-se positivamente com o diâmetro de colmo.

O diâmetro de colmo não apresentou diferença significativa para os níveis de palha (Tabela 5), onde o valor médio de diâmetro de colmo observado foi de 16,2 mm nas plantas de milho. Nunes et al (2003), ao avaliarem o efeito da palhada de sorgo na cultura do milho em condições semelhantes, também não observaram efeitos negativos sobre o diâmetro de colmo.

6.3 Número de entrenós

Na Tabela 5 (item 6.1) são apresentados os valores para número de entrenós para a cultura do milho, aos 60 dae. O número de entrenós foi crescente com o aumento das doses de N no solo (Figura 3), contudo, a partir de 100 mg dm^{-3} de N, o aumento foi inexpressivo e, considerada suficiente para que as plantas de milho expressassem o máximo número de entrenós. Entretanto, a dose de 50 mg dm^{-3} de N proporcionou uma maior taxa de aumento no número de entrenós por planta, quando comparado à dose de 100 mg dm^{-3} de N aplicado. Resultados semelhantes foram obtidos por Fleck et al (1997a), que com doses crescentes de nitrogênio, observou maior altura de plantas e maior número de entrenós.

Quando foram aplicados 150 mg dm^{-3} de N, houve um maior número de entrenós que para a menor dose, indicando que o maior efeito observado para a maior dose foi devido ao maior suprimento de nitrogênio ao milho.

A análise de regressão do número de entrenós em função das doses de nitrogênio (Figura 3), revelou ajuste significativo. A partir da equação de regressão para o número de entrenós, estimou-se, para as condições do experimento, uma dose máxima de 125

mg dm^{-3} de N como o ponto de máxima eficiência técnica para obtenção do maior número de entrenós na cultura do milho. O alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,99$) indica que uma fração significativa da variação no número de entrenós por planta pode ser explicada pelas diferentes doses de N estudadas.

Não se observou diferença significativa para o número de entrenós quanto aos níveis de palha adicionados, apresentando valor médio de 10,6 nas plantas de milho (Tabela 5). Também não houve efeito significativo da interação entre doses de N e níveis de fitomassa seca de *B. decumbens* adicionados.

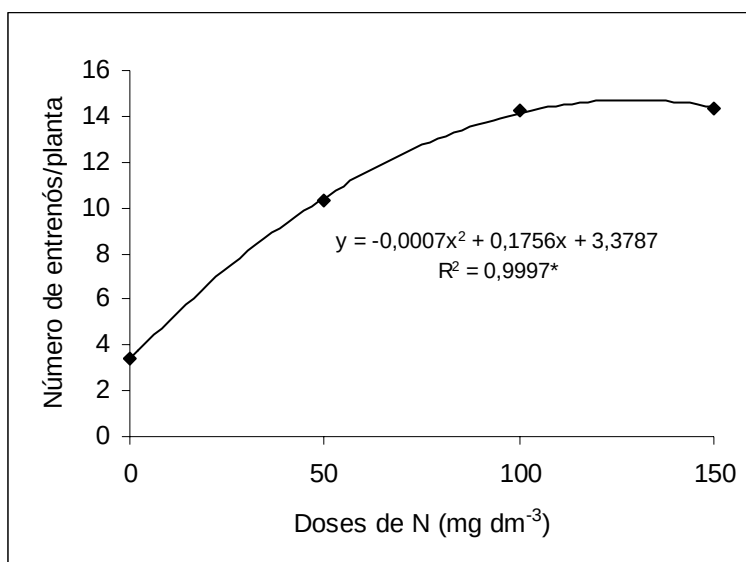


Figura 3. Número de entrenós em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

6.4 Diagnose foliar

Os resultados para a análise de teores foliares de nutrientes (diagnose foliar), nesta fase de desenvolvimento da cultura, mostraram que nas condições em que foi conduzido este experimento, os teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas foram afetadas pelas doses de N, não se verificando efeito significativo para os níveis de palha e para a interação doses de N *Versus* níveis de palha (Tabela 6).

Nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8, são apresentadas os teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas, onde observa-se diferenças para doses adicionadas de N, ocorrendo valores menores para os tratamentos que receberam a menor dose de nitrogênio em relação às outras três doses (50, 100 e 150 mg dm⁻³) e valores crescentes com as maiores doses de N aplicadas, exceto para P e K que diminuíram seus teores, à medida em que se aumentou as doses de N aplicadas. Os teores de N são considerados baixos para as doses em estudo, pois, não se encontra na faixa de teores do nutriente considerado adequado para a cultura do milho (MALAVOLTA et al, 1997). Os teores de P e K apresentaram diferença significativa, com ajuste de regressão quadrática para P e linear para o K, com os valores diminuindo à medida que se aumentou as doses de N, sendo estes teores, considerados adequados para a cultura do milho (BÜLL,1993; RAIJ et al., 1996).

Valores semelhantes foram encontrados por Aita et al (1994), estudando espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho, onde os teores de N, P e K encontrados na folha índice foram de 14,2, 1,9 e 14,3 g kg⁻¹, respectivamente, quando se cultivou uma gramínea (aveia-preta) como cultura de inverno antecedendo a cultura do milho.

Os teores de N, Ca e Mg diferiram para as quatro doses de N, apresentando efeito significativo e quadrático para o Mg e linear para N e Ca com coeficientes de determinação de 0,99, 0,75 e 0,99, respectivamente. Demonstrando que há relação de dependência entre a nutrição da cultura do milho em função das doses de N adicionadas, verificados pelos altos coeficientes de determinação.

Os teores de S variaram entre 1,3 a 1,5 g kg⁻¹ para doses de N e níveis de palha adicionados (Tabela 6), apresentando ajuste de regressão não significativo, com coeficientes de determinação de 0,55 e 0,02 para doses de N e níveis de palha, respectivamente.

Tabela 6. Estado nutricional da cultura do milho aos 60 dae, em função de variações nas doses de nitrogênio e nos níveis de palha em cobertura. Botucatu-SP, 2003.

Doses	Nutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g kg ⁻¹ -----						
Doses de N (N)						
N ₀	11,4	2,4	26	2,7	1,7	1,3
N ₁	15,0	2,1	20	3,5	1,9	1,5
N ₂	14,8	1,9	17	4,3	3,0	1,4
N ₃	15,9	1,9	14	5,3	4,3	1,5
Ajustes ⁽¹⁾	L*, Q ^{n.s.}	L*; Q*	L*, Q ^{n.s.}	L*, Q ^{n.s.}	L*; Q*	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}
Coeficiente de determinação	0,7488	0,9969	0,9581	0,9972	0,9952	0,5528
Níveis de palha (P)						
P ₀	13,9	2,1	19	4,0	3,0	1,4
P ₁	12,6	2,1	19	3,7	2,6	1,3
P ₂	15,9	2,1	18	4,3	2,9	1,5
P ₃	14,7	2,1	21	3,8	2,4	1,4
Ajustes	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{ns.} , Q ^{ns.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}
Coeficiente de determinação	0,2690	0,8260	0,8632	0,1011	0,3863	0,0262
Interação N X P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CV (%)	29	14	21	26	30	20

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: Não significativo; *:P<0,05.

N₀ = 0; N₁ = 50; N₂ = 100 e N₃ = 150 mg dm⁻³ de N; P₀ = 0; P₁ = 5; P₂ = 10 e P₃ = 15 Mg ha⁻¹ de palha.

Franco et al (2001), observaram teores de 33,7 e 36,7 g kg⁻¹ de N na folha de posição +4 e nas folhas da base da espiga, respectivamente. Analisando a concentração de N para fins de diagnose nutricional (folha abaixo da espiga) em diferentes sistemas de preparo do solo, sem uso de fertilizantes, Moraes et al (1998) encontraram valores entre 14,5 e 18,3 g kg⁻¹ de N.

Segundo Malavolta (1982), a maior concentração de cálcio deve-se ao fato de que este nutriente se encontrar em formas não solúveis em água nas plantas, não ocorrendo, conseqüentemente, redistribuição do mesmo.

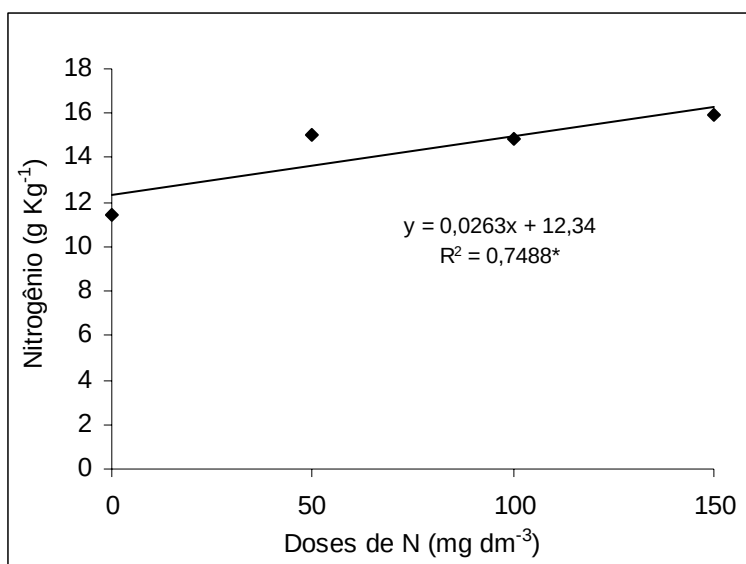


Figura 4. Estado nutricional de N em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

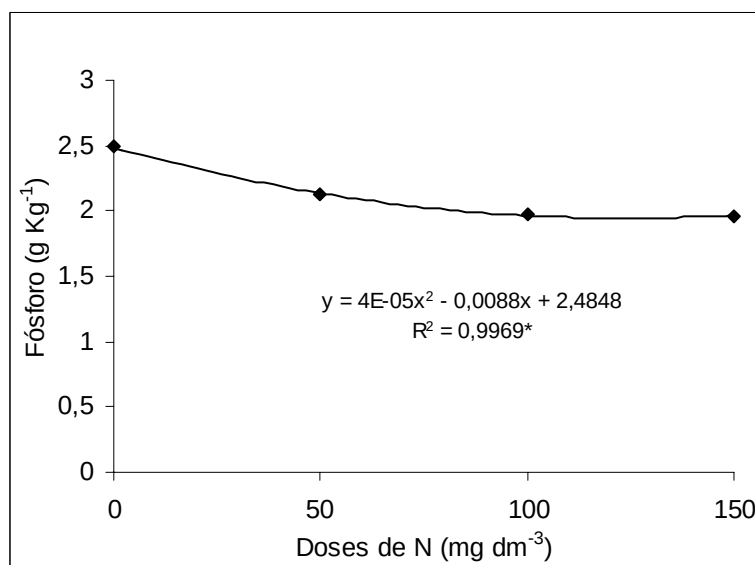


Figura 5. Estado nutricional de P em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

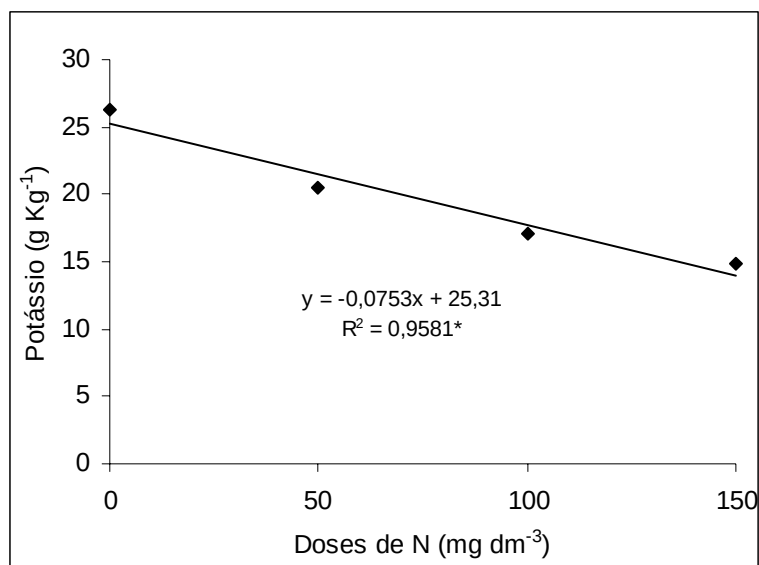


Figura 6. Estado nutricional de K em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003.*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

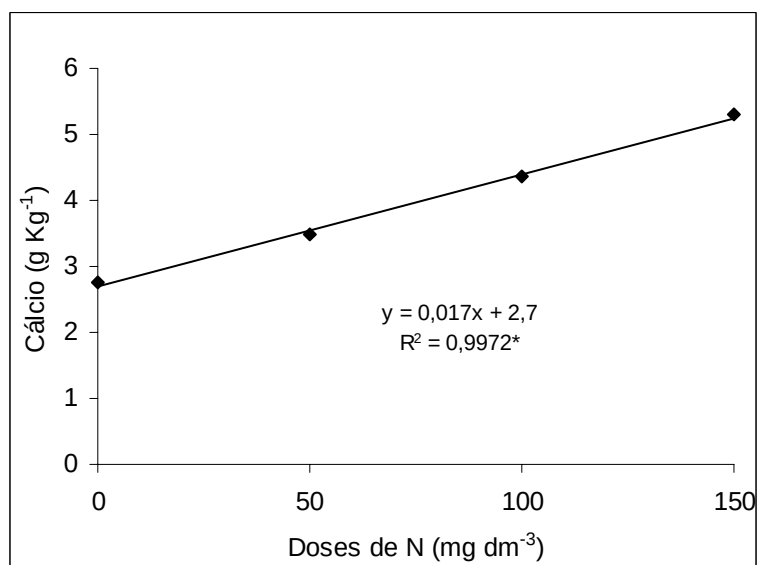


Figura 7. Estado nutricional de Ca em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003.*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

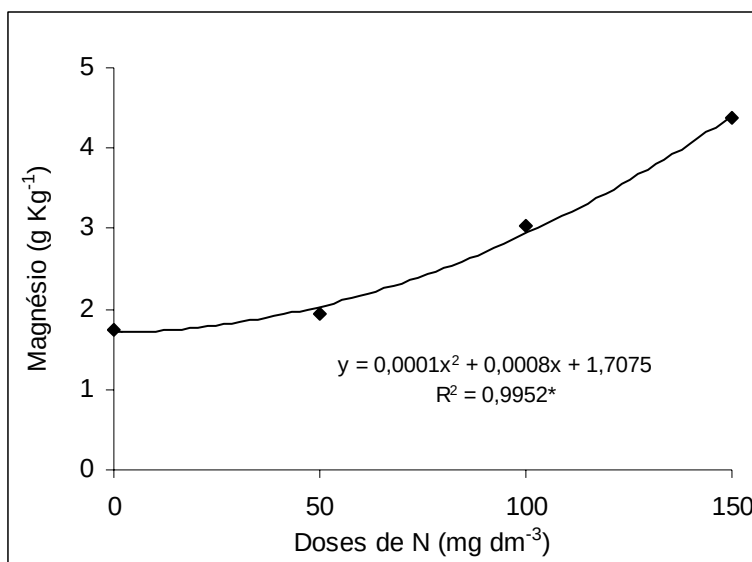


Figura 8. Estado nutricional de Mg em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003.
*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Segundo Gallo e Hiroce (1978), estudando a nutrição do milho através da diagnose foliar, encontraram coeficientes de correlação positivos e significativos para N, P, K e S na folha diagnose com coeficientes de determinação de 0,67; 0,46; 0,37 e 0,71, respectivamente.

Conforme se observa na Tabela 6, os valores para teores de potássio revela uma relação inversa com o teor de cálcio e magnésio nas folhas, fato este também evidenciado por Gallo e Hiroce (1978), em estudos com doses crescentes de N, em diversos ensaios conduzidos no Estado de São Paulo.

Lange (2002), trabalhando com doses crescentes de palhada de sorgo e milho antecedendo ao milho, em Sete Lagoas-MG, não observou diferenças significativas nos teores foliares de nutrientes, mesmo ao aplicar 12 Mg ha⁻¹ de palhada durante dez anos sob sistema de plantio direto, fato este atribuído ao pequeno fornecimento de nutrientes às plantas pela cobertura de inverno.

Lavorenti et al. (1982), estudando o efeito de doses crescentes de nitrogênio na nutrição nitrogenada da cultura do milho, em Campinas-SP, encontraram teores médios na folha abaixo e oposta à primeira espiga de 20,9 e 28,8; 2,7 e 3,1; 24,7 e 22,8; 6,5 e 6,1; 3,0 e 2,9; 1,81 e 2,26 para N, P, K, Ca, Mg e S nas doses de 0 e 150 kg ha⁻¹, respectivamente, com diferença significativa apenas para N e K.

Os resultados evidenciam que para o presente estudo, a adubação nitrogenada influenciou de um modo geral, o estado nutricional das plantas, devendo-se ressaltar a influência na nutrição da cultura do milho, conforme relatam Ros e Aita (1996).

Não se observou ajuste significativo para os teores de nutrientes em relação aos níveis de palha adicionados (Tabela 6), onde os valores médios encontrados foram de 14,31, 2,13, 19,66, 3,97, 2,77 e 1,45 g kg⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente.

6.5 Extração de nutriente (parte aérea)

As extrações de nutrientes (Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15) apresentaram diferenças significativas para as doses de N aplicadas ao solo e para os níveis de palha apenas para o K (Figura 12).

Os valores de N total extraído pelas plantas variou de 0,426 a 0,91 g planta⁻¹ à medida que se aumentou a dose de nitrogênio. Valores maiores foram observados por Fernandes et al (1998), avaliando sistemas de preparo do solo e doses de N no nitrogênio acumulado por plantas de milho, com valores variando entre 1,04 e 1,818 g planta⁻¹ de N no período do florescimento da cultura. Já Bortolini et al (2002), encontrou valores semelhantes de N acumulado, variando de 0,8025 (sem adição de N) a 1,1795 g planta⁻¹ de N com a adição de 150 kg ha⁻¹ de N, na cultura do milho semeada sobre os resíduos culturais de aveia-preta.

Nas Figuras 9, 10, 11 e 13 são apresentados os valores de extração de N, P, K e Ca em função das doses de N. Pode-se observar que há um aumento na extração de nutrientes (g planta⁻¹) com o aumento das doses de N. Houve comportamento quadrático e significativo para os nutrientes citados, conforme observado nas Figuras. O ponto de máxima extração ou dose máxima para extração destes foram de 116, 140, 100 e 150 mg dm⁻³ de N, respectivamente.

Tabela 7. Extração de nutrientes (parte aérea) pela cultura do milho aos 60 dae, em função de variações nas doses de nitrogênio e nos níveis de palha em cobertura. Botucatu-SP, 2003.

Doses	Nutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g planta ⁻¹ -----					
Doses de N (N)						
N ₀	0,1016	0,0370	0,3751	0,0583	0,0388	0,0115
N ₁	0,5955	0,1127	1,1447	0,2760	0,1777	0,0591
N ₂	0,9161	0,1542	1,2446	0,4172	0,3309	0,0863
N ₃	1,0696	0,1782	1,2236	0,5179	0,4639	0,1139
Efeitos ⁽¹⁾	L ^{n.s.} , Q*	L ^{n.s.} , Q*	L ^{n.s.} , Q*	L ^{n.s.} , Q*	L*, Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q*
Coefficiente de determinação	0,97	0,99	0,97	0,99	0,98	0,97
Níveis de palha (P)						
P ₀	0,6258	0,1272	0,9296	0,3018	0,2597	0,0651
P ₁	0,5713	0,1173	0,8179	0,2866	0,2462	0,0618
P ₂	0,7621	0,1219	1,0626	0,3407	0,2627	0,0728
P ₃	0,7235	0,1555	1,1776	0,3403	0,2826	0,0711
Efeitos	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L*, Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}
Coefficiente de determinação	0,66	0,13	0,66	0,31	0,25	0,06
Interação N X P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CV (%)	37	20	30	22	19	26

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: Não significativo; *: P<0,05.

N₀ = 0; N₁ = 50; N₂ = 100 e N₃ = 150 mg dm⁻³ de N; P₀ = 0; P₁ = 5; P₂ = 10 e P₃ = 15 Mg ha⁻¹ de palha.

Conforme se observa na Figura 11, a extração de K foi influenciada pelas doses de N (11) e níveis de palha (12). Na ausência da adubação nitrogenada, o milho apresentou menor extração de K, porém com a utilização de doses (50, 100 e 150 mg dm⁻³), foi maior a extração deste nutriente. Houve resposta do K extraído aos níveis de palha adicionados. Os maiores níveis de palha promoveram uma maior extração deste nutriente, que se apresentava no solo disponível em quantidades elevadas (Tabela 2). O que leva a acreditar que, a velocidade de liberação do K dos resíduos culturais durante o processo de decomposição exerceu influência nos teores presentes no solo e numa maior concentração, na cultura do milho. Schomberg e Steiner (1999) e Marschner (1995), relatam que o K é um nutriente que se encontra em componentes não estruturais e na forma iônica no vacúolo das células das plantas, portanto, é rapidamente lixiviado após a adição de resíduos culturais sobre a superfície do solo por não estar na dependência dos processos microbianos.

Resultados semelhantes foram obtidos por Lange (2002), o qual observou um aumento significativo de K no solo à medida que se aplicou palhada de sorgo e milho em sistema plantio direto, o que para o presente estudo, pode ter influenciado na quantidade de potássio extraído pela cultura do milho.

Nas figuras 14 e 15 são apresentados os valores de extração de Mg e S em função das doses de N. Observou-se resposta à adubação nitrogenada linear e quadrática para a extração de Mg e S, conforme observado através das equações de regressão ($R^2 = 0,99$ e $0,97$, respectivamente). Esse efeito linear da adubação nitrogenada indica que doses maiores de N levariam a acréscimos na extração de Mg e S.

A extração de nutrientes no presente estudo seguiu a seguinte ordem: $K > N > Ca > Mg > P > S$, semelhante aos obtidos por Hiroce (1979), tanto para ordem decrescente de extração como para quantidades de nutrientes extraídas aos 65 dias após o plantio.

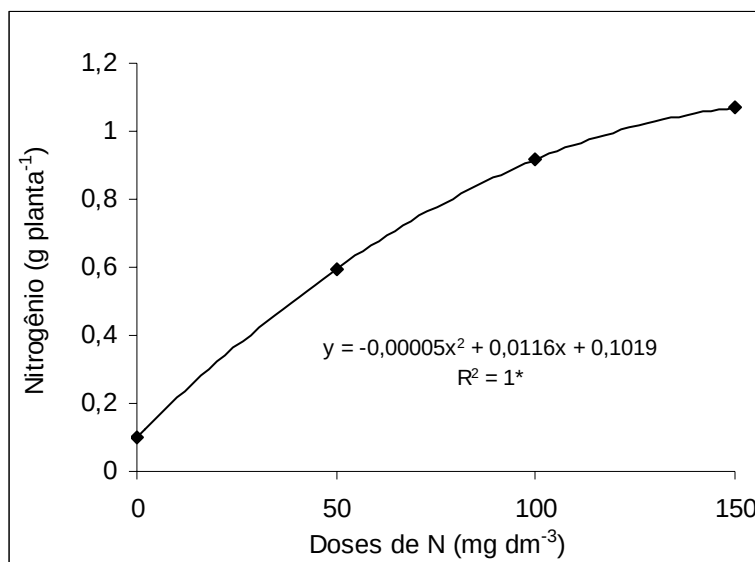


Figura 9. Extração de N em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

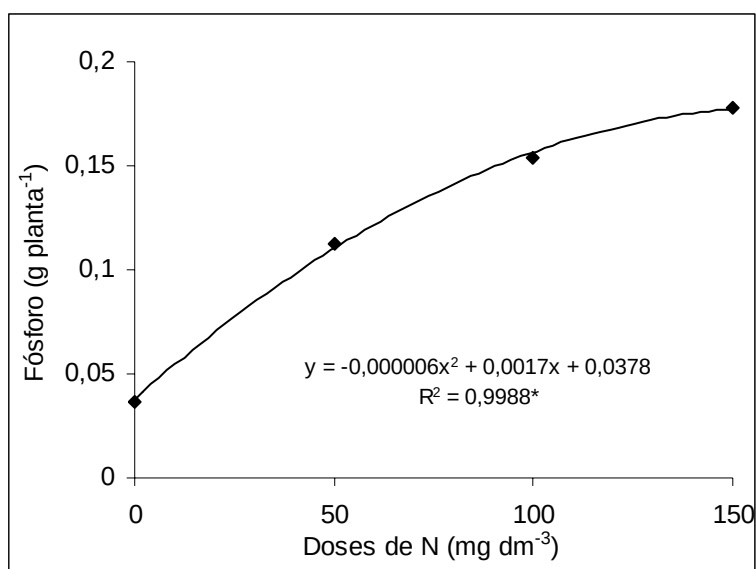


Figura 10. Extração de P em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

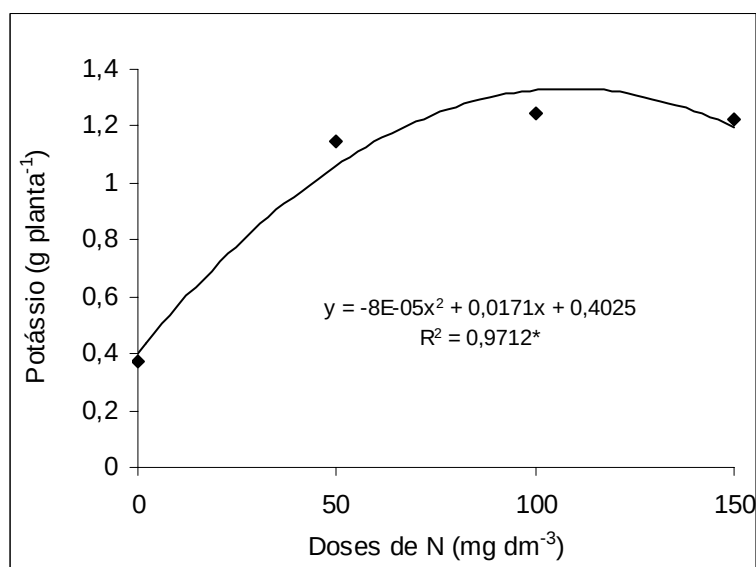


Figura 11. Extração de K em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

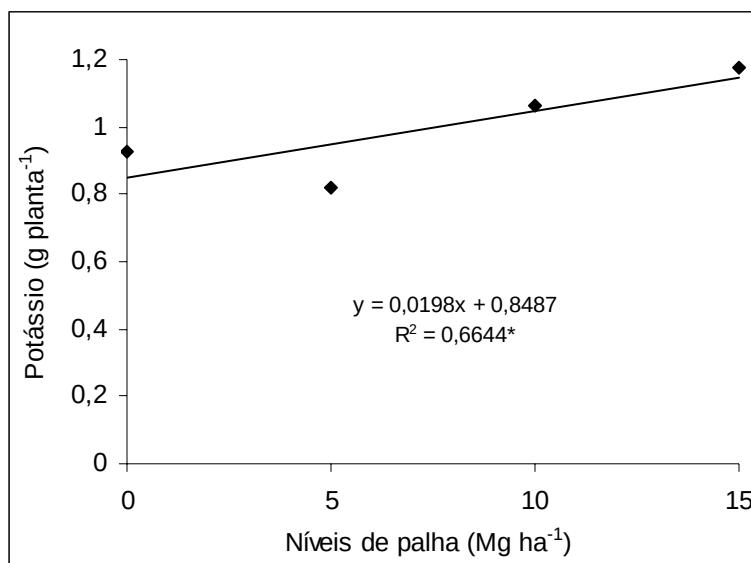


Figura 12. Extração de K em função de níveis de palha, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

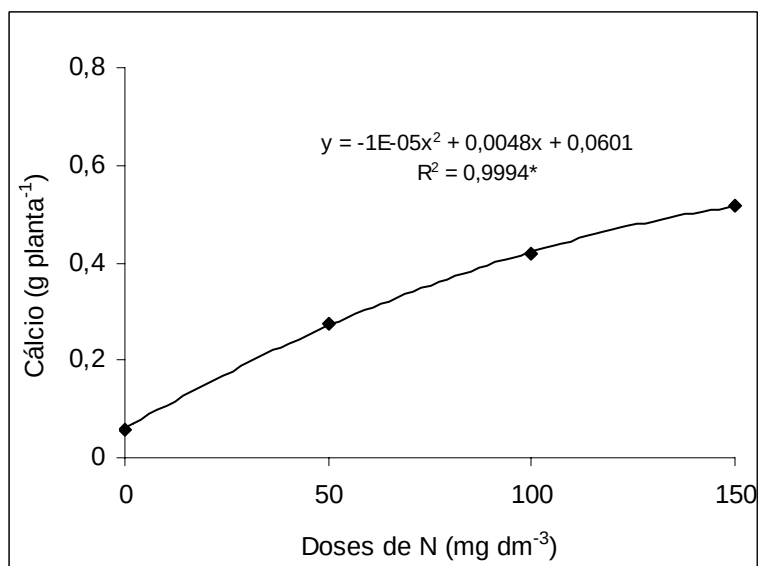


Figura 13. Extração de Ca em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

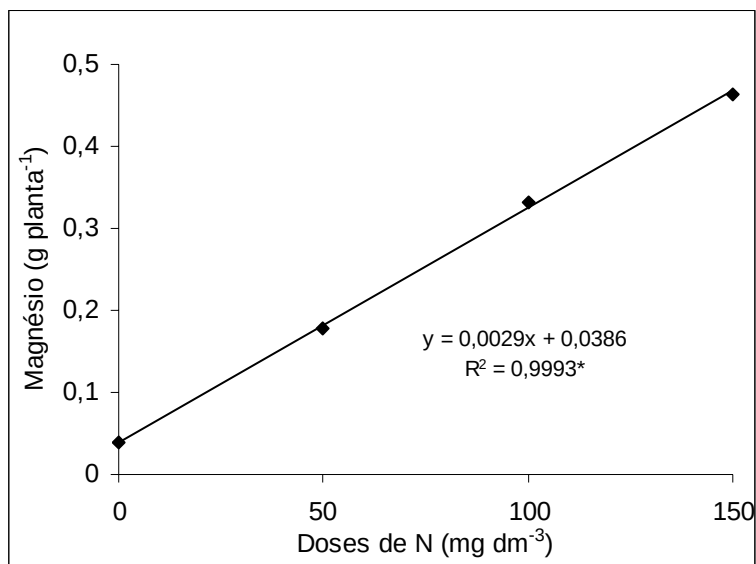


Figura 14. Extração de Mg em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

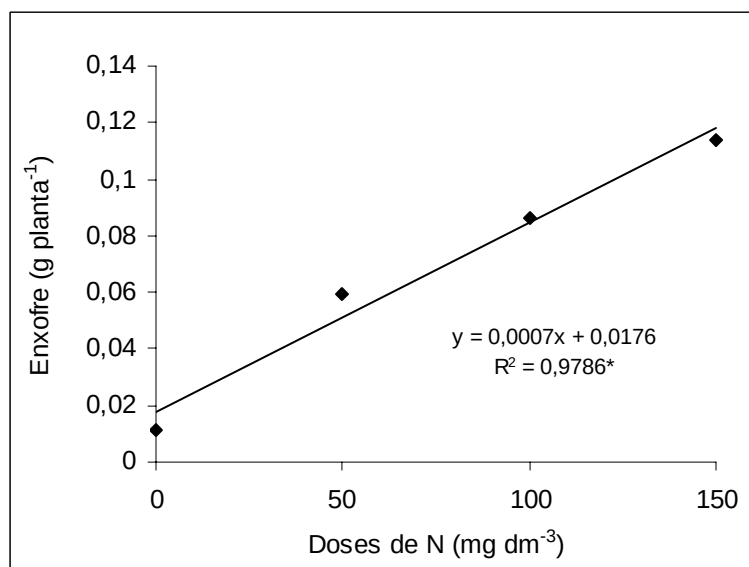


Figura 15. Extração de S em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Recomenda-se, reavaliar os estudos de níveis de palha em sistema semeadura direta por um período maior de tempo, para que se possa obter respostas quanto aos níveis crescentes de resíduos vegetais de ampla relação carbono/nitrogênio dispostos sobre a superfície do solo, pois estes são de fundamental importância na estabilização do sistema plantio direto.

6.6 Índice relativo de clorofila (IRC)

As leituras do índice relativo de clorofila nos estádios de quatro/cinco e de sete/oito folhas para doses de N e níveis de palha, um dia antes e uma semana após a adubação nitrogenada, encontram-se na Tabela 8 e nas Figuras 16, 17, 18 e 19, apresentando diferenças significativas apenas em função das doses de nitrogênio, nos estádios em que foram avaliados.

Nos dois estádios avaliados (antes e após a adubação nitrogenada), os valores das leituras obtidas pelo clorofilômetro estiveram abaixo dos considerados adequados, para as doses 0 e de 50 mg dm⁻³ de N e, para a dose de 100 mg dm⁻³ de N, no estádio de sete/oito folhas. Foram considerados adequados os valores encontrados apenas nos estádios de quatro/cinco folhas para a dose de 100 mg dm⁻³ de N e nos estádios de quatro/cinco e de sete/oito folhas na dose de 150 mg dm⁻³ de N. Para Argenta et al (2003), avaliando diferentes doses de N na cultura do milho para diagnóstico do nível de N na planta de milho, valores nas leituras acima de 45,4 e 52,1 para os estádios de três/quatro e de seis/sete folhas, indicam um nível adequado de nitrogênio para a cultura do milho.

Valores diferentes aos obtidos neste estudo foram observados por Godoy (2002), ao avaliar o efeito de doses e manejo do nitrogênio em cobertura no milho, em São Manuel – SP, onde o mesmo encontrou valores superiores (45,0 e 38,4) para os estádios de três/quatro e de sete/oito folhas com a aplicação de N apenas na semeadura e na dosagem de 26 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 8. Índice relativo de clorofila (IRC) determinado um dia antes (E_1) e uma semana após (E_2) a adubação nitrogenada, em função de variações nas doses de N e níveis de palha em cobertura. Botucatu-SP, 2003.

Doses	Estádio de 4-5 folhas		Estádio de 7-8 folhas	
	E_1	E_2	E_1	E_2
	-----SPAD ⁽²⁾ -----			
Doses de N (N)				
N ₀	32,88	26,23	24,23	23,94
N ₁	42,33	41,26	38,95	35,45
N ₂	46,60	48,84	48,83	49,71
N ₃	45,16	49,89	52,92	53,04
Ajustes ⁽¹⁾	L ^{n.s.} , Q*	L ^{n.s.} , Q*	L ^{n.s.} , Q*	L ^{n.s.} , Q*
Coefficiente de determinação	0,9999	0,9999	0,9999	0,9827
Níveis de palha (P)				
P ₀	41,75	41,96	44,13	40,92
P ₁	42,32	41,88	40,73	38,94
P ₂	42,31	41,19	40,10	41,48
P ₃	40,60	41,17	39,97	40,82
Ajustes	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}
Coefficiente de determinação	0,9682	0,8487	0,9777	0,1827
Interação N X P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CV (%)	6	6	9	7

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: Não significativo; *: $P < 0,05$.

N₀ = 0; N₁ = 50; N₂ = 100 e N₃ = 150 mg dm⁻³ de N; P₀ = 0; P₁ = 5; P₂ = 10 e P₃ = 15 Mg ha⁻¹ de palha.

E_1 = antes da adubação e E_2 = uma semana após a adubação.

⁽²⁾ SPAD (Soil and Plant Analysis Development) = unidade adotada pela MINOLTA (1989).

O índice relativo de clorofila correlacionou-se positivamente com as doses de N aplicadas ao solo ($R^2 = 0,99$ e $0,99$; $0,99$ e $0,98$ para os estádios de três/quatro e de sete/oito folhas, antes e após a adubação nitrogenada, respectivamente). Os valores médios do índice relativo de clorofila observados em função das doses de N constam nas Figuras 16, 17, 18 e 19 e Tabela 8. As leituras variaram entre 32,8 a 45,1 e de 26,2 a 49,8 no estádio de quatro/cinco folhas e 24,2 a 52,9 e de 23,9 a 53,0 para o estádio de sete/oito folhas antes e após a adubação nitrogenada. Resultados semelhantes para as maiores doses de N adicionadas foram encontrados por Godoy (2002), o qual encontrou valores para o índice relativo de clorofila variando entre 45,0 e 46,7 e de 38,4 a 53,9 para os estádios V₅ e V₇, respectivamente.

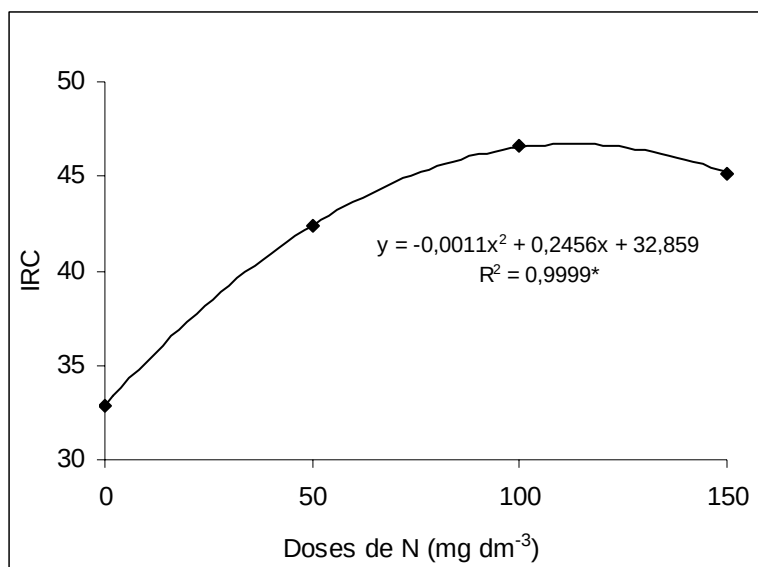


Figura 16. Índice relativo de clorofila (IRC) em função de doses de N, antes da adubação nitrogenada no estágio de 4-5 folhas. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

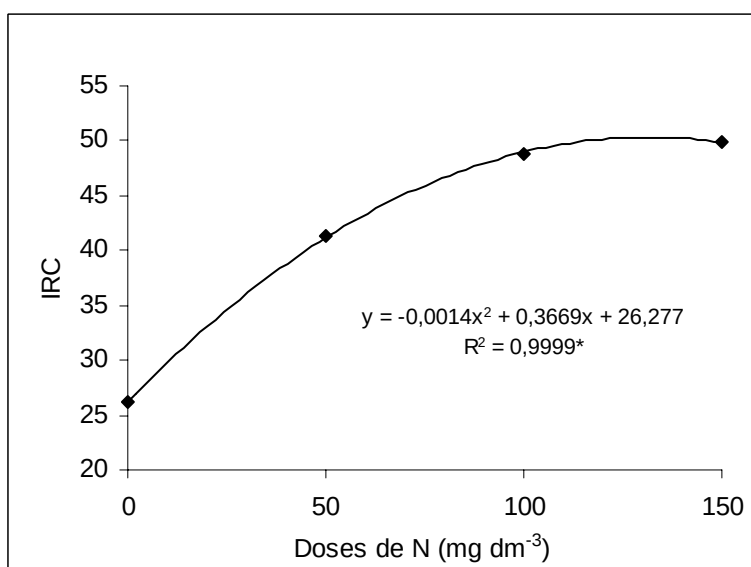


Figura 17. Índice relativo de clorofila (IRC) em função de doses de N, uma semana após a adubação nitrogenada no estágio de 4-5 folhas. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

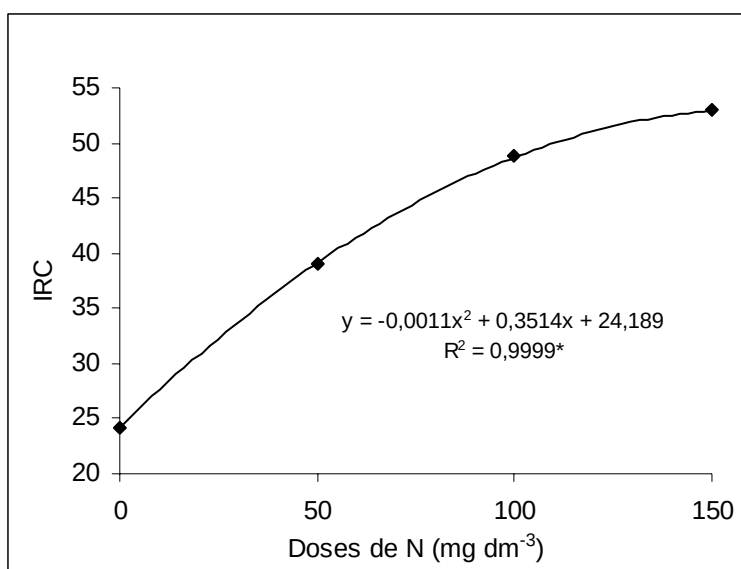


Figura 18. Índice relativo de clorofila (IRC) em função de doses de N, antes da adubação nitrogenada no estágio de 7-8 folhas. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

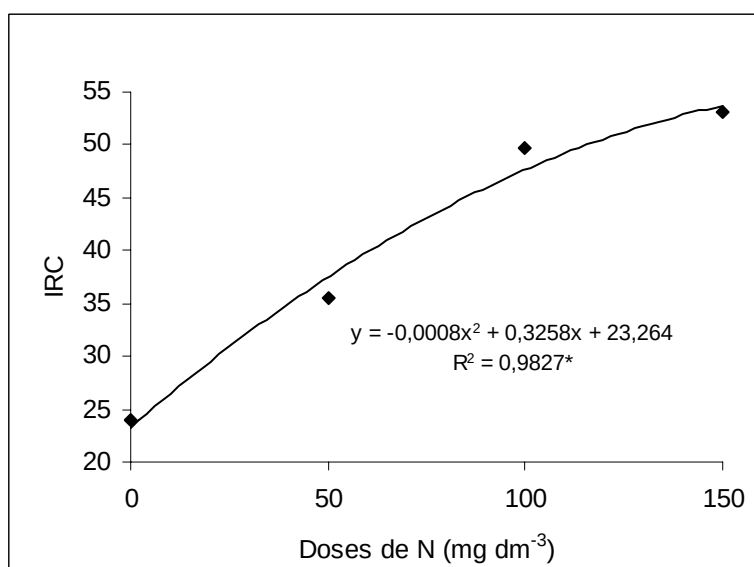


Figura 19. Índice relativo de clorofila (IRC) em função de doses de N, uma semana após a adubação nitrogenada no estágio de 7-8 folhas. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Piekielik e Fox (1992), em trabalho conduzido na Pensilvânia – EUA, encontraram valores médios do índice relativo de clorofila de 45,1 como crítico no estágio de quatro/cinco folhas.

Para Argenta et al. (2001), a avaliação do nível de N na planta nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho (seis/sete folhas) através do clorofilômetro não é muito preciso.

Não se observou diferença significativa para o índice relativo de clorofila (IRC) quanto aos níveis de palha avaliados (Tabela 8), onde os valores médios foram de 41,7 e 40,5 e de 41,5 e 41,2 para os estádios de quatro/cinco e de sete/oito folhas, avaliados antes e uma semana após a adubação nitrogenada. Nunes et al (2003), ao avaliarem o efeito da palhada de sorgo na cultura do milho em condições semelhantes, não observaram influência sobre as leituras do índice relativo de clorofila no milho.

Para o presente estudo, é necessário salientar, que o índice relativo de clorofila estão abaixo daqueles obtidos por Godoy (2002), com exceção para a dose de 100 mg dm^{-3} de N, que se aproximou dos valores obtidos pelo referido autor em estudo conduzido em condições de campo, em função de doses e manejo da adubação nitrogenada no milho.

6.7 Produção de fitomassa seca

A produção de fitomassa seca da parte aérea do milho não evidenciou efeitos significativos para níveis de palha e para a interação doses de N *versus* níveis de palha (Tabela 9). Observa-se um efeito significativo e quadrático das diferentes doses de N em relação à produção de fitomassa seca da cultura do milho (Figura 20).

A menor produção de fitomassa seca da parte aérea foi apresentada na ausência da adubação nitrogenada.

A ausência de N determinou valores médios para produção de fitomassa seca inferior ao das demais doses aplicadas, o que vem a indicar a importância da adubação nitrogenada em relação a uma maior produção de fitomassa seca pela cultura do milho. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Rezende et al (1994), em condições semelhantes, que apresentou comportamento quadrático para produção de fitomassa seca em relação às doses de nitrogênio aplicadas.

Segundo Malavolta e Dantas (1987), a resposta à produção de fitomassa seca da cultura do milho é limitada pelo fato de não poder aumentar o número de perfilhos, sendo, portanto, mais provável a cultura responder com maiores produções de grãos do que com produção de fitomassa seca em resposta a adubação nitrogenada.

Não se observou diferença significativa para os níveis de palha (Tabela 9), onde o valor médio de produção de fitomassa seca de planta encontrada foi de 79,77 g planta⁻¹, para os níveis de palha estudados. Nunes et al (2003), ao avaliarem o efeito da palhada de sorgo na cultura do milho em condições semelhantes, não observaram efeitos negativos sobre a produção de fitomassa seca do milho.

O conhecimento dos padrões normais de acúmulo de fitomassa seca da cultura do milho possibilita melhor entendimento dos fatores relacionados com a nutrição mineral da cultura e conseqüentemente com a adubação (BÜLL, 1993).

Tabela 9. Fitomassa seca do milho e taxa de decomposição da palhada aos 60 e 70 dae, respectivamente, em função de variações nas doses de nitrogênio e nos níveis de palha em cobertura. Botucatu-SP, 2003.

Doses	Fitomassa seca -----g planta ⁻¹ -----	Taxa de decomposição ------(%)-----
Doses de N (N)		
N ₀	12,62	38,74
N ₁	68,38	45,82
N ₂	110,58	46,27
N ₃	127,50	46,55
Ajustes ⁽¹⁾	L*, Q*	L ^{n.s.} , Q*
Coefficiente de determinação	0,9991	0,9502
Níveis de palha (P)		
P ₀	77,42	43,67
P ₁	75,86	44,43
P ₂	84,22	45,81
P ₃	81,58	43,47
Ajustes	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}	L ^{n.s.} , Q ^{n.s.}
Coefficiente de determinação	0,5012	0,7211
Interação N X P	n.s.	n.s.
CV (%)	21	7,61

⁽¹⁾L: ajuste linear; Q: ajuste quadrático; n.s.: Não significativo; *: P<0,05.

N₀ = 0; N₁ = 50; N₂ = 100 e N₃ = 150 mg dm⁻³ de N; P₀ = 0; P₁ = 5; P₂ = 10 e P₃ = 15 Mg ha⁻¹ de palha.

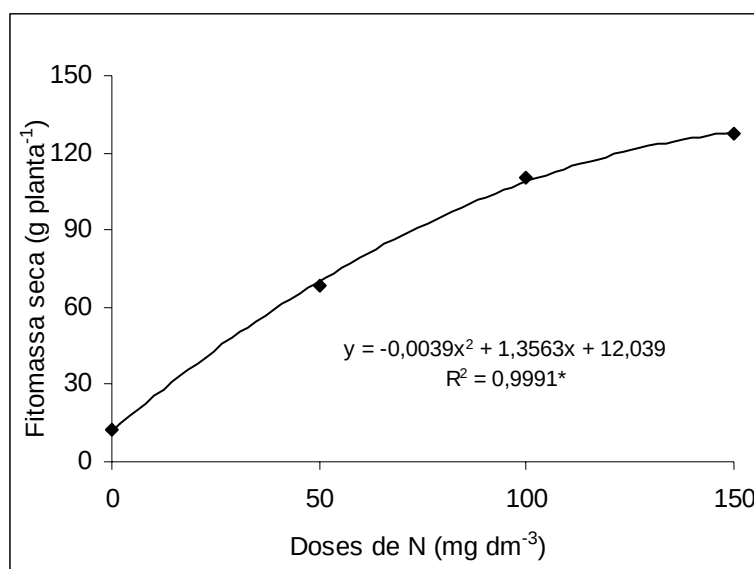


Figura 20. Fitomassa seca em função de doses de N, 60 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Aplicando doses de 90 e 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio na cultura do milho em sucessão a aveia preta, Wolschick et al (2003) observaram diferença na produção de fitomassa seca de folhas e colmos e, que os valores foram significativamente menores no tratamento testemunha (sem adição de N) em relação aos demais tratamentos.

Tian et al (1993), estudando o efeito de espécies de cobertura do solo e doses de N na cultura do milho, em Ibadan-Nigéria, observaram que os tratamentos com palhada de milho ou trigo disposto na superfície e suplementado com 45 kg ha⁻¹ de N, produziu quantidade semelhante de fitomassa seca em relação ao controle com aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N.

6.8 Taxa de decomposição

Na Figura 21 são apresentadas as taxas de decomposição para a palhada de braquiária em função das doses de N e níveis de palha (Tabela 9), aos 70 dae. Não observou-se efeito significativo dos níveis de palha e da interação nitrogênio x palha na taxa

de decomposição da fitomassa de braquiária (Tabela 9) Pode-se observar que houve um aumento na taxa de decomposição até a dose de 108 mg dm^{-3} de N adicionado ao solo, contudo, a partir deste valor a taxa de decomposição começou a declinar, sendo que para as condições do presente estudo, esta dose foi considerada suficiente para que a palhada apresentasse o máximo de decomposição.

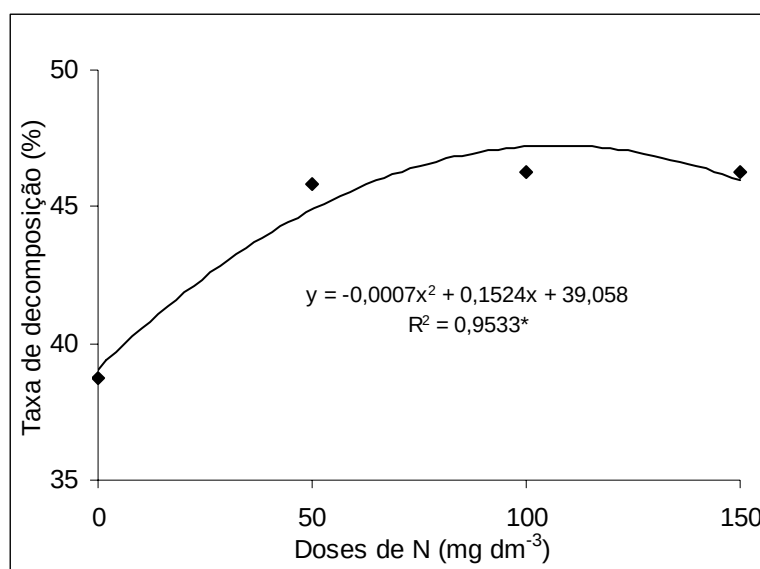


Figura 21. Taxa de decomposição em função de doses de N, 70 dae. Botucatu-SP, 2003. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A taxa de decomposição variou de 38,7 a 46,2 e de 43,67 a 43,47% para a menor e maior dose de N (0 e 150 mg dm^{-3} de N) e níveis de palha (0 e 15 Mg ha^{-1} de palha) adicionados, respectivamente. Resultados semelhantes quanto à taxa de decomposição foram obtidos por Roman (1990), no sul do Brasil, onde a palha de aveia preta e triticales deixados na superfície do solo após 60 e 120 dias da avaliação, apresentou taxa de decomposição de 49 e 58 e de 39 e 50%, respectivamente.

A facilidade na decomposição dos restos de palha está diretamente relacionada à moléculas orgânicas, ricas em nitrogênio presentes na palhada, necessária para a biossíntese microbiana.

Fries e Aita (2002), estudando espécies de inverno de diferentes composições, em Cruz Alta-RS, sendo elas, a aveia preta, o trigo e a ervilhaca, obtiveram redução de matéria seca a campo, aos 45 dias de decomposição, na ordem de 31%, 36% e 58%, respectivamente.

Observa-se para o presente estudo, que a relação entre taxa de decomposição, doses de N e níveis de palha apresentou comportamento quadrático (Figura 21 e Tabela 9), sendo que as doses de N explicam 95% a variação nas taxas de decomposição. A relação de dependência para a taxa de decomposição em função da quantidade de N aplicado pode ser verificado no alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,95$). Tais resultados confirmam aqueles obtidos por Mengel (1996), que também evidenciou aumento na taxa de decomposição de resíduos com a aplicação de nitrogênio mineral.

Taxas de decomposição de resíduos culturais de milho de aproximadamente 40% nos primeiros 45 dias foram obtidos por Bertol et al. (1998), em Lages – SC, com os resíduos culturais expostos sobre a superfície do solo. Os mesmos também verificaram que as taxas de decomposição dos resíduos culturais de aveia e de milho diminuem exponencialmente com o aumento do período de exposição dos resíduos sobre a superfície do solo, no sistema de semeadura direta.

Em condições de campo, Pace (2001) trabalhando com doses de N e espécies de cobertura de solo antecedendo ao milho, em Botucatu-SP, verificou que a taxa de decomposição dos resíduos culturais de milho aos 60 dias da semeadura do milho foi de aproximadamente 45% da quantidade inicial de palha adicionada.

Marques et al (2000), verificaram em Sete Lagoas – MG, que a atividade microbiana, a disponibilidade de N e o tempo de imobilização após aplicação do resíduo cultural foi alterado pela relação C/N do resíduo e do tipo de manejo do solo adotado.

Ceretta et al. (2002), verificaram que grandes quantidades de resíduos vegetais de alta relação C/N sobre a superfície do solo proporcionam maior redução na disponibilidade de N. Sendo necessário, nestes casos, a utilização de maiores quantidades de nitrogênio para suprir as necessidades em N do solo e a demanda da cultura. Observaram também, que a taxa de decomposição de resíduos como o de aveia preta aos 30 e 120 dias após a dessecação apresentou uma taxa de 34% e 66%, respectivamente.

Estudando doses de nitrogênio no solo aplicadas em cultivo anterior, Smith e Douglas (1968), não observaram influência do N na taxa de decomposição de resíduos de trigo, entretanto, o teor de N no resíduo e no solo aumentaram à medida que se elevou o nível do elemento residual no solo e o tempo de avaliação, respectivamente.

6.9 Considerações Finais

Todos os parâmetros aqui estudados, inerentes à planta, foram influenciadas pelas doses de nitrogênio adicionadas, exceto o teor de S. Altura de plantas, diâmetro de colmo, número de entrenós, diagnose foliar, extração de nutrientes, produção de fitomassa seca, índice relativo de clorofila e taxa de decomposição, foram maiores à medida que aumentaram as doses de nitrogênio. Os nutrientes P e K apresentaram diminuição em seus teores foliares à medida que se aumentou as doses de nitrogênio, e o S, manteve-se inalterado; não observou-se surgimento de sintomas visuais característicos de deficiência nas folhas para estes nutrientes.

Em se tratando dos níveis de palha, observou-se que os níveis crescentes de fitomassa seca de *B. decumbens* não influenciou os parâmetros avaliados na cultura durante a condução do ensaio. Com base nos resultados aqui obtidos, recomenda-se outros estudos com níveis de palha, mas com maior duração de tempo.

7 CONCLUSÕES

O aumento nas doses de nitrogênio na cultura do milho influenciou os parâmetros avaliados.

Os níveis crescentes de fitomassa seca de *Brachiaria decumbens* aplicados superficialmente, bem como sua interação com o as doses de nitrogênio, não influenciaram os parâmetros avaliados na planta e a taxa de decomposição da palha.

.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. P. A. **Manejo de pastagens**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 139p.

AGUIAR, A. P. A. A situação atual das pastagens no Brasil Central. In: CURSO DE MANEJO DE PASTAGEM. Uberaba, 28 a 30 nov., 1996. **Anais...** Uberaba: PIAR, 1996.

AITA, C. et al. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

AMADO, T. J. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa do manejo do resíduo cultural de soja na redução de perdas de solo por erosão eólica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 13, n. 2, p. 251-257, 1989.

ARGENTA, G. et al. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, PR, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.

ARGENTA, G. et al. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 109-119, 2003.

BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, E. F.; RALISCH, R. Desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.) submetido a três sistemas de manejo em um Latossolo Roxo Eutrófico. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1994, Goiânia. **Resumos...** Goiânia : ABMS, 1994. p.221.

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, MG, v. 24, n. 4, p. 905-915, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 21, n. 1, p. 105-112, 1997.

BERTOL, I. et al. Persistência dos resíduos de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4., p. 705-712, 1998.

BIEDERBECK, V. O. et al. Effect of burying cereal straw on soil properties and grain yield in Saskatchewan. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 44, p.103-111, 1980.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. S. da; ARGENTA, G. Efeito de resíduos de plantas jovens de aveia preta em cobertura do solo no crescimento inicial do milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, RS, v. 6, n. 1, p. 83-88, 2000.

BORTOLINI, C. G. et al. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 361-366, 2002.

BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; MOZZER, O. L. Avaliação agronômica de gramíneas forrageiras sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 9/10, p. 1019-25, 1987.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 14, n. 3, p. 369-374, 1990.

BRODER, M. W.; WAGNER, G. H. Microbial colonization and decomposition of corn, wheat, and soybean residue. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 52, p. 112-117, 1988.

BUCHANAN, M.; KING, L. D. Carbon and phosphorus losses from decomposing crop residues in no-till and conventional till agroecosystems. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n. 3, p.631-638, 1993.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (ed). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato – POTAFOS, 1993. p. 67-145.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. **Levantamento de solos da Fazenda Experimental Lageado** – Estação Experimental “Presidente Médici”. Bol. Fac. Cienc. Agron., UNESP, Botucatu, n.1, p.1-94, 1983.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 14, n. 2, p. 133-142, 1990.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTTO, N.; SILVEIRA, M. J. da. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 32, n. 1, p. 125-136, 2002.

CERETTA, C. A.; FRIES, M. R.. **Adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. In: NUEENBERG, N. J., (ed). Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto. Lages, SC: Sociedade Brasileira de Ciência do solo – Núcleo Regional Sul, p. 111-121, 1998.

CHALK, P. M. The contribution of associative and symbiotic nitrogen fixation to the nitrogen nutrition of non-legumes. **Plant and Soil**, The Hague, v. 132, n. 1, p. 29-39, 1991.

COSTA, A. M. **Adubação nitrogenada na cultura do milho (Zea mays L.) em sistema de plantio direto**. 2000. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

EBELHAR, S. A.; FRYE, W. W.; BLEVINS, R. L. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 1, p. 51-55, 1984.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; RIZZARDI, M. A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 21, n. 1, p. 71-77, 1997.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. **Balanço de carbono e biomassa microbiana em solos da amazônia**. MELO, I. S. de; AZEVEDO, J. L. de, ed. Ecologia microbiana. Jaguariúna: Embrapa-CNPq, 1998. 488p. p.423-441.

FERNANDES, L. A. et al. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em latossolo sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 22, n. 2, p. 247-254, 1998.

FLECK, N. G.; NEVES, R.; SILVEIRA, C. A. Avaliação do crescimento inicial de milho semeado em restingas de aveia preta e ervilhaca manejadas com e sem herbicida. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, RS, v. 3, n. 1, p. 35-40, 1997a.

FLECK, N. G.; NEVES, R.; VIDAL, R. A.; VARGAS, L. Efeitos de partes plantas de aveia preta e de sistemas de adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento e produtividade do milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, RS, v. 3, n. 2, p. 163-169, 1997b.

FRANCO, H. C. I. et al. Influência do tipo de folha amostrada na diagnose da nutrição nitrogenada da cultura do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina. **Anais...** Londrina, PR: SBCS/UEL/UEM/DCS-UEL, 2001. p.105.

FRIES, M. R. e AITA, C. Aspectos básicos sobre a importância dos microrganismos em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, RS, p. 13-21, 2002.

GALLO, R.; HIROCE, R. A análise foliar na nutrição do milho. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 27, n. 15, p. 177-186, 1978.

GAUSSEN, D.; GAUSSEN, F. **Palha, material orgânico e biologia de solo**. In: Plantio Direto: o caminho do futuro. (Ed.) Aldeia Sul, Passo Fundo, 1996. 207p. p. 43-59.

GEYPENS, M.; VANDERDRIECHE, H. Advisory systems for nitrogen fertilizer recommendation. **Plant and Soil**, The Hague, v. 181, n. 1, p. 31-38, 1996.

GODOY, L. J. G. de. **Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo arenoso baseado no índice relativo de clorofila**. 2002. 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

GROVE, T. L.; RITCHEY, D.; NADERMAN JUNIOR, G. C. Nitrogen fertilization of maize on a oxisol of the cerrado of Brazil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 2, p. 261-265, 1980.

HATFIELD, J. L.; EGLI, D. B. Effect of temperature on the rate of soybean hypocotyl elongation and field emergence. **Crops Science**, Madison, v. 14, n. 13, p. 423-426, 1974.

HECKLER, J. C.; SILVA, P. R. da. Sistemas de sucessão e rotação de culturas de estação estival de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 9, p. 1069-1076, 1985.

HIROCE, R. Extração de nutrientes pelo milho aos 65 dias após o plantio e pelas sementes na colheita. **Bragantia**, Campinas, SP, Nota n. 1, p. 1-5, 1979.

ISMAIL, I.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. Long-term no tillage effects on soil properties and continuous corn yields. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 1, p. 193-98, 1994.

LANGE, A. **Palhada e nitrogênio na cultura do milho em sistema plantio direto**. 2002. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

LARA-CABEZAS, W. A. R. et al. 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, MG, v. 24, n. 2, p.363-376, 2000.

LAVORENTI, A. et al. Amostragem de folhas de milho para fins de diagnose de nutrição nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 41, Nota n. 6, p. 219-224, 1982.

LOPES, A. S. **Recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto**. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. Viçosa: EMBRAPA/UFV/SBCS, 1999. p.93-98.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980, 251p.

MALAVOLTA, E.; DANTAS, J. P. **Nutrição e adubação do milho**. PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P., eds. Melhoramento e produção do milho. Campinas, Fundação Cargill, 1987, v.2, p.541-593.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MARQUES, T. C. L. L. S. E. M. et al. Evolvimento de dióxido de carbono e mineralização de nitrogênio em latossolo vermelho-escuro com diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 3, p. 581-589, 2000.

MARSCHNER, H. **Functions of mineral nutrients: macronutrients**. In: Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. San Diego: Academic, 1995. p. 229-312.

MEIRELLES, N. M. F. **Degradação de pastagens – critério de avaliação**. In: PAULINO, V. T.; FERREIRA, L. G. Recuperação de pastagens. 2 ed. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1999. p. 15-22.

MELGAR, R J. et al. Doses e época de aplicação de fertilizante nitrogenado para milho em Latossolo da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 15, n. 3, p. 289-296, 1991.

MENGEL, D. Manejo de nutrientes na cultura do milho de alta produtividade. Piracicaba, POTAFOS, 1996. p.4-6. (**Informações Agronômicas**, 73).

MORAES, R. N. de S. et al. Produtividade e estado nutricional do milho em solos submetidos a pousio com Pueraria phaseoloides e diferentes formas de preparo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Lavras-Fertbio 98. **Anais...** Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA. P.586.

MINOLTA CAMERA Co. Ltd. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Minolta Radiometric Instruments Div., Osaka, Japão, 1989. 22p.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983a.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L.; GERACE, A. C.; TORNERO, M. T. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 1, p. 23-27, 1983b.

NUNES, J. C. S.; ARAÚJO, E. F.; SOUZA, C. M.; BERTINI, L. A.; FERREIRA, F. A. Efeito da palhada de sorgo localizada na superfície do solo em características de plantas de soja e milho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 50, n. 287, p. 115-126, 2003.

OLIVEIRA, M. N. de; TRIVELIN, P. C. O.; PENATTI, C. P.; M. de C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 12, p. 2359-2362, 1999.

OLIVEIRA, M. N. de et al. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 2359-2362, 2001.

PACE, L. **Adubação nitrogenada na cultura do em sucessão a espécies de cobertura do solo**. 2001. 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress requirements for maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, p. 59-65, 1992.

PISSAIA, A.; POSSAMAI, J. C.; DA ROS, E. Efeito de doses de nitrogênio, aplicado em cobertura sobre o rendimento de grãos em uma variedade de milho - pipoca (*Zea mays*, L.). **Agrárias**, Curitiba, PR, v. 15, n. 2, p. 223-227, 1996.

PORTAS, A. A. **Integração agricultura-pecuária**. Campinas: CATI, 2001. 4p. (Cati Responde, 44).

POTKER, D.; ROMAN, E. S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho ao nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 5, p.763-770, 1994.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, IAC, 2001. 275p.

RAIJ, B. Van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas, Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RESENDE, M.; WILHELM, W. W.; WATTS, D. G. Alteração na porcentagem de clorofila na folha após a aplicação de N em cobertura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20, Goiânia, GO, 1994. **Anais...** “Centro Oeste” cinturão do milho e sorgo no Brasil”, Goiânia, ABMS, EMGOPA, CNPMS/EMBRAPA, UFG, EMATER-GO, 1994. p.195.

REZENDE, G. M. de et al. Resposta do milho (*Zea mays* L.) à doses de nitrogênio e potássio em solo da região de Lavras-MG. **Ciência e Prática**, Lavras, MG, v. 18, n. 4, p. 403-407, 1994.

RICE, C. W.; SMITH, M. S. Short-term immobilization fertilizer nitrogen at the surface of no-till and plowed soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 48, p. 295-297, 1984.

RIZZARDI, M. A. Manejo do nitrogênio em sistemas de rotação de culturas. REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 5, 1995, Chapecó, SC. **Resumos...** Florianópolis: Epagri, 1998. 160p.

ROMAN, E.R. Effect of cover on the development of weeds. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo, RS. Conservation tillage for subtropical area. Passo Fund: CIDA-EMBRAPA-CNPT, 1990. 44p.

ROS, C. O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 135-140, 1996.

SÁ, J. C. M. de. Nitrogênio: influência da rotação de culturas e resposta da cultura de milho em solos sob plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO. Fundação ABC. Castro – PR, **Anais...** Castro – PR, p. 212-227, 1998.

SALTON, J C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 19, n. 2, p. 313-319, 1995.

SANTOS, H P. dos; TOMM, G. O. Estudo da fertilidade do solo sob quatro sistemas de rotação de culturas envolvendo trigo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 20, n. 3, p. 407-414, 1996.

SANTOS, H P. dos; TOMM, G. O. Fertilidade do solo em rotação de culturas com triticle. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 20, n. 3, p. 415-421, 1996.

SANTOS, H P. dos; TOMM, G. O. Rotação de culturas para trigo, após quatro anos: efeitos na fertilidade do solo em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 29, n. 2, p. 20-29, 1999.

SCHERER, E. E. Avaliação de fontes e épocas de aplicação de adubo nitrogenado na cultura do milho no sistema plantio direto. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, SC, v. 14, n. 1, p. 48-53, 2001.

SCHOMBERG, H. H. e STEINER, J. L. Nutrient dynamics of crop residues decomposing a fallow no-till soil surface. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 63, n. 3, p. 607-613, 1999.

SCHOMBERG, H. H.; STEINER, J. L.; UNGER, P. W. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues: residue quality and water effects. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 58, p. 372-381, 1994.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.

SILVA, S. C. da. **Manejo de forrageiras do gênero Brachiaria, Cynodon e Setaria**. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de (Edit.). *Volumosos para bovinos*. Piracicaba: FEALQ, 1993. 177p. p. 29-58.

SMITH, J. A.; DOUGLAS, C. L. Influence of residual nitrogen on wheat straw decomposition in the field. **Soil Science**, Baltimore, v. 106, p. 456-459, 1968.

STUTE, J. K.; POSNER, J. L. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper Midwest. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, p. 51-55, 1984.

TESTA, V M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um podzólico vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 16, p. 107-114, 1992.

TIAN, G.; KANG, B. T.; BRUSSARD, B. L. Mulching effect of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrients accumulation. **Plant and Soil**, The Hague, v. 153, n. 2, p. 179-187, 1993.

VARVEL, G. E.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 61, p. 1233-1240, 1997.

VIDAL, R. A. et al. Palha no sistema de semeadura direta reduz infestação de gramíneas anuais e aumenta produtividade da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 28, n. 3, 1998.

VILELLA, F. C. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produtividade de milho (*Zea mays* L.) cultivado em solo de várzea**. 1999. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litterbags. **Ecology**, v. 63, p. 1636-42, 1982.

WOLSCHICK, D. et al. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com “El Niño”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 461-468, 2003.

WOOD, A. W. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in North Queensland. **Soil and Tillage Research**, Netherlands, v. 20, n. 1, p. 69-85, 1991.

ZIMMER, A. D.; CORREA, E. S. **A pecuária nacional, uma pecuária de pasto?** In: PAULINO, V. T.; FERREIRA, L. G. Recuperação de pastagens. 2 ed. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1999. p. 3-13.