

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

**DOSES DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO E DO SORGO
EM CONSÓRCIO COM FORRAGEIRAS**

GUSTAVO PAVAN MATEUS

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP

Setembro – 2007

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

**DOSES DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO E DO SORGO
EM CONSÓRCIO COM FORRAGEIRAS**

GUSTAVO PAVAN MATEUS
ENGENHEIRO AGRÔNOMO
Mestre em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP
Setembro – 2007

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

Mateus, Gustavo Pavan, 1976-
M425d Doses de nitrogênio na cultura do milho e do sorgo em
consórcio com forrageiras / Gustavo Pavan Mateus. - Botu-
catu : [s.n.], 2007.
xi, 149 f. : il. color., gráfs., tabs

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências
Agronômicas, Botucatu, 2007
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Inclui bibliografia

1. Milho. 2. Sorgo. 3. Adubação. 4. Plantio direto. 5. Consórcios. I.
Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III.
Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DOSES DE NITROGÊNIO NAS CULTURAS DE MILHO E SORGO
EM CONSÓRCIO COM FORRAGEIRAS"

ALUNO: GUSTAVO PAVAN MATEUS

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

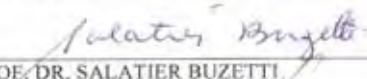
Aprovado pela Comissão Examinadora



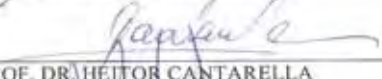
PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL



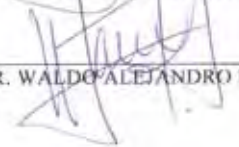
PROF. DR. CIRO ANTONIO ROSELEM



PROF. DR. SALATIER BUZETTI



PROF. DR. HEITOR CANTARELLA



DR. WALDO ALEJANDRO RUBEN CABEZAS

Data da Realização: 24 de setembro de 2007.

À minha esposa

Carolina Fregonesi Barbosa Mateus

pelo amor, alegria e companheirismo, sempre

E também ao fruto do nosso amor que esta por vir

OFEREÇO

Ao meu irmão

Christiano Pavan Mateus,

Por sua luta diária na busca do melhor para todos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo Dom da vida;

À Universidade Estadual Paulista, pela oportunidade proporcionada à concretização deste curso;

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, orientador deste trabalho, pelo grande apoio e dedicação, e pelo exemplo de trabalho e grande amizade;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo;

Aos meus Pais e toda minha família, pelo apoio e incentivo para a realização deste curso;

À família de minha esposa, pela torcida ao meu sucesso profissional;

Ao amigo e companheiro de experimentos Émerson Borghi, pela amizade conquistada nestes anos de trabalho;

Aos estagiários Konrad Vankevicius Vilcek de Souza Mello, César Checcolli Choueiri, Plínio Carlos Mainardi, Aline Marques Chignolli, Gustavo Spadotti A. Castro, Renata Capobianco, pelo auxílio na realização deste trabalho e pela grande amizade conquistada, sendo hoje todos engenheiros agrônomos.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Agricultura, pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos;

Aos funcionários do Departamento de Agricultura: Célio Marques (Técnico de Campo), Valeria Cristina R. Giondoni (Laboratório de Sementes), Dorival de Arruda Pires (Laboratório Relação Solo-Planta), Vera Lúcia Rossi e Ilanir Rosane Rosa Bocetto (Secretaria), pelo auxílio, amizade e a boa convivência;

Aos amigos José Carlos Feltran, José Salvador Simonetti Foloni, Sandro Roberto Brancalião, Fabio Ferrari, João Renato Vaz da Silva, Neumarcio Vilanova da Costa, Laerte Marques da Silva e Matheus Gustavo da Silva pela convivência;

A todos os colegas do curso, pela convivência e grande aprendizado;

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
1 RESUMO	01
2 SUMMARY	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	08
4.1 Sistema de semeadura direta.....	08
4.2 Cobertura vegetal no sistema de semeadura direta.....	09
4.2.1 Efeito da cobertura vegetal nos atributos químicos do solo	10
4.3 Integração agricultura-pecuária	13
4.4 Nitrogênio.....	20
4.4.1 Nitrogênio no sistema de semeadura direta	20
4.4.2 Adubação nitrogenada nas culturas de milho, sorgo e pastagens	22
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5.1 Localização da área experimental e caracterização do local	25
5.2 Caracterização do solo e histórico da área experimental.....	28
5.3 Delineamento experimental e tratamentos empregados	29
5.3.1 Híbrido de milho	29
5.3.2 Híbrido de sorgo.....	30
5.3.3 Espécies forrageiras	30
5.3.3.1 <i>Brachiaria brizantha</i>	30
5.3.3.2 <i>Panicum maximum</i>	31
5.4 Instalação e condução dos experimentos.....	31
5.5 Obtenção dos dados	33
5.5.1 Diagnose foliar do milho e do sorgo	33
5.5.2 Características agrônômicas do milho e do sorgo e produtividade de grãos	34
5.5.3 Produção de massa de matéria seca e diagnose foliar de N	35
5.5.4 Alterações dos atributos químicos do solo.....	36
5.5.5 Análise econômica dos tratamentos	36
5.6 Análises estatísticas	37

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6.1 Experimento com milho	38
6.1.1 Diagnose foliar do milho.....	38
6.1.2 Características agronômicas do milho	50
6.1.3 Produção das forrageiras e diagnose foliar	68
6.1.4 Alterações dos atributos químicos do solo.....	75
6.1.4 Análise econômica dos tratamentos	84
6.2 Experimento com sorgo.....	87
6.2.1 Diagnose foliar do sorgo	87
6.2.2 Características agronômicas do sorgo	97
6.2.3 Produção das forrageiras e diagnose foliar	112
6.2.4 Alterações dos atributos químicos do solo.....	119
6.2.4 Análise econômica dos tratamentos	128
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
8 CONCLUSÕES	132
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
10 APÊNDICE	146

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Atributos químicos do solo da área antes da instalação do experimento.	28
Tabela 2. Características granulométricas do solo da área antes da instalação do experimento.	29
Tabela 3. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do milho. Botucatu, SP, 2002/03.	41
Tabela 4. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	44
Tabela 5. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	45
Tabela 6. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre altura de plantas, altura da inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo e produção de massa de matéria seca do milho. Botucatu – SP, 2003.	51
Tabela 7. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre o estande, índice de espiga, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho. Botucatu – SP, 2003.	54
Tabela 8. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga do milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	57
Tabela 9. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre o diâmetro de colmo e produção de massa de matéria seca de milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	59
Tabela 10. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre estande e índice de espiga do milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	64
Tabela 11. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	66
Tabela 12. Efeito de doses de nitrogênio sobre a produção de massa de matéria seca da <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> no 1º corte (a), 2º corte (b) e somatório (c) em três anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	69
Tabela 13. Efeito de doses de nitrogênio sobre o teor foliar de nitrogênio da <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> nos três anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	73

Tabela 14. Valores de F e coeficiente de variação (C.V.) para os atributos químicos do solo em diferentes profundidades, em razão dos sistemas de cultivos.....	76
Tabela 15. Custo operacional total (COT, R\$ ha ⁻¹), receita bruta(RB, R\$ ha ⁻¹), lucro operacional total (LO, R\$ ha ⁻¹) e índice de lucratividade (IL) do milho em razão do sistema de cultivo e da adubação nitrogenada. Botucatu-SP, 2005.....	84
Tabela 16. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do sorgo. Botucatu-SP, 2002/03.	89
Tabela 17. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do sorgo em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.	93
Tabela 18. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do sorgo em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.	94
Tabela 19. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a altura de plantas, diâmetro de colmos e produção de massa de matéria seca do sorgo. Botucatu – SP, 2003.....	97
Tabela 20. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre o estande, fertilidade de colmos, comprimento de panículas, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos do sorgo. Botucatu – SP, 2003.....	101
Tabela 21. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a altura de plantas, diâmetro de colmos e produção de massa de matéria seca do sorgo em dois anos agrícolas. Botucatu -SP, 2005.	104
Tabela 22. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre estande, fertilidade de colmos e comprimento de panícula em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	108
Tabela 23. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre produtividade do sorgo em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	110
Tabela 24. Efeito de doses de nitrogênio sobre a produção de massa de matéria seca da <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> no 1º corte (a), 2º corte (b) e somatório (c) em três anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	113
Tabela 25. Efeito de doses de nitrogênio sobre o teor foliar de nitrogênio da <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> nos três anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	117
Tabela 26. Valores de F e coeficiente de variação (C.V.) para os atributos químicos do solo em diferentes profundidades, em razão dos sistemas de cultivos.....	120
Tabela 27. Custo operacional total (COT, R\$ ha ⁻¹), receita bruta(RB, R\$ ha ⁻¹), lucro operacional total (LO, R\$ ha ⁻¹) e índice de lucratividade (IL) do milho em razão do sistema de cultivo e da adubação nitrogenada. Botucatu-SP, 2005.....	128

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima, registradas durante a condução dos experimentos, nos anos de 2002 e 2003.	26
Figura 2. Precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima, registradas durante a condução dos experimentos, nos anos de 2004 e 2005.	27
Figura 3. Diagnose foliar de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, em função da adubação nitrogenada. Botucatu, SP, 2002/03.....	42
Figura 4. Diagnose foliar de nitrogênio, fósforo e potássio na cultura do milho, em função da adubação nitrogenada. Botucatu, SP, 2005.....	48
Figura 5. Diagnose foliar de cálcio, magnésio e enxofre na cultura do milho, em função da adubação nitrogenada. Botucatu, SP, 2005.....	49
Figura 6. Altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo e produção de massa de matéria seca do milho, em função da adubação nitrogenada. Botucatu – SP, 2003.	52
Figura 7. Estande, índice de espiga, grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade do milho, em função da adubação nitrogenada. Botucatu – SP, 2003.	55
Figura 8. Altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	58
Figura 9. Diâmetro de colmo e produção de massa de matéria seca do milho em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	60
Figura 10. Estande e índice de espiga, em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.....	65
Figura 11. Número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos, em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.	67
Figura 12. Produção de massa de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> no 1º corte, 2º corte e somatório em função da adubação nitrogenada na cultura do milho no ano agrícola 2002/03. Botucatu-SP..	70
Figura 13. Produção de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> no 1º corte, 2º corte e somatório em função da adubação nitrogenada na cultura do milho no ano agrícola 2003/04. Botucatu-SP.....	71
Figura 14. Produção de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> no 1º corte, 2º corte e somatório em função da adubação nitrogenada na cultura do milho no ano agrícola 2004/05. Botucatu-SP.....	72
Figura 15. Teores de nitrogênio de <i>B. brizantha</i> e <i>P. maximum</i> em função das doses de nitrogênio aplicadas no milho nos anos agrícolas de 2002/03, 2003/04 e 2004/05. Botucatu-SP, 2005.....	74

Figura 16. Efeito do sistema de cultivo sobre os valores de pH (CaCl_2) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.....	79
Figura 17. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de matéria orgânica do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.....	79
Figura 18. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de H + Al do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	80
Figura 19. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de fósforo do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	80
Figura 20. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de cálcio do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	81
Figura 21. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de magnésio do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.....	81
Figura 22. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de potássio do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	82
Figura 23. Efeito do sistema de cultivo sobre os valores de soma de bases do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.....	82
Figura 24. Efeito do sistema de cultivo sobre a CTC do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	83
Figura 25. Efeito do sistema de cultivo sobre V% do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	83
Figura 26. Produtividade de grãos de milho em razão da adubação nitrogenada. (Médias dos anos agrícolas 2003/04 e 2004/05). Botucatu – SP, 2005.....	85
Figura 27. Diagnose foliar de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre no sorgo, em função da adubação nitrogenada. Botucatu-SP, 2002/03.	90
Figura 28. Diagnose foliar de nitrogênio, fósforo, potássio no sorgo, em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.....	95
Figura 29. Diagnose foliar de cálcio, magnésio e enxofre no sorgo, em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.....	96
Figura 30. Altura de plantas, diâmetro de colmo e produção de massa de matéria seca do sorgo, em função da adubação nitrogenada. Botucatu-SP, 2003.....	98
Figura 31. Estande, fertilidade de colmos, comprimento de panículas, massa de 1000 grãos e produtividade do sorgo, em função da adubação nitrogenada, adubação nitrogenada. Botucatu – SP, 2003.	102
Figura 32. Altura de plantas, diâmetro de colmos, produção de massa de matéria seca do sorgo, em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.	105
Figura 33. Estande, fertilidade de colmos, comprimento de panículas, em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.....	109

Figura 34. Massa de 1000 grãos e produtividade do sorgo, em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.....	111
Figura 35. Produção de massa de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> no 1º corte, 2º corte e somatório em função da adubação nitrogenada na cultura do sorgo no ano agrícola 2002/03. Botucatu-SP.	114
Figura 36. Produção de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> no 1º corte, 2º corte e somatório em função da adubação nitrogenada na cultura do sorgo no ano agrícola 2003/04. Botucatu-SP..	115
Figura 37. Produção de matéria seca de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> no 1º corte, 2º corte e somatório em função da adubação nitrogenada na cultura do sorgo no ano agrícola 2004/05. Botucatu-SP.	116
Figura 38. Teores de nitrogênio de <i>B. brizantha</i> e <i>P. maximum</i> em função das doses de nitrogênio aplicadas no sorgo nos anos agrícolas de 2002/03, 2003/04 e 2004/05. Botucatu-SP, 2005.....	118
Figura 39. Efeito do sistema de cultivo sobre os valores de pH (CaCl ₂) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.....	123
Figura 40. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de matéria orgânica do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.....	123
Figura 41. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de H + Al do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	124
Figura 42. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de fósforo do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	124
Figura 43. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de cálcio do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	125
Figura 44. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de magnésio do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.....	125
Figura 45. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de potássio do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	126
Figura 46. Efeito do sistema de cultivo sobre os valores de soma de bases do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.....	126
Figura 47. Efeito do sistema de cultivo sobre a CTC do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	127
Figura 48. Efeito do sistema de cultivo sobre V% do solo, em diferentes profundidades. Botucatu – SP, 2005.	127
Figura 49. Fotos dos experimentos. Botucatu – SP.....	149

1 RESUMO

A consorciação do milho e sorgo com gramíneas forrageiras pode ser utilizada tanto para a formação de pastagens, como a formação de cobertura morta no sistema de semeadura direta. Dentre os nutrientes aplicados nas fertilizações destaca-se o nitrogênio, devido ser o nutriente absorvido em maior quantidade pelas culturas e o que mais influencia na produtividade de grãos, tendo sua dinâmica no sistema solo-planta condicionada pelo manejo. O trabalho de pesquisa constou de dois experimentos que foram instalados na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônomicas – Campus de Botucatu, num Latossolo Vermelho, cultivado há aproximadamente 5 anos em sistema de semeadura direta. O objetivo dos experimentos foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada na cultura do milho e do sorgo no sistema de cultivo solteiro e consorciado com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em sistema de semeadura direta e o posterior desempenho das forrageiras. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram representadas por três sistemas de cultivo da cultura produtora de grãos (cultivo solteiro, cultivo com *B. brizantha* na linha de semeadura e cultivo com *P. maximum* na linha de semeadura) e as subparcelas por quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N). Foram avaliados os atributos químicos do solo, as características agrônomicas da cultura, os componentes de produção, a diagnose foliar e a produtividade de grãos, além da produção de massa de matéria seca das forrageiras após a colheita da cultura. Tanto para a cultura do milho quanto para o

sorgo pode-se inferir que o cultivo consorciado, desde que seja implantado e manejado adequadamente não afeta a produção de grãos em razão de não interferir na nutrição e no desenvolvimento das plantas. A adubação nitrogenada na cultura do milho e do sorgo afeta a produtividade de grãos, independentemente do sistema de cultivo utilizado. O efeito residual da adubação nitrogenada aplicada no milho e sorgo incrementa a produção de forragem da *B. brizantha* e *P. maximum* após a colheita dos cereais. Face a alta fertilidade do solo os atributos químicos do solo têm mudanças pouco expressivas nos diferentes sistemas de cultivo. Para a cultura do milho a maior rentabilidade de aplicação de N foi obtida com aplicação de 119, 135 e 138 kg ha⁻¹ de N, para os sistemas de cultivos solteiro, consorciado com *B. brizantha* e *P. maximum*, respectivamente.

NITROGEN FERTILIZATION ON CORN AND SORGHUM *Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* INTERCROPS IN NO-TILLAGE SYSTEM. Botucatu, 2007. 149p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: GUSTAVO PAVAN MATEUS

Adviser: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

2 SUMMARY

Corn and sorghum intercropped with grass can be used both to pasture formation and to soil cover formation in no-tillage system. Nitrogen is prominent among the nutrients applied in fertilizations, because nitrogen is the most absorbed nutrient by crops and most affect the grains yield, and its dynamic in soil-plant system is conditioned by management. The research consisted of two experiments that were carried out at Lageado Experimental Farm, of Agricultural Science College, campus of Botucatu, in Red Latosol (Oxisol), cultivated to five years in no-tillage system. The objective of this work was to evaluate the effect of nitrogen fertilization on corn and sorghum and *Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* intercrops in no-tillage system, and the behavior of forages. The experimental design was in randomized blocks with split plot analyses, with four replications. The plot treatments consisted of three modalities of tillage of corn and sorghum (single crop, intercrop with *B. brizantha* in the row of sowing or and with *P. maximum* in the row of sowing) and the split plot of four nitrogen rates (0, 50, 100, and 200 kg ha⁻¹ N). It was evaluated the soil chemical attributes, the agronomical characteristics of crop, grains yield, leaf macronutrients content and forages yield. The intercrop system did not affect grain yield of corn and sorghum, because it did not cause negative effects in plant nutrition and growth. Nitrogen fertilization affected grains yield of corn and sorghum independently of the cultivation system. The residual effect of nitrogen applied on corn and sorghum caused an increased forage yield of *B. brizantha* and *P. maximum*. No difference was observed among the soil chemical attributes due to different cultivation systems, because of the high fertility of the soil. The highest net profit was obtained with the application of 119, 135 e 138 kg ha⁻¹ of

N, single crop, intercrop with *B. brizantha* in the row of sowing and with *P. maximum* in the row of sowing

Keywords: intercropping system, *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum*, annual crops, Agriculture-cattle raising integration, no-tillage.

3 INTRODUÇÃO

A degradação do solo pela ação da erosão hídrica constitui um dos maiores problemas para a agricultura brasileira, sendo este mais agravante no sistema de cultivo convencional. Isto devido esse sistema exigir operações de preparo do solo, no qual com o revolvimento, deixa a terra descoberta e desprotegida durante vários meses, principalmente em períodos de alta intensidade pluvial. Diante desta constatação busca-se novas alternativas, como a utilização do sistema de semeadura direta, o qual reduz as perdas de solo e água e, conseqüentemente, de nutrientes, demanda menos combustível e, para a maioria das culturas, proporciona aumento de produtividade.

No entanto, a maior limitação para a sustentabilidade do sistema de semeadura direta, na grande maioria do território do Estado de São Paulo e na maior parte do Brasil Central, é a baixa produção de palhada no período de outono/inverno e inverno/primavera, tanto das espécies utilizadas para adubação verde e cobertura do solo, como das culturas produtoras de grãos, em razão das condições climáticas desfavoráveis, notadamente baixa disponibilidade hídrica, caracterizando essas regiões como de inverno seco. Assim, devido à rápida decomposição da palhada de plantas graníferas leguminosas como a soja e o feijão, principalmente em cultivos de verão, e a alta probabilidade de insucesso das culturas de safrinha, muitas áreas, nessas regiões, ficam ociosas durante sete meses do ano e com baixa cobertura vegetal, comprometendo a viabilidade e sustentabilidade do sistema de semeadura direta.

A escolha da planta que será utilizada para a formação de cobertura morta depende muito da adaptação climática da planta à região. Para as regiões Sudoeste do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que apresentam inverno-úmido, as espécies mais utilizadas são trigo, aveia e ervilhaca. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil que apresentam inverno seco, o desenvolvimento das culturas de outono-inverno fica na dependência da condição climática. As espécies mais utilizadas nessas regiões, caracterizadas por apresentar déficit hídrico no período de outono/inverno, têm sido a aveia preta e o milheto. Mais recentemente têm sido utilizado o nabo forrageiro, o sorgo, o sorgo de guiné, o capim pé de galinha, as braquiárias e até a resteva natural.

Nas regiões que possuem inverno seco, a maior limitação para a sustentabilidade do plantio direto é a persistência da palhada, uma vez que essa condição climática, na grande maioria das áreas produtoras de grãos, tem reduzido o sucesso ou até tornado inviável o cultivo de safrinha. Dessa forma, a palhada depositada nessas áreas advém somente da cultura da safra de verão, que se caracteriza por apresentar baixa cobertura do solo quando da próxima semeadura, diminuindo o sucesso do sistema de semeadura direta. Assim, a interação de espécies e sistemas de produção, que possibilitem o aumento na quantidade de cobertura morta com maior persistência sobre o solo, é de suma importância para a sustentabilidade do sistema de semeadura direta nessas regiões.

Neste sentido, alguns agricultores, na região Centro-Oeste brasileira, iniciaram o cultivo consorciado de culturas como o milho, a soja, o arroz, o feijão e o sorgo, com plantas forrageiras, notadamente a *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*, semeadas concomitantemente, como forma de produção de forragem no período de menor disponibilidade nessa região e de palhada para o sistema semeadura direta na safra seguinte.

Contudo, no sistema semeadura direta o N é o elemento mais afetado, pois, com a decomposição mais lenta da palhada, deixada sobre a superfície do solo, processos como a imobilização, mineralização e lixiviação são alterados. Mais especificamente no cultivo consorciado em semeadura direta, de gramíneas produtoras de grãos com forrageiras, pode significar comprometimento da quantidade de N necessária para o adequado crescimento inicial, não apenas pelo fenômeno da imobilização de N por parte dos microrganismos do solo, mas também pela competição entre as espécies pelo elemento, que é o mais exigido pelas

culturas do milho e sorgo, como também, pelas gramíneas forrageiras tropicais. As doses de N para suprir a demanda variam em função do ambiente e rotação de culturas, sendo maiores quando a rotação é realizada com gramíneas. Desta forma, a aplicação de N nas doses preconizadas pelos boletins não estariam atendendo as necessidades das culturas por este elemento, bem como o adequado desenvolvimento da planta forrageira após a colheita da cultura principal.

Estudos relacionados ao manejo da adubação nitrogenada nesse sistema de produção são escassos. Face ao exposto, o projeto de pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito da adubação nitrogenada na cultura do milho e sorgo em sistema de cultivo solteiro e consorciado com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em semeadura direta.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Sistema de semeadura direta

O sistema de semeadura direta (SSD) tem sido uma das melhores alternativas para a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na utilização agrícola dos solos (OLIVEIRA et al., 2002).

Muzilli (1985) conceituou o sistema de semeadura direta como o processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato das sementes com a terra. No entanto, Sá (1998) ressalta que, atualmente, o conceito de semeadura direta assume a visão integrada de um sistema, envolvendo a combinação de práticas culturais ou biológicas, tais como: o uso de produtos químicos ou práticas mecânicas no manejo de culturas destinadas à adubação verde, para a formação de coberturas do solo, mediante a manutenção dos resíduos culturais na sua superfície; a combinação de espécies com exigências nutricionais, produção de fitomassa e sistema radicular diferenciados, visando constituir uma rotação de culturas; e a adoção de métodos integrados de controle de plantas daninhas, por meio da cobertura do solo, herbicidas e o não revolvimento do solo, exceto nos sulcos de semeadura. Nesse sentido, a rotação de culturas com inclusão de plantas de cobertura, conciliando o retorno econômico com a preservação da capacidade produtiva do solo, têm grande importância para garantir a sustentabilidade do sistema.

Até meados da década de noventa o sistema de semeadura direta teve pouco crescimento em área cultivada, devido, principalmente, às dificuldades iniciais para o domínio da tecnologia e a resistência à mudança de conceitos pré-estabelecidos. A partir de então é que o sistema conseguiu se expandir e ocupar espaços importantes na agricultura brasileira, principalmente a região do cerrado. Na safra de 2003/2004 foram cultivados 21,8 milhões de hectares sob esse sistema (FEBRAPDP, 2006), o que corresponde a aproximadamente 50% da área cultivada com culturas produtoras de grãos.

Dessa forma, tem aumentado o interesse pela busca de alternativas para o estabelecimento de culturas no sistema de semeadura direta em áreas anteriormente cultivadas no sistema convencional de preparo do solo ou sob pastagens, sem proporcionar o revolvimento do solo. As vantagens desse procedimento estão relacionadas com a manutenção e melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo e no maior retorno econômico.

4.2 Cobertura vegetal no sistema de semeadura direta

A formação/manutenção da cobertura vegetal é um dos pilares responsáveis pelo sucesso do sistema de semeadura direta. A formação da cobertura vegetal depende de vários fatores, como solo, clima e a cultura a ser utilizada para formação da cobertura morta. Entre as vantagens da presença da cobertura vegetal na superfície do solo destacam-se: o aumento da infiltração de água, a redução das perdas de água por evaporação, a conservação da umidade e a estabilidade da temperatura do solo, o controle de plantas daninhas e o aumento da eficiência da ciclagem dos nutrientes (VOSS & SIDIRAS, 1985; WUTKE et al., 1993; FIORIN, 1999; HAAS, 1999; HERNANI et al., 1999). Os resíduos vegetais ainda aumentam a atividade biológica, modificam o nível de nutrientes disponíveis, mantêm ou aumentam o nível de matéria orgânica do solo e podem ter efeitos favoráveis nas condições físicas do solo (CAMPBELL, 1989).

As plantas de cobertura ou recuperadoras da fertilidade do solo, de maneira geral, são espécies agressivas e rústicas. Por possuírem, normalmente, sistema radicular profundo e ramificado, retiram nutrientes de camadas subsuperficiais de maneira

mais eficiente, os quais são liberados gradualmente nas camadas superficiais durante o processo de decomposição, ficando disponíveis para as culturas subseqüentes (FIORIN, 1999).

O sucesso da semeadura direta como sistema de produção agrícola está diretamente relacionado com as alterações observadas na dinâmica de decomposição dos resíduos vegetais (FRANCHINI et al., 1999). O efeito positivo dos resíduos vegetais é aumentado conforme seu tempo de permanência na superfície do solo. Este tempo é dependente do tipo do resíduo, grau de trituração, quantidade, composição química, principalmente a relação C/N e do grau de contato com o solo (FIORIN, 1999).

A proteção dos solos, com cobertura vegetal nas regiões de clima temperado tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores (DERPSCH & CALEGARI, 1992). Entretanto, nas regiões tropicais, são poucos os trabalhos de pesquisa sobre este assunto, onde o clima favorece a rápida decomposição dos restos culturais, devendo-se, então, atentar para a quantidade e durabilidade dos resíduos vegetais (ALVES et al., 1995).

As plantas de coberturas, principalmente as gramíneas, integradas de forma planejada no sistema de rotação de culturas, proporcionam alto potencial de produção de fitomassa e elevada relação C/N, garantindo a cobertura do solo por um período mais longo. A definição de espécies com elevada produtividade de fitomassa para cobertura do solo é um dos fatores de sucesso do sistema de semeadura direta (FIORIN, 1999).

Em regiões tropicais e subtropicais, as condições de temperatura e umidade favorecem uma decomposição rápida da fitomassa depositada sobre o solo. Por esta razão, resíduos com maior relação C/N (carbono/nitrogênio), tanto de culturas comerciais quanto de plantas de cobertura, deverão ser preferencialmente mais utilizados no sistema de semeadura direta, em razão da menor velocidade de decomposição (CALEGARI et al., 1993).

O teor e a quantidade de nutrientes acumulada pelas espécies produtoras de palha podem influenciar a decomposição do material vegetal e o desempenho da cultura sucessora (OLIVEIRA et al., 2002).

4.2.1 Efeito da cobertura vegetal nos atributos químicos do solo

O não revolvimento do solo e a manutenção da palhada na superfície do solo tem demonstrado aumento na camada superficial dos teores de matéria orgânica

(SIDIRAS & PAVAN, 1985; VALPASSOS et al., 2001), de fósforo (MUZILLI, 1983; SIDIRAS & PAVAN, 1985; VALPASSOS et al., 2001), de potássio (MUZILLI, 1983; VALPASSOS et al., 2001), e de cálcio e magnésio (SANTOS & REIS, 1989; VALPASSOS et al., 2001). Também foram observados maiores valores de pH (SIDIRAS & PAVAN, 1985; SANTOS & REIS, 1989; MIYAZAWA, 1993; VALPASSOS et al., 2001), da CTC efetiva (SIDIRAS & PAVAN, 1985; VALPASSOS et al., 2001) e do teor de micronutrientes (CASTRO et al., 1992), assim como diminuição do Al trocável (SIDIRAS & PAVAN, 1985; SANTOS & REIS, 1989; VALPASSOS et al., 2001).

Sidiras & Pavan (1985) verificaram teores de P mais elevados nos sistemas de pousio e semeadura direta comparados ao convencional, principalmente, na camada de 0-20 cm. Esta constatação é atribuída pelos autores à liberação do elemento durante a decomposição dos resíduos das plantas com a diminuição da fixação em decorrência do menor contato deste com os constituintes inorgânicos do solo. Muzilli (1983), De Maria & Castro (1993) e Valpassos et al. (2001) também verificaram que em semeadura direta houve maior acúmulo de fósforo nas camadas superficiais do solo, evidenciando a possibilidade de redução dos níveis de adubação fosfatada pela adoção do sistema, durante o decorrer dos anos.

Em estudos sobre a influência do sistema de semeadura direta e convencional no acúmulo de matéria orgânica na camada arável do solo, Muzilli (1983) verificou aumento no teor de matéria orgânica no sistema de semeadura direta com o decorrer do tempo. Valpassos et al. (2001), estudando áreas com o sistema de semeadura direta, vegetação nativa, pasto degradado e preparo convencional, constataram também, que o sistema de semeadura direta proporcionou os maiores teores de matéria orgânica.

A elevação dos teores de matéria orgânica na superfície é mais rápida mediante a utilização de seqüências de cultivo com predominância de gramíneas que produzem altas quantidades de resíduos (SANTOS & SIQUEIRA, 1996).

De acordo com Testa et al. (1992), sistemas de culturas que promoveram o aumento de matéria orgânica no solo possibilitaram o aumento da CTC, a qual possivelmente permitiu maior retenção de cátions adicionados ou liberados pela biomassa das culturas, reduzindo sua lixiviação, aumentando os teores de Ca, Mg, K e, conseqüentemente, a soma de bases.

Bayer & Mielniczuk (1997), estudando o efeito de diferentes sucessões de culturas e preparo de solo no teor de carbono orgânico, verificaram que os maiores teores de carbono orgânico foram obtidos com a associação dos métodos de preparo com menor revolvimento do solo e sistemas de cultura com maior adição de resíduos ao solo. Além disso, constataram correlação positiva entre carbono orgânico e a capacidade de troca catiônica.

Estudando as modificações dos atributos químicos de um solo arenoso sob sistema de semeadura direta, comparado ao sistema convencional de cultivo, Rheinheimer et al. (1998) constataram aumento de pH, dos teores de carbono orgânico do solo e de ácidos fúlvicos e húmicos, da capacidade de troca de cátions, das disponibilidades de fósforo e potássio e da acidez potencial, principalmente na camada de 0-5 cm. Entretanto, Lal et al. (1990) observaram redução de 0,2 unidade de pH até 10 cm de profundidade, em um solo argiloso, com alta fertilidade inicial, após 12 anos no sistema de semeadura direta. Uma das explicações para esse comportamento do pH é a decomposição dos resíduos vegetais na superfície do solo gerando acidez (CAIRES, 2000), uma vez que a cada íon NH_4^+ convertido em NO_3^- formam-se 2 H^+ (WIETHOLTER, 2000).

Miyazawa et al. (1993) em vasos, adicionando o equivalente a 10 t ha^{-1} de massa de matéria seca de 22 tipos de resíduos vegetais na superfície do solo, observaram aumento do pH e diminuição dos teores de Al; materiais com menores relações C/N proporcionaram maior capacidade de neutralização da acidez do solo. Os principais mecanismos envolvidos na reação do material orgânico na acidez do solo são: adsorção de H^+ e Al^{3+} na superfície do material orgânico (HOYT & TURNER, 1975); precipitação do Al pelo aumento do pH devido as reações de troca entre ânions orgânicos e hidróxidos terminais dos óxidos de Fe e Al (HUE, 1992); associação de ânions orgânicos com o H^+ no solo (RITCHIE & DOLLING, 1985) e complexação do Al com ácidos orgânicos (HUE et al., 1986).

Castro et al. (1992), estudando as alterações dos teores de Cu, Zn, Mn e Fe em dois latossolos, submetidos a semeadura direta e convencional, por três anos, verificaram aumentos dos teores de Cu e Mn no sistema de semeadura direta. Constataram-se, também, correlação positiva entre os teores de Zn e Mn com o teor de matéria orgânica, nos dois solos, e para o Fe no latossolo de textura argilosa. Por outro lado, há situações em que os teores podem ser reduzidos momentaneamente em razão da complexação desses elementos

pela matéria orgânica (MALAVOLTA, 1980; CAMARGO et al., 2001). Assim, Rosolem et al. (2001) relataram que a disponibilidade de B pode ser reduzida em solos com altos teores de matéria orgânica ou com alta porcentagem de argila.

Independente do mecanismo, os resíduos vegetais desempenham um papel importante no comportamento químico dos solos ácidos, cujo potencial precisa ser estimado. Assim, tem sido constatada a movimentação de bases no solo em sistema de semeadura direta (MCMAHON & THOMAS, 1976; BLEVINS, et al., 1978; FRANCHINI et al., 1999), por meio da ação dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo. Na presença desses resíduos tem-se verificado marcante mobilidade de cálcio e magnésio, aplicados na forma de carbonatos, no perfil do solo. A movimentação desses cátions é atribuída à formação de complexos com ligantes orgânicos originados dos resíduos vegetais presentes na superfície do solo. Tais complexos apresentam cargas negativas ou nulas (Ca L^0 , Ca L^-) e, como o complexo de troca do solo possui predominantemente cargas negativas, a retenção dessas moléculas é baixa (SANTOS, 1997; PAVAN & MIYASAWA, 1998; ZIGLIO et al., 1999).

4.3 Integração Agricultura-Pecuária

As pastagens constituem a maior fonte de alimento para o rebanho bovino brasileiro, representando, em alguns sistemas, a única fonte de alimento. No entanto, perdem produtividade por diversas causas. Segundo Mello (2003), o processo de compactação do solo produzida pelo tráfego de animais, em sistema de pastejo extrativista sem a reposição dos nutrientes exportados pelos animais no decorrer do tempo, conduzem à degradação intensa das pastagens.

A produtividade média das culturas agrícolas estão aquém do potencial oferecido pelas tecnologias disponíveis. Na pecuária do Brasil Central, 45 milhões de bovinos ocupam 117 milhões de hectares com pastagem, resultando numa lotação média de 0,3 unidade animal por hectare ano, enquanto pastagens mais tecnificadas podem suportar lotações 5 vezes superior à lotação média. Ainda segundo os autores, a não aplicação de práticas adequadas na formação e manutenção das pastagens, tais como manejo incorreto do solo e reposição de nutrientes, aceleram o processo de degradação, levando a índices zootécnicos muito baixos (OLIVEIRA & YOKOYAMA, 2003) sendo que, no período da

entressafra, período que decorre dos meses de abril/maio a setembro, a baixa quantidade de alimento aliado a outros fatores acarretam em prejuízos para a atividade pecuária que podem superar um bilhão de dólares por ano (YOKOYAMA et al., 1995).

Gramíneas do gênero *Brachiaria* são largamente utilizadas em pastagens na América Tropical. Existem cerca de 40 milhões de hectares cobertos por pastagens de braquiárias, formando extensos monocultivos, especialmente no Brasil Central e na Amazônia. Só no Estado de São Paulo a área de pastagens cultivadas com braquiária chega a 7 milhões de hectares (CATI, 2002). Apesar da destacada representação da *Brachiaria decumbens*, esta gramínea vem apresentando queda de produção após ciclos de pastejo, devido à degradação ao longo dos anos e também em decorrência do aparecimento da cigarrinha das pastagens (*Deois flavopicta*; *Zulia entreriana*). Atualmente, observa-se expansão da área cultivada com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com resultados promissores (GERDES et al., 2000).

A pesquisa tem gerado muitas informações nestes últimos anos acerca das tecnologias viáveis para a renovação de pastagens. Oliveira et al. (1996) relataram que entre as principais estão os métodos que fazem a recuperação ou renovação direta por meio da aplicação de corretivos de acidez aliadas às técnicas de manejo e adubação do solo, ou ainda com consorciação de culturas anuais com forrageiras, principalmente dos gêneros *Brachiaria*, *Panicum* e *Andropogon*.

A técnica de consorciação de culturas anuais com espécies forrageiras vem ganhando proporções consideráveis, principalmente na região Centro-Oeste do país. Trata-se do Sistema “Santa Fé”, que segundo Pimentel (1999) difere do sistema barreirão por não haver um preparo do solo com arações e gradagens, sendo a técnica implantada no sistema de semeadura direta. Porém, a premissa básica para a implantação do sistema é que os solos devem apresentar-se com boa fertilidade e devidamente corrigidos.

O consórcio de culturas produtoras de grãos com forrageiras tropicais é possível graças ao diferencial de tempo e espaço no acúmulo de biomassa durante o desenvolvimento das espécies (KLUTHCOUSKI & YOKOYAMA, 2003). De maneira geral, as gramíneas forrageiras tropicais apresentam lento acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea até 50 dias após a emergência, enquanto a maioria das culturas anuais sofre influência por competição neste período. No caso do cultivo consorciado, esta competitividade pode ser

amenizada adotando-se práticas culturais como arranjo espacial de plantas (OLIVEIRA et al., 1996), o que retarda sobremaneira o acúmulo de biomassa por parte da forrageira durante o período de competição interespecífica (PANTANO, 2003).

Segundo Kluthcouski et al. (2000), a sustentabilidade do setor agropecuário deverá estar diretamente relacionada com a evolução do sistema de produção, tal qual o sistema de semeadura direta e a integração agricultura-pecuária, por proporcionar benefícios recíprocos, ao eliminar ou reduzir as causas da degradação física, química ou biológica do solo, resultantes de cada uma das explorações.

Em regiões caracterizadas com temperatura média anual alta aliada a ocorrência de chuvas de grande intensidade no verão, a agricultura e a pecuária devem ser exploradas em sistemas conservacionistas do solo, sendo que o sistema de semeadura direta tem se apresentado com grande viabilidade técnica e econômica. Aliado ao sistema de semeadura direta, o sistema de integração agricultura-pecuária têm contribuído para a viabilidade do setor agropecuário, uma vez que possibilita o fornecimento de alimento na época seca do ano (MELLO, 2003).

As plantas que vem ganhando espaço neste sistema de produção são as braquiárias. De acordo com Tiritan (2001), as vantagens das espécies deste gênero são a grande produtividade de massa seca tanto da parte aérea quanto radicular, boa cobertura do solo, agressividade na formação, custo relativamente baixo de sementes, melhoria nas propriedades físicas do solo, além do eficiente controle de plantas daninhas. Outra vantagem direta, realçada pelo autor, está na receita que estas espécies podem gerar para o sistema de semeadura direta.

O período de pastejo nas áreas sob cultivo consorciado ocorreria entre os meses de maio a setembro, período este que a oferta de massa seca das pastagens é muito baixa, em virtude do inverno seco característico destas regiões. No mês de outubro retiram-se os animais e após 15 a 20 dias realiza-se a dessecação da área, a fim de proporcionar cobertura morta para a cultura de verão, sendo a semeadura realizada em sistema de semeadura direta.

Na região centro-sul do Brasil, as espécies conduzidas no período de entressafra são importantes não só para formação de palha, viabilizando o sistema de semeadura direta, como proporcionam forragem nesta época do ano, seja na forma de feno, silagem ou pastoreio. De acordo com Machado et al. (1998), a compactação causada pelo

pisoteio animal nestas áreas torna-se mais acentuada quando não se permite sobra de cobertura vegetal para proteção de solo, sendo assim, em áreas com integração lavoura-pecuária devem ser manejadas com alta disponibilidade de forragens, pois o ganho de peso pelos animais é alto e o solo se mantém coberto, garantindo a sustentabilidade do sistema de semeadura direta mediante o resíduo do pastejo.

O sistema de integração agricultura-pecuária como forma de promover inovações tecnológicas à pecuária e de proporcionar a recuperação de solos degradados das propriedades agrícolas tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores (KLUTHCOUSKI et al., 1999; PIMENTEL, 1999; BROCH, 2000; DIJKSTRA, 2000; MELLO, 2003; PORTES et al., 2000; ROOS, 2000; ROCHA, 2000; SALTON, 2000; TABORDA, 2000).

Aidar et al. (2003) relatam que na região do Cerrado brasileiro, as áreas utilizadas para produção de grãos permanecem em pousio aproximadamente oito meses, quando adota-se apenas uma safra por ano agrícola, em virtude das condições climáticas no início do outono, principalmente no tocante à deficiência hídrica. Em regiões onde é possível o cultivo de safrinha, pode-se optar pela produção de culturas forrageiras na entressafra em sucessão à cultura anual de verão, sendo semeada em fevereiro-março, como por exemplo as culturas do milho safrinha ou do sorgo. Pode-se optar ainda pelo cultivo consorciado da forrageira anual com a espécie perene, objetivando a produção de forragem no inverno e a formação de cobertura morta para a próxima estação chuvosa (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

A base da técnica consiste em cultivar em consórcio espécies como milho, soja, arroz, feijão e sorgo, com plantas forrageiras, destacando a *Brachiaria brizantha* e capins do gênero *Panicum* (PIMENTEL, 1999). De acordo com Portes et al. (2003), consórcio é o sistema de cultivo que envolve o plantio de duas ou mais espécies numa mesma área, de modo que uma das culturas possa conviver com a outra durante todo o seu ciclo, ou pelo menos parte dele.

Nessa nova técnica de integração agricultura-pecuária a forrageira é manejada como planta anual, sendo utilizada para produção de forragem após a colheita da cultura produtora de grãos e, em seguida, para formação de palha para semeadura da próxima safra de verão. As espécies forrageiras devem ser misturadas ao fertilizante e semeadas na mesma fileira da cultura produtora de grãos, porém, em espaçamentos entrelinhas superiores a

70cm, recomenda-se semear uma entrelinha da forrageira misturada ao fertilizante (OLIVEIRA & YOKOYAMA, 2003), levando-se em consideração a linha adicional no cálculo da adubação.

Pantano (2003) obteve maior produtividade de milho em cultivo solteiro, quando comparada às modalidades de consorciação semeadas concomitantemente à semeadura ou em cobertura. Segundo o autor, a competição exercida pela *B. brizantha* com o consórcio na linha de semeadura afetou o desenvolvimento do milho, em virtude do período crítico de prevenção à interferência (PCPI), que vai dos 15 aos 45 dias do ciclo da cultura. Já no sistema de consorciação com a forrageira semeada à lanço no momento da adubação de cobertura (4 a 5 folhas verdadeiras), esta interferência não foi expressiva, uma vez que nesta época, o PCPI não era mais o fator limitante.

Dias-Filho (2000), ao analisar a taxa de crescimento e acúmulo de biomassa na *B. brizantha*, verificou que a taxa de alongação foliar foi significativamente aumentada sob sombreamento em ambas as espécies, sugerindo que os resultados sejam discutidos com relação às suas implicações para o manejo desta espécie, principalmente sob condições de consorciação com culturas produtoras de grãos.

Em Botucatu-SP, vários resultados evidenciam a possibilidade de consórcio simultâneo da *B. brizantha* com as culturas de milho e sorgo, em sistema de semeadura direta (CHIGNOLLI et al., 2003; CHOUEIRI et al., 2003; LELES et al., 2003; PENTEADO et al., 2003; BORGHI, 2004).

Em pesquisa realizada nos Estados de Goiás, Bahia e Mato Grosso, Kluthcouski et al. (2000) avaliaram o comportamento da cultura do sorgo em consórcio com *Brachiaria brizantha* em sistema de semeadura direta e verificaram redução na produtividade de grãos inferior a 2%, quando comparado ao cultivo solteiro. Essa redução pode atingir 10%, e em parte pode ser atribuída à competição por nutrientes principalmente por N, uma vez que as espécies consorciadas, neste caso, são gramíneas e o nutriente em questão é o mais extraído e o mais limitante à produção de ambas.

De acordo com Portes et al. (2000), a redução apresentada quanto à produtividade de grãos no cultivo consorciado em relação ao solteiro não o inviabiliza, visto que outros fatores o beneficiam, em especial a pastagem renovada. Os autores concluíram que a consorciação dos cereais afetou severamente o desenvolvimento da braquiária, mas com a

rebrotar rápida da forrageira é possível sua utilização como pastagem após 70 dias da colheita das culturas de milho, de sorgo, de milheto ou de arroz.

O sucesso na adoção do cultivo consorciado está na adequação do sistema de produção à região de cultivo. Oliveira et al. (1996) descrevem que se deve optar por cultivares recomendadas para a região, além de serem tolerantes à acidez do solo e ao alumínio, e no caso da cultura do milho, apresentar alta inserção da espiga, a fim de evitar perdas na colheita, uma vez que o objetivo principal da consorciação é promover a produção de grãos e ainda possibilitar aporte suficiente de forragem no período de outono-inverno.

De acordo com Oliveira & Yokoyama (2003), alguns aspectos são fundamentais no estabelecimento do consórcio tais como densidade, época de semeadura e arranjo espacial das sementes ou plantas, o que pode comprometer a produtividade de grãos. Os autores ainda enfatizam que a disposição das sementes das forrageiras misturadas ao adubo a maiores profundidades pode reduzir a competitividade com a cultura anual.

Portes et al. (2000), ao avaliar a consorciação do milho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, relataram que a deposição das sementes da forrageira a 10cm de profundidade juntamente com o fertilizante retardou a emergência das plântulas em aproximadamente 5 dias, enfraquecendo-as. Em virtude do sombreamento provocado pelo milho durante o período de consorciação, a forrageira apresentou crescimento lento, em especial por possuírem metabolismo C₄ de fixação do CO₂, características que as fazem exigentes por luz, proporcionando ao milho completar o seu ciclo e produzir satisfatoriamente.

A adequação do espaçamento de semeadura das forrageiras possibilita melhor produção de forragem aliada à melhor cobertura do solo. Por outro lado, a densidade de plantas contribui para melhorar a qualidade da pastagem, porém, se sub ou superdimensionada, pode interferir na produtividade da cultura anual, principalmente no arroz de terras altas (OLIVEIRA et al., 1996).

Portela e Cobucci (2002), estudando quatro populações de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* cv. Mombaça (0; 5; 10 e 15 plantas m⁻²) com a cultura do milho em sistema consorciado (Sistema Santa Fé), verificaram que mesmo nos tratamentos com grande formação de massa da forrageira, a produtividade do milho não diferiu, demonstrando a possibilidade de consorciação utilizando quaisquer das espécies com a cultura do milho. No entanto, como essa modalidade de integração agricultura-pecuária é realizada no

sistema de semeadura direta e a planta forrageira passa a ser manejada como cultura anual, sendo semeada a cada safra, devem ocorrer modificações na dinâmica e ciclagem de nutrientes, devido ao não revolvimento do solo.

Dentre as principais vantagens, o sistema “Santa Fé” apresenta redução na aplicação de herbicidas (utilizando sub-doses para não haver competição entre as culturas), além de aumento na produção de forragem e de massa verde por área. A braquiária tem neste sistema dupla finalidade, pois além de ser fonte de alimento para os animais na seca, é utilizada como cobertura morta (palha) durante a semeadura da safra de verão.

Segundo Portes et al. (2003), diferente dos consórcios tradicionais, o objetivo deste sistema é produzir grãos e ainda possibilitar uma pastagem produtiva. No caso de reincorporação de áreas degradadas, os autores ainda enfatizam que este sistema de produção torna-se auto-sustentado e ecológico, uma vez que evita a abertura de novas áreas para exploração agropecuária. Outra vantagem que a consorciação pode apresentar está na superação de problemas advindos de cultivos anuais sucessivos, tais como pragas, plantas daninhas e doenças (VILELA et al., 2003). De acordo com Kluthcouski et al. (2000), as gramíneas forrageiras tropicais são altamente resistentes à maioria das pragas e doenças e, por isso, podem quebrar o ciclo dos agentes bióticos nocivos às plantas cultivadas, resultando em menor uso de defensivos agrícolas.

Além disso, a consorciação das forrageiras pode promover a supressão na emergência das plantas daninhas, em virtude da agressividade na formação destas espécies forrageiras após a colheita da cultura produtora de grãos. Cobucci et al. (2001) indicaram que a integração lavoura-pastagem possibilitou redução na emergência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro no inverno, diminuindo sua incidência em virtude da quebra no ciclo de desenvolvimento. Pantano (2003), ao consorciar a cultura do milho com *Brachiaria brizantha* na semeadura ou na época da adubação de cobertura, relatou que a redução no espaçamento entrelinhas de 0,90m para 0,45m possibilitou menor incidência de plantas invasoras, independente da época de consorciação com a forrageira.

Além dos benefícios acima citados da integração lavoura-pastagem, Vilela et al. (2003) relatam ainda os efeitos positivos na associação de fungos micorrízicos arbusculares com as raízes, aumentando a capacidade na absorção de nutrientes pelas plantas, principalmente fósforo.

4.4 Nitrogênio

O nitrogênio é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pela maioria das culturas. Sua importância é conhecida pelas funções exercidas no metabolismo das plantas, participando como constituinte de proteínas, enzimas, ácidos nucléicos, citocromos, moléculas de clorofila, etc., além de ser considerado um dos fatores mais relevantes para o aumento da produção (MARSCHNER, 1995). Esse nutriente influencia a taxa de emergência, de expansão e duração da área foliar, conseqüentemente, atua na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, bem como no uso eficiente desta e nos seus efeitos sobre a taxa fotossintética (ARAÚJO et al., 2004). Além disso, o nitrogênio é responsável por características do porte da planta, tais como tamanho de folhas e do colmo, que são fatores intrínsecos à produção de massa seca e valor nutritivo da planta.

Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente. Dada a sua importância e a alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado, no sentido de maximizar a eficiência do seu uso. Para tanto, tem-se procurado diminuir as perdas de nitrogênio no solo, bem como melhorar a absorção e a metabolização do N no interior da planta (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000). A eficiência da adubação nitrogenada é dependente de condições climáticas, tipo de solo, acidez, conteúdo de argila, cultivares, cultura anterior, distribuição de chuvas, níveis de fertilização nitrogenada e sua interação com outros nutrientes (OLIVEIRA et al., 2002).

4.4.1 Nitrogênio no sistema de semeadura direta

O maior reservatório de N nos solos está ligado a cadeias carbônicas constituindo a matéria orgânica, em formas não diretamente disponíveis para as plantas. O teor total desse elemento na camada superficial (0-20 cm) varia em geral de 0,05 a 0,5%, o que equivale de 1000 a 10000 kg ha⁻¹. Geralmente, menos de 5% do N total está em formas inorgânicas como o íon amônio (NH₄⁺) e o íon nitrato (NO₃⁻), sendo as formas absorvidas pelas plantas (SÁ, 1997).

No sistema de semeadura direta a deposição superficial de resíduos vegetais e a não incorporação desses ao solo contribuem para a diminuição das perdas de

matéria orgânica por erosão e mineralização microbiológica. Como consequência do aumento da cobertura do solo e do teor de matéria orgânica, as quantidades de N presente no solo (SIDIRAS & PAVAN, 1985; BAYER & MIELNICZUK, 1997; RHEINHEIMER et al., 1998) e nos resíduos vegetais mantidos na superfície do solo se elevam, constituindo-se nos principais reservatórios de N para as culturas em sistema de semeadura direta, especialmente para aquelas que não fixam N_2 da atmosfera (OLIVEIRA et al., 2002).

A disponibilidade de N para as culturas em sistema de semeadura direta dependerá, em grande parte, da dinâmica de decomposição da matéria orgânica e dos resíduos vegetais na superfície do solo. Além disso, devido às transformações microbiológicas por que passa no solo, o nitrogênio está sujeito a perdas por lixiviação, volatilização e desnitrificação, constituindo-se, na forma de NO_3^- , quando em excesso, um eventual poluente de mananciais d'água (LOPES et al., 2005). Assim, as diferentes formas de N orgânico e inorgânico do solo estão em equilíbrio dinâmico, de modo que seu comportamento é muito complexo (SÁ, 1997; OLIVEIRA et al., 2002). A quantidade de N disponível para as culturas dependerá do balanço líquido do N inorgânico/ N orgânico, favorável à disponibilização de maior quantidade de N inorgânico para as culturas, ainda que em forma temporária.

Para Oliveira et al. (2002) o tipo ideal de cobertura do solo, após o manejo das espécies, é aquele cuja taxa de decomposição dos resíduos é compatível com a manutenção do solo protegido contra os agentes erosivos por maior período de tempo e com o fornecimento de N sincronizado com sua demanda de N pelas culturas comerciais implantadas em sucessão. Campos (2004) relatou que as braquiárias e outras pastagens podem ser recomendadas para a fase inicial da formação da palhada porque normalmente produzem grande quantidade de massa seca, geralmente, com relação C/N elevada superior a 40:1.

De acordo com Sá (1999), os efeitos das altas relações C/N tendem a ser mais expressivos nos primeiros anos de adoção do SPD e serão ainda maiores se o estágio de degradação do solo for elevado (perda do horizonte A, redução acentuada do teor de matéria orgânica em relação ao original e presença de camadas compactadas). Isso torna a demanda em N pela biomassa microbiana do solo e pelas culturas elevada, notadamente na fase inicial de crescimento, exigindo maiores doses de N para suprir as exigências nutricionais nessa fase. Assim, na avaliação do comportamento do nitrogênio, no solo, são mais

importantes os sistemas de manejo do solo e o fator tempo do que somente a cultura antecessora.

4.4.2 Adubação nitrogenada nas culturas de milho, sorgo e pastagens

Em sistema de semeadura direta, principalmente na integração agricultura-pecuária, tem-se utilizado as mesmas doses preconizadas no sistema convencional de preparo de solo, precisando de dados de pesquisas consistentes para definir a quantidade de fertilizantes no uso de gramíneas como cultura antecessora e sob condições de competição entre a cultura e a forrageira, principalmente em semeadura simultânea.

As quantidades de adubo nitrogenado a serem aplicadas são muito variáveis, dependendo da cultura, variedade e produtividade esperada. Como o milho pode incrementar favoravelmente a produtividade de grãos até 150-200 kg ha⁻¹ de N (ARAÚJO et al., 2004), as quantidades recomendadas variam conforme o manejo da cultura (LARA CABEZAS et al., 2004), isto é, levando em conta os outros fatores de produção como cultivar (JAKELAITIS et al., 2005), época de semeadura (MAR et al., 2003), cultura anterior (ROSOLEM et al., 2004) e produtividade esperada (RAIJ & CANTARELLA, 1997).

A absorção de N pelas plantas de milho ocorre em todo seu ciclo vegetativo, sendo pequena no primeiro mês, aumenta consideravelmente a partir daí, atingindo taxa superior a 4,5 kg ha⁻¹ de N por dia, durante todo o florescimento. Entre 25 e 45 dias, a planta de milho chega a acumular 43% do N que necessita e, entre as fases de desenvolvimento pleno, ainda vai absorver 31% de sua necessidade total.

Bull (1993) relatou a importância do correto fornecimento de N para o milho, pois o adequado fornecimento de nutrientes resultou na produção diária de 245 kg ha⁻¹ de massa de matéria seca reduzindo-se para apenas 82 kg ha⁻¹ na deficiência de N. Em sistema de semeadura direta têm-se obtido a produção máxima calculada com a aplicação de 96 kg ha⁻¹ de N (CAMPOS, 2004), 140 kg ha⁻¹ de N (LANGE et al., 2006) e 166 kg ha⁻¹ de N (SILVA et al., 2005). No entanto, alguns autores (ARAÚJO et al., 2004; JAKELAITIS et al., 2005) obtiveram incrementos lineares até dose de 240 kg ha⁻¹ de N.

Na cultura do sorgo granífero o acúmulo de nitrogênio ocorre quase linearmente até a maturação, sendo o elemento que mais freqüentemente limita a produção. Dessa forma, há vários trabalhos demonstrando a responsividade do sorgo granífero à

adubação nitrogenada (AZEREDO et al., 1976; DANTAS & MALAVOLTA, 1983; ROSOLEM et al., 1985; MUCHOW, 1990; CHIELLE et al., 2000). A resposta a adubação nitrogenada é muito variável, e está condicionada, principalmente, ao material genético, ao nível de produtividade, ao teor de matéria orgânica do solo e a disponibilidade hídrica à cultura.

Para a cultura do sorgo têm sido relatado aumento à doses de até 240 kg ha⁻¹ de N (MUCHOW, 1990) com produtividade de grãos de 6210 kg ha⁻¹. Azeredo et al. (1976) constataram produtividade de grãos de 6023 kg ha⁻¹ com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N. Esse nível de produtividade de grãos (6000 kg ha⁻¹), Dantas & Malavolta (1983) alcançaram com a aplicação de 70 kg ha⁻¹ de N. Rosolem et al. (1985) verificaram resposta com a aplicação de 114 kg de N ha⁻¹, atingindo 5551 kg ha⁻¹ de grãos. Chielle et al. (2000), estudando adubação nitrogenada em sorgo granífero, constataram que doses crescentes de nitrogênio (65, 130, 195 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura teve correlação positiva na composição da maioria dos aminoácidos das proteínas incorporadas aos grãos.

Assim como no milho e sorgo, o nitrogênio é o principal macronutriente limitante à produtividade das pastagens, principalmente aquelas formadas por espécies do gênero *Brachiaria* e *Panicum*. A adubação nitrogenada, mediante o fornecimento de nitrogênio prontamente disponível às plantas, tem revelado significativa influência sobre diversos parâmetros quantitativos e qualitativos inerentes ao manejo das pastagens (Corsi, 1993). O nitrogênio é responsável por características do porte da planta, tais como tamanho das folhas e do colmo e aparecimento e desenvolvimento dos perfilhos. Com baixo teor de nitrogênio no solo, o crescimento da planta é lento, apresentando porte pequeno e com poucos perfilhos, e a concentração de proteína não atende as exigências para alimentação animal.

Alvim et al. (1990), ao desenvolverem estudo com a produção de forragem de pastagem do gênero *Brachiaria*, verificaram que houve resposta favorável até a dose de 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹, e que o cultivar marandu foi o que apresentou a maior produção de massa de matéria seca, com o emprego da adubação nitrogenada. Já Carvalho et al. (1991) e Pietrosemoli et al. (1996) citados por Jakelaitis et al. (2005) observaram respostas positivas na produção de forragem de *B. decumbens* e *B. brizantha*, quando submetidas às doses de N de até 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Neste contexto, fica evidente a importância da adubação nitrogenada na cultura do milho e sorgo, principalmente em sistemas de cultivos consorciados. Contudo, estudos sobre o manejo da adubação nitrogenada sobre a cultura principal e o comportamento da planta forrageira no sistema de cultivo consorciado em semeadura direta são ainda escassos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização da área experimental e caracterização do local

Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas de 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), apresentando como coordenadas geográficas 48° 23' de longitude Oeste de Greenwich e 22° 51' de latitude Sul, com altitude de 765 metros.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa, que se caracteriza pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO & DRUGOWICH, 1994).

Os dados diários referentes às temperaturas máxima, mínima e precipitação pluvial durante a condução do experimento, coletados na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Lageado, pertencente ao Departamento de Recursos Naturais – Setor de Climatologia, estão contidos nas Figuras 1 e 2.

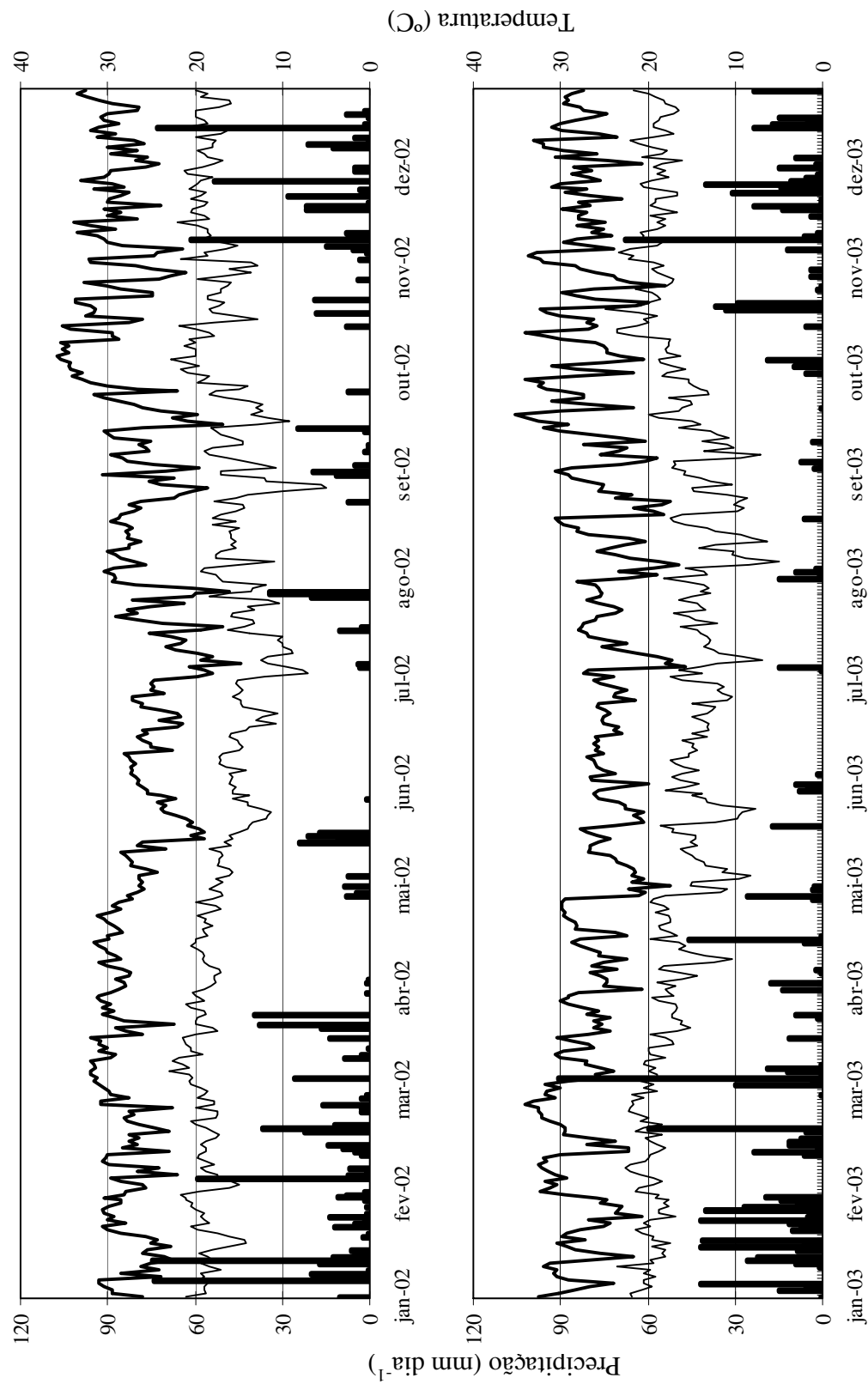


Figura 1. Precipitação pluviual (■), temperaturas máxima (—) e mínima (___), registradas durante a condução dos experimentos, nos anos de 2002 e 2003.

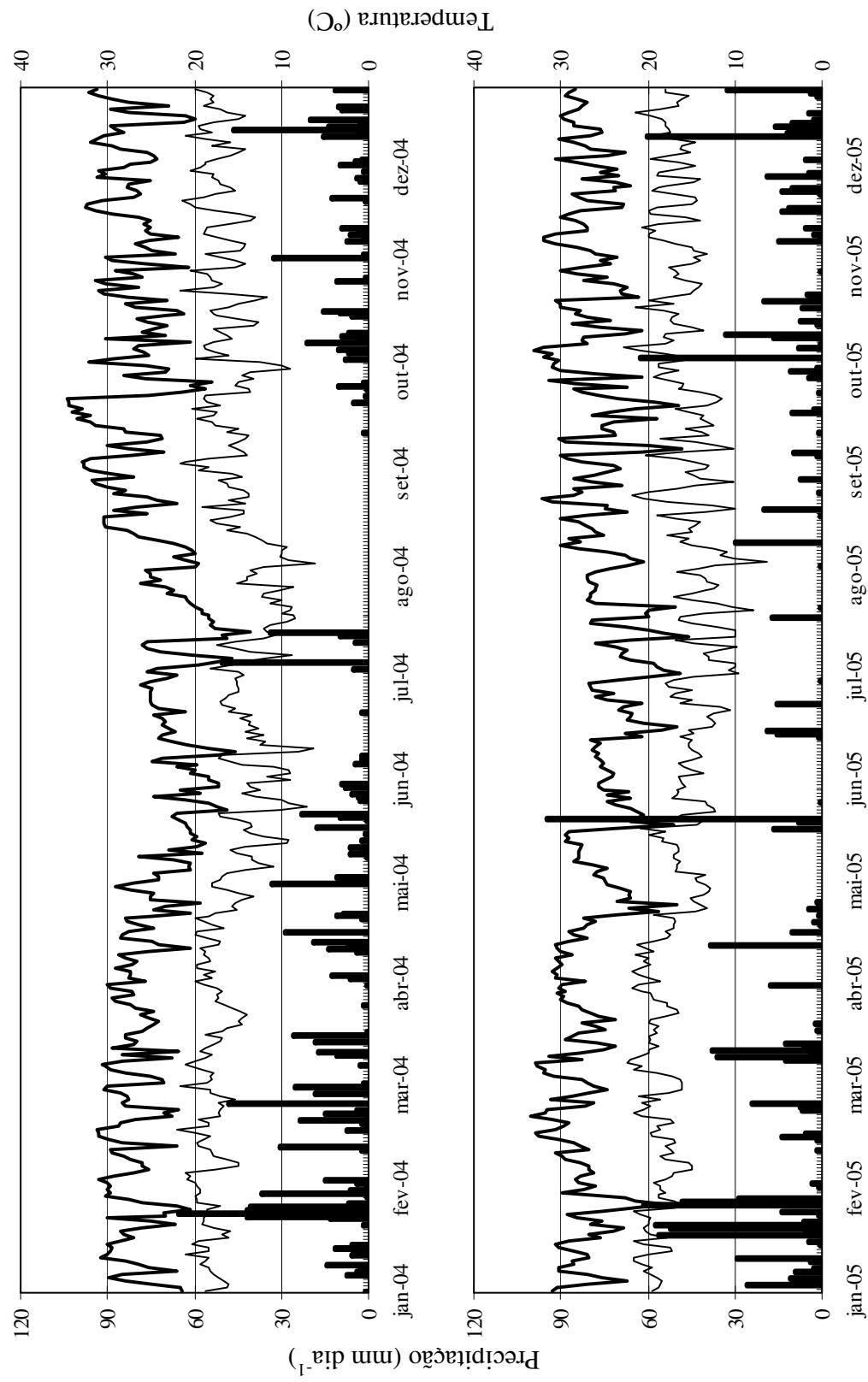


Figura 2. Precipitação pluviual (■), temperaturas máxima (—) e mínima (---), registradas durante a condução dos experimentos, nos anos de 2004 e 2005.

5.2 Caracterização do solo e histórico da área experimental

Mediante levantamento detalhado realizado por Carvalho et al. (1983) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1999), o solo da área experimental é denominado como Latossolo Vermelho distrófico, o qual foi manejado durante 5 anos em sistema de semeadura direta (1997/98 – milho/aveia preta, 1998/99 – soja/milho safrinha, 1999/00 – milho/aveia preta, 2000/01 – soja/aveia preta, 2001/02 – milho/aveia preta).

Em julho de 2002 amostrou-se o solo, na profundidade de 0-0,20 m, para realização de análise química para o cálculo de necessidade de calagem, e nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, objetivando caracterizar mais detalhadamente a área experimental. As análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001), cujos resultados estão contidos na Tabela 1. De acordo com os resultados revelados pela análise química do solo na profundidade de 0-20cm, fez-se a calagem em área total superficialmente, em 15/10/2002, sobre o resíduo vegetal remanescente na área, por meio de distribuidor tipo cocho, na quantidade de 4 t ha⁻¹. O calcário aplicado foi o dolomítico com PRNT de 72%, com o objetivo de elevar a saturação por bases a 70%, seguindo a recomendação de Raij et al. (1996).

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área antes da instalação do experimento.

Prof. (m)	pH (CaCl ₂)	M.O. (g dm ⁻³)	P (resina) (mg dm ⁻³)	H+Al -----	K (mmol _c dm ⁻³)	Ca	Mg	CTC -----	V %
0-0,20	4,8	23	19	55	1,8	19	13	89	38
0-0,05	4,9	24	7	39	2,1	22	11	74	48
0,05-0,10	5,0	24	17	36	1,4	22	12	72	50
0,10-0,20	4,3	23	12	63	0,7	15	9	87	28
0,20-0,40	4,3	22	8	73	0,7	14	7	94	23

Nas amostras coletadas também realizou-se análise granulométrica do solo, nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m (Tabela 2).

Tabela 2. Características granulométricas do solo da área antes da instalação do experimento.

Profundidade	Areia	Argila	Silte	Textura do solo
(m)	(g kg ⁻¹)			
0-0,05	240	650	110	Argilosa
0,05-0,10	220	650	130	Argilosa
0,10-0,20	260	650	90	Argilosa
0,20-0,40	250	650	100	Argilosa

5.3 Delineamento experimental e tratamentos empregados

Para os experimentos com milho e sorgo, foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram representadas por três sistemas de cultivo da cultura (CS - cultivo da cultura solteira, CB - cultivo da cultura com *B. brizantha* na linha de semeadura e CP - cultivo da cultura com *P. maximum* na linha de semeadura) e as subparcelas por quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N), utilizando-se como fonte uréia. Cada subparcela foi constituída por 10 linhas de 10 m de comprimento, espaçadas em 0,45 m, perfazendo uma área total de 45 m². Para as avaliações foram consideradas as 8 linhas centrais, sendo que 1 m da extremidade de cada linha de plantas e as duas linhas externas constituíram-se na bordadura.

5.3.1 Híbrido de milho

O híbrido de milho utilizado foi o 30F90, tendo como principais características: híbrido simples, elevado potencial produtivo para grãos e silagem, alta produtividade de energia por área. Quanto ao nível de tolerância a doenças, apresenta-se

moderadamente resistente a *Puccinia sorghi*, doenças de colmo e enfezamento “*Corn stunt*”, e moderadamente susceptível a *Phaeosphaeria maydis*. Mostra-se susceptível a doenças de grãos e *Cercospora zeae-maydis*. A densidade populacional adequada varia de 60.000 a 65.000 plantas por hectare, independentemente do espaçamento entrelinhas. O híbrido 30F90 é indicado para o cultivo nos Estados de SP, GO, MG, MS e MT (PIONEER, 2005).

5.3.2 Híbrido de sorgo

O híbrido de sorgo utilizado foi o 8118, tendo como principais características: híbrido simples, indicado para produção de grãos, porte médio de plantas e ciclo médio. Quanto ao nível de tolerância a doenças, apresenta-se moderadamente resistente a ferrugem (*Puccinia purpurea*) e helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), e moderadamente susceptível a antracnose (*Colletotrichum graminicola*). Mostra-se susceptível a doença açucarada do sorgo (*Claviceps africana*). A densidade populacional adequada varia de 120.000 a 160.000 plantas por hectare. O híbrido 8118 é indicado para o cultivo nos Estados de SP, GO, MG, MS e MT (PIONEER, 2005).

5.3.3 Espécies forrageiras

5.3.3.1 *Brachiaria brizantha*

A espécie utilizada foi a *Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu, tendo como centro de origem a África tropical, podendo atingir de 1,5 a 2,5m de altura em condições de livre crescimento. Possui perfilhos predominantemente eretos e folhas com bainha inteiramente pilosa, lâmina foliar glabra na face abaxial e com pêlos curtos e esparsos na face adaxial, conferindo aspereza (NUNES et al., 1985). Apresenta ampla adaptação climática até 3000m de altitude. A temperatura máxima ideal para seu desenvolvimento se encontra na faixa de 35°C, temperatura mínima de 15°C e boa tolerância ao frio (SKERMAN & RIVEROS, 1990). Tem sido recomendada para solos de média a boa fertilidade, tolerando condições de acidez moderada (SANTOS JÚNIOR, 2001). Apresenta adequado valor

forrageiro e alta produção de massa seca, além de ser resistente à cigarrinha das pastagens (SOARES FILHO et al., 2002).

5.3.3.2 *Panicum maximum*

O *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça é originário da África tropical (BOGDAN, 1977), seu habitat abrange altitudes desde o nível do mar até 1.800 m. O *Panicum maximum* sempre despertou muito interesse, provavelmente devido à alta produtividade e ampla adaptabilidade (JANK, 1995). Gramínea de crescimento ereto, sem pelos ou hípida, perene, com colmos delicados ou robustos, e altura variando de 0,75 a 2,0 m. As lâminas das folhas são lineares, com 12 a 50 cm de comprimento e 12 a 35 mm de largura, planas, glabras ou pilosas, acuminadas. A inflorescência é uma panícula bem ramificada, oblonga ou piramidal, com 12 a 45 cm de comprimento, tendo os ramos inferiores verticilados. As espiguetas são oblongas, com 3,0 a 4,5 mm de comprimento, glabras ou pubescentes, obtusas ou agudas. Durante a década de 70 foi a forrageira mais plantada no Brasil sendo posteriormente substituída por braquiárias. Devido ao seu tipo de crescimento não oferece boa cobertura do solo, o que facilita o surgimento de invasoras. Essa característica, aliada à elevada exigência em fertilidade do solo resulta em decréscimo da produção ao longo do tempo (NASCIMENTO & RENVOIZE, 2001).

5.4 Instalação e condução dos experimentos

Em 22/10/2002, fez-se a semeadura de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) em área total, na quantidade de 20 kg de sementes ha⁻¹, com a finalidade de produção de cobertura vegetal para a sustentabilidade do sistema de semeadura direta. Momento antes da semeadura das culturas de milho e sorgo, aplicou-se herbicida dessecante a base de Glifosate (Roundup WG), na dose de 1800 g i.a. ha⁻¹, utilizando volume de aplicação de 250 L ha⁻¹. Este procedimento foi realizado por meio de pulverizador tratorizado de barras com 12m de comprimento, e bicos leque 110.02 espaçados de 0,50 m.

A semeadura da cultura do milho solteiro e em consórcio com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*, em todos os anos agrícolas, foi realizada no mês

de dezembro, por meio de semeadora de semeadura direta, modelo Personalle Drill 13 Semeato, na densidade de 2,7 sementes por metro de sulco e, espaçamento de 0,45 m entrelinhas, correspondendo aproximadamente 60.000 sementes ha^{-1} . No caso da *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*, adotou-se a quantidade de 2,5 kg de sementes puras viáveis ha^{-1} , para ambas forrageiras, tendo valor cultural (VC) de 32 e 28 %, respectivamente. As sementes foram misturadas ao adubo e acondicionadas no compartimento de fertilizante da semeadora, e colocadas na profundidade de 8 e 6 cm para braquiária e *P. maximum*, respectivamente, localizando-se desta forma abaixo da semente de milho, seguindo as recomendações de Kluthcouski et al. (2000). Vale ressaltar que na safra 2002/03 não se implantou os tratamentos com *Panicum maximum*. De modo geral, a emergência das plântulas de milho ocorreu em cinco dias após a semeadura e das forrageiras quinze dias.

A adubação mineral de semeadura constou da aplicação de 24 kg ha^{-1} de N, 84 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 48 kg ha^{-1} de K_2O , correspondendo aproximadamente 300 kg ha^{-1} do fertilizante formulado 8-28-16 (RAIJ & CANTARELLA, 1997).

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado, aplicando herbicida a base de Atrazina (Gesaprim 500), na dose de 1000 g i.a. ha^{-1} , por meio de pulverizador tratorizado de barra, utilizando bicos do tipo leque espaçados em 0,50 m. Simultaneamente, realizou-se o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) aplicando inseticida químico a base de Deltamethrine (Decis 50), na proporção de 5 g i.a. ha^{-1} .

Quando a cultura do milho atingiu o estágio de 6 folhas totalmente desdobradas, procedeu-se à adubação de cobertura, sendo realizada por meio de adubador de cobertura para semeadura direta, modelo CPD-Marchesan, no espaçamento de 0,45 m e 5 cm de profundidade.

A semeadura da cultura do sorgo solteiro e em consórcio com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*, em todos os anos agrícolas, foi realizada no mês de dezembro, por meio de semeadora de semeadura direta, modelo Personalle Drill 13 Semeato, na densidade de 9 sementes por metro de sulco e, espaçamento de 0,45 m entrelinhas, correspondendo aproximadamente 200.000 sementes ha^{-1} . No caso das forrageiras adotou-se o mesmo procedimento do descrito no experimento de milho. Vale ressaltar que na safra 2002/03 não se implantou os tratamentos com *Panicum maximum*. De modo geral, a emergência das plântulas de sorgo ocorreu em cinco dias após a semeadura e das forrageiras

quinze dias, em virtude da maior profundidade de semeadura em comparação com a semente de sorgo.

A adubação mineral de semeadura constou da aplicação de 16 kg ha⁻¹ de N, 56 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 32 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondendo aproximadamente a 200 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 8-28-16 (CANTARELLA et al., 1997).

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado, aplicando herbicida a base de Atrazina (Gesaprim 500), na dose de 1000 g i.a. ha⁻¹, por meio de pulverizador tratorizado de barra, utilizando bicos do tipo leque espaçados em 0,50 m. Simultaneamente, realizou-se o controle do pulgão verde (*Schizaphis graminum*) aplicando inseticida químico a base de Chlorpyrifos (Lorsban 480 BR), na proporção de 360 g i.a. ha⁻¹.

Aos 30 dias após a emergência do sorgo, procedeu-se a adubação de cobertura, sendo realizada por meio de adubador de cobertura para semeadura direta.

É importante ressaltar que na safra agrícola de 2002/03 não houve a instalação dos tratamentos com *Panicum maximum*, e em todos os anos agrícolas os tratamentos foram alocados na mesma área.

5.5 Obtenção dos dados

5.5.1 Diagnose foliar do milho e do sorgo

No pendoamento das plantas de milho, correspondente ao estágio 4 na escala de Fancelli & Dourado Neto (2000), foram realizadas amostragens de folhas, coletando-se o terço central da folha da base da espiga, em 30 plantas por subparcela, visando a determinação da diagnose foliar (CANTARELLA et al., 1997).

No florescimento pleno das plantas de sorgo, correspondente ao estágio 6 na escala de Vanderlip & Reeves (1972), foram realizadas amostragens de folhas, coletando-se a folha +4 (quarta folha com a bainha visível contada a partir do ápice), em 30 plantas por subparcela, visando a determinação da diagnose foliar (CANTARELLA et al., 1997).

Todas as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar à 60°C, até atingirem peso constante, e posteriormente moídas. Em seguida, os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, foram determinados de acordo com os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

5.5.2 Características agronômicas do milho e do sorgo e produtividade de grãos

Altura da planta (cm)

Milho - Distância compreendida entre o nível do solo e a inserção do pendão floral. Foi determinada no momento da colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por subparcela.

Sorgo - Distância compreendida entre o nível do solo e a inserção da panícula. Foi determinada no momento da colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por subparcela.

Altura da inserção da espiga e da panícula (cm)

Distância compreendida entre o nível do solo e a inserção da primeira espiga. Foi determinada no momento da colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por subparcela.

Diâmetro do colmo (mm)

Diâmetro do colo da planta. Avaliaram-se 10 plantas ao acaso por subparcela pelo uso de paquímetro digital.

Estande final

Contagem do número de plantas contidos nas duas linhas centrais em 10,0 m de fileira de cada subparcela e calculado por hectare, no momento da colheita.

Índice de espiga e fertilidade de colmos

Índice de espiga - Determinado por meio da relação: número de espigas pelo número de plantas, no momento da colheita.

Fertilidade de colmos - Determinada por meio da relação: número de panículas pelo número total de plantas, no momento da colheita.

Número de grãos por espiga

Contagem do número de grãos em 10 espigas escolhidas aleatoriamente provenientes da área útil de cada subparcela, no momento da colheita.

Massa de 100 e massa de 1000 grãos

Milho - Determinada por meio da coleta ao acaso e da pesagem de oito amostras de 100 grãos de cada subparcela (130 g kg^{-1}).

Sorgo - Determinada por meio da coleta ao acaso e da pesagem de oito amostras de 1000 grãos de cada subparcela (130 g kg^{-1}).

Produtividade de grãos

A colheita do milho foi efetuada manualmente, coletando-se todas as espigas na área útil de cada subparcela. A seguir, foi realizada a trilha mecânica e determinada a massa dos grãos colhidos, sendo calculada a produtividade de grãos por hectare (130 g kg^{-1}).

Para a colheita do sorgo realizou-se a colheita mecânica das quatro linhas centrais de cada subparcela, realizada com colhedora própria de experimentos, modelo Nurserymaster da Wintersteiger, determinou-se a massa dos grãos colhidos e foi calculada a produtividade de grãos por hectare (130 g kg^{-1}).

5.5.3 Produção de massa de matéria seca e diagnose foliar de N

Após a colheita da cultura do milho e do sorgo foram realizadas amostragens, nos meses de julho e outubro, para determinação da produção de massa de

matéria seca de *B. brizantha* e *P. maximum*. Para esta avaliação, procedeu-se o corte da parte aérea das plantas com auxílio de roçadora mecânica manual, em 2 m² por parcela, a uma altura de 25cm da superfície do solo. O material coletado foi secado em estufa de circulação forçada de ar à 60°C; em seguida, foi realizada a pesagem e a transformação dos dados em kg ha⁻¹. Na última avaliação da produção de massa de matéria seca das forrageiras realizou-se a moagem do material, no qual foi determinado o teor de N, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Após o corte, todas as parcelas foram submetidas à uniformização de altura das forrageiras com auxílio de triturador horizontal tratorizado, adotando como referência 25 cm em relação ao do solo.

5.3.5.4 Alterações dos atributos químicos do solo

Após três safras agrícolas, em julho de 2005, os atributos químicos do solo foram determinados. Para tal, os blocos foram divididos em 2 totalizando 8 blocos, realizaram-se avaliações da fertilidade do solo nas subparcelas que receberam a dose de 100 kg ha⁻¹ de N, com a utilização de trado tipo calador, retirando-se seis amostras simples por subparcela, formando-se amostras compostas das camadas de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 cm de profundidade. Determinou-se pH (CaCl₂), M.O., H+Al, K, Ca, Mg, e calculou-se SB, CTC e V%, segundo a metodologia descrita em Raij et al. (2001).

5.3.5.5 Análise econômica dos tratamentos

A metodologia para o cálculo do custo foi baseada no custo operacional total (COT), desenvolvida pelo Instituto de Economia Agrícola (considerações adicionais podem ser vistas em MATSUNAGA, 1976).

Para estimar a lucratividade dos tratamentos, foi estimada a receita bruta como o produto da produção pelo preço de venda; o lucro operacional pela diferença entre a receita bruta e o custo operacional total e o índice de lucratividade igual à proporção da receita bruta que se constitui em recursos disponíveis (MARTIN, 1997).

Considerou-se a média da produtividade dos anos agrícolas 2003/04 e 2004/05 para a elaboração dos indicadores de lucratividade.

A máxima eficiência econômica foi obtida através da derivada primeira da função de cada sistema de cultivo, igualando-a à relação de custos unitários do fertilizante nitrogenado pelo preço do produto, segundo Raij (1991). No caso, considerou-se o preço do N-uréia e do milho pago na região de Botucatu-SP, obtendo-se a relação de 11,10/1.

Para o preço da saca da cultura do sorgo considerou-se 70% do valor obtido do milho.

5.7 Análises estatísticas

Todos os dados de cada variável determinada foram submetidos à análise de variância. Para os tratamentos de sistema de cultivo (SC) realizou-se comparação de médias pelo Teste LSD, e para doses de nitrogênio (DN) e a interação DN x SC realizou-se análise de regressão. De posse dos resultados da análise de regressão optou-se pela equação mais adequada, levando-se em consideração primeiramente o efeito significativo dos modelos obtidos e em seguida verificando-se o de melhor ajuste através do maior valor do coeficiente de determinação (R^2). Nos tratamentos sem diferença significativa foi traçada linha de tendência passando pela média, mantendo-se os pontos originais.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio das Figuras 1 e 2 pode-se verificar que a disponibilidade hídrica foi favorável para o crescimento e desenvolvimento das plantas de milho e sorgo. Entre os meses de dezembro até fevereiro dos três anos agrícolas foram registrados quantidades superiores a 600 mm de chuva, sendo superior a quantidade requerida da cultura que são de 350 a 500 mm no verão (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000; MAGALHÃES et al., 2000).

6.1 Experimento com milho

Ressalta-se que na safra agrícola de 2002/03 não houve a instalação dos tratamentos com *Panicum maximum*. Desta forma, serão apresentados e discutidos primeiramente os resultados da safra agrícola de 2002/03, e após os das safras 2003/04 e 2004/05.

6.1.1 Diagnose foliar do milho

Os resultados da diagnose foliar do milho, referente aos macronutrientes, estão contidos na Tabela 3. Os teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio foram afetados pela interação dos fatores sistemas de cultivo e doses de N. Quanto

ao enxofre houve efeito isolado dos fatores aplicados. Já para o potássio não houve efeito significativo dos tratamentos.

O teor de N apenas no cultivo solteiro aumentou com a adubação nitrogenada, de forma quadrática (Figura 3a), com a dose máxima estimada em 141 kg ha^{-1} . No sistema consorciado, a adubação nitrogenada não alterou essa característica. Com exceção do cultivo solteiro até a dose estimada de 15 kg ha^{-1} , todos os teores foliares de N situaram-se acima do considerado adequado para a cultura do milho (CANTARELLA, 1997), caracterizando consumo de luxo conforme classificação de Malavolta (1997). Isso provavelmente ocorreu devido ao sistema de semeadura direta empregado por vários anos na área experimental, o qual estaria fornecendo os nutrientes pela ação dos microrganismos decompositores, promovendo a mineralização destes com o decorrer do tempo. Comportamento semelhante foi observado para o teor de P (Figura 3b), sendo que no sistema de cultivo solteiro a resposta foi linear com o incremento de doses de N, variando de 2,9 a $3,5 \text{ g kg}^{-1}$. Ressalta-se que todos os teores encontram-se na faixa adequada para a cultura do milho (CANTARELLA, 1997). Segundo Muzilli (1983), no sistema de semeadura direta há maior disponibilidade de P atribuída ao não revolvimento do solo, o que reduz a fixação deste nutriente, e também à decomposição lenta e gradual da matéria orgânica do solo, o que disponibiliza este nutriente ao longo do ciclo da cultura.

Para o teor de K não se verificou efeito dos sistemas de cultivos (Tabela 3), bem como da adubação nitrogenada (Figura 3c). Apesar da adubação potássica de semeadura ter sido realizada para obtenção de alta produtividade e o teor de K do solo ser considerado médio, tal efeito não se refletiu no tecido foliar, pois em todas as situações constataram-se teores abaixo da faixa adequada ($17 \text{ a } 35 \text{ g kg}^{-1}$) (CANTARELLA, 1997). Resultados obtidos por Pantano (2003) também demonstraram teores de K abaixo do considerado adequado, independentemente da modalidade de consórcio e espaçamento da cultura.

Com relação ao teor de Ca constatou-se efeito da interação desses fatores, sendo que no sistema de cultivo solteiro houve redução, de forma linear, com o incremento das doses de N (Figura 3d). Já no cultivo consorciado não houve efeito da adubação. De acordo com Lange et al. (2006), o efeito depressivo nos teores de Ca em função

do aumento das doses de N, pode ser atribuído à maior produção de massa de massa de matéria seca favorecendo o efeito diluição.

Quanto ao teor de Mg observa-se interação entre os fatores aplicados (Figura 3e), onde no sistema consorciado há resposta à adubação nitrogenada, o que não ocorre para o sistema solteiro. No entanto, em todos os tratamentos os valores encontram-se na faixa adequada para a cultura do milho (CANTARELLA, 1997).

Quanto ao teor de enxofre verifica-se efeitos isolados dos tratamentos (Tabela 3), sendo que no sistema de cultivo consorciado o teor de S foi superior ao obtido no solteiro, e para as doses de N (Figura 3f) constata-se que com incremento da adubação nitrogenada aumentou linearmente o teor do nutriente. Este resultado corrobora ao de Lange et al. (2006), sendo que os autores atribuem tal efeito às doses crescentes de N terem estimulado a mineralização dos resíduos vegetais que estavam sobre o solo, aumentando a disponibilidade de S. No entanto, mesmo com a maior dose de N não foi suficiente para a absorção adequada do S, pois todos os valores encontram-se no nível baixo para a cultura do milho (CANTARELLA, 1997).

Vale ressaltar que, em virtude da consorciação entre o milho e a *B. brizantha*, era esperado que pudesse ocorrer diferenças pronunciadas, principalmente, entre os sistemas de cultivos. No entanto, com exceção do K e S, os teores foliares estão dentro do intervalo ideal preconizado, evidenciando o efeito benéfico da rotação de culturas empregada por vários anos na área experimental, a qual devido o grande aporte de material vegetal na superfície do solo, disponibilizou gradualmente os nutrientes para as plantas de milho. A rotação de culturas melhora as condições físicas do solo, promovendo o crescimento de raízes e melhor uso do N do solo e do fertilizante (ARAÚJO et al., 2004). Além disso, a melhor absorção de nutrientes no sistema de semeadura direta relaciona-se, principalmente, a manutenção da umidade disponível no solo (CAIRES & FONSECA, 2000) e da menor oscilação de temperatura (MOROTE et al. 1990), sendo que estas influenciam diretamente no crescimento radicular, na absorção de íons e água, e nas atividades microbiológicas do solo (SIDIRAS & PAVAN, 1985). Neste contexto, pode-se inferir que o sistema Santa Fé implantado e conduzido de maneira adequada, não afeta a nutrição da cultura produtora de grãos.

Tabela 3. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do milho. Botucatu, SP, 2002/03.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
.....g kg ⁻¹						
Sistema de cultivo						
Solteiro	37,6 a	3,2 a	9,1 a	8,9 a	5,0 a	0,9 b
Consortiado	35,0 a	3,4 a	9,7 a	7,6 b	4,6 a	1,1 a
Valor de F para regressão						
Doses de N						
R.L.	1,20 ns	14,50**	0,09 ns	0,98 ns	0,64 ns	6,35*
R.Q.	0,76 ns	0,70 ns	0,17 ns	0,26 ns	0,26 ns	0,00 ns
SC x DN						
Solteiro						
R.L.	4,67*	11,18*	0,91 ns	5,03*	3,37 ns	2,95 ns
R.Q.	7,23*	2,25 ns	2,26 ns	0,68 ns	2,07 ns	0,51 ns
Consortiado						
R.L.	0,37 ns	0,14 ns	1,67 ns	0,59 ns	0,35 ns	4,25 ns
R.Q.	2,18 ns	0,46 ns	3,87 ns	2,51 ns	4,96*	0,52 ns
C.V. (%)						
SC	8,32	12,80	18,77	11,28	7,83	14,32
DN	7,85	5,50	10,40	14,66	14,19	19,19

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

** , * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

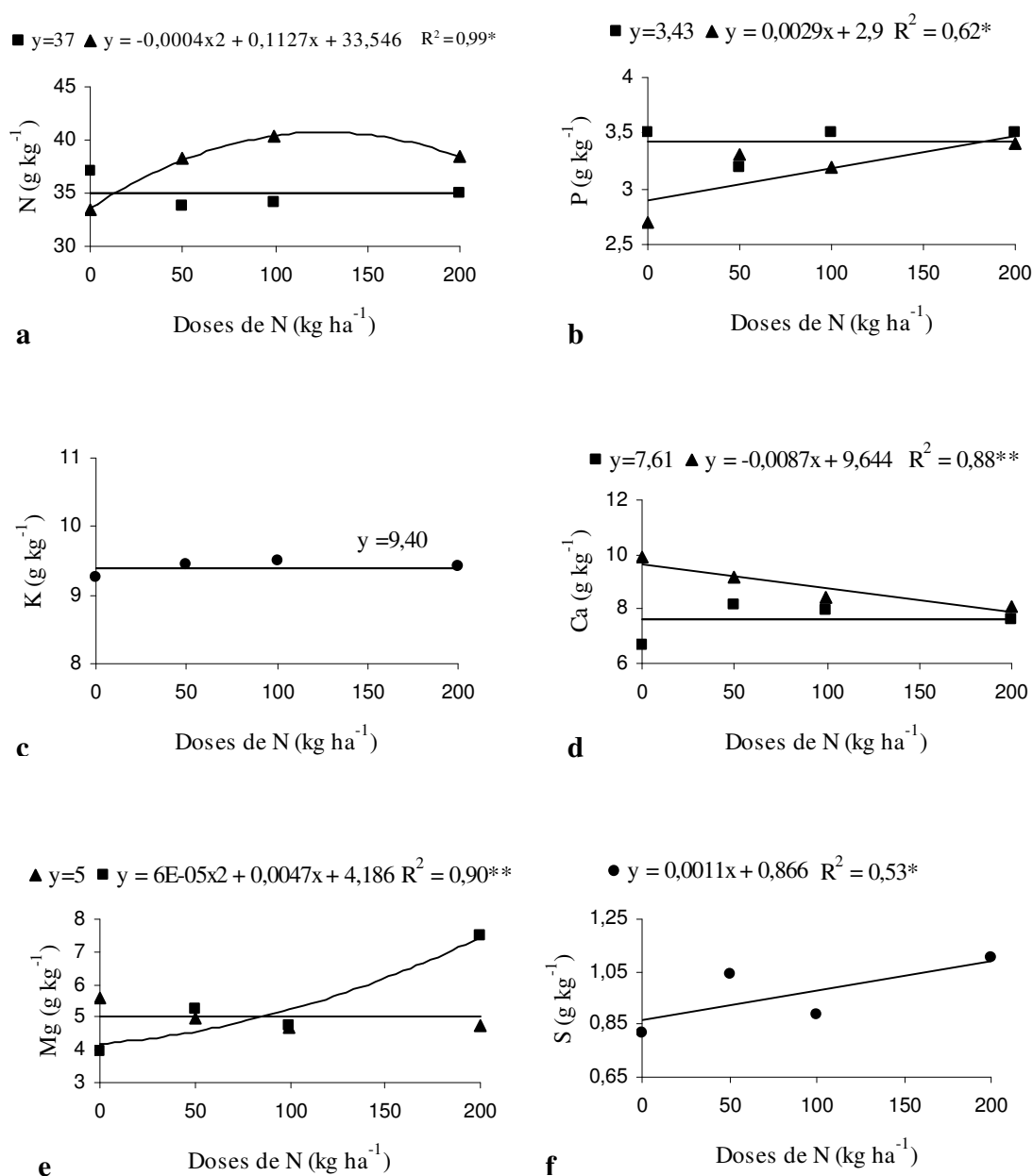


Figura 3. Diagnóse foliar de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) do milho, em função da adubação nitrogenada. ▲ sistema de cultivo solteiro ■ sistema de cultivo consorciado. Botucatu, SP, 2002/03.

Os resultados da diagnose foliar do milho, referente aos macronutrientes, no segundo e terceiro ano agrícola, estão contidos nas Tabelas 4 e 5. Verificou-se que, com exceção do cálcio no terceiro ano agrícola, todos os nutrientes foram afetados pela interação dos fatores, porém os teores de potássio e cálcio não foram afetados pelo fator isolado sistema de cultivo.

Na safra 2003/04, o teor de nitrogênio, em todos os sistemas de cultivo, aumentou de forma quadrática em função da adubação nitrogenada (Figura 4a), alcançando os maiores valores nas doses calculadas de 148, 155 e 185 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, para os sistemas solteiro, consorciado com *B. brizantha* e consorciado com *P. maximum*. Constatou-se, também, que para todas as doses de N aplicadas o cultivo solteiro proporcionou maior teor do elemento.

Ressalta-se que somente a partir das doses calculadas de 36, 83 e 107 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, para os sistemas solteiro, consorciado com *B. brizantha* e consorciado com *P. maximum*, o teor do elemento nas folhas estava em nível adequado para a cultura (27 a 35 g kg⁻¹) (CANTARELLA et al. 1997). Tal comportamento pode ser atribuído à maior demanda do nutriente nos sistemas consorciados, visto a grande exigência por este elemento em ambas as espécies. Entretanto, em todos os tratamentos, na ausência da adubação nitrogenada as folhas das plantas de milho apresentaram sintomas de deficiência de nitrogênio.

Com relação a safra 2004/05 verifica-se que, exceção ao sistema consorciado com *P. maximum* que aumentou linearmente, os teores de N incrementaram de forma quadrática às doses de N (Figura 4a'). Ressalta-se, também, que na dose de 110 kg ha⁻¹ de N, todos os sistemas de cultivo proporcionaram teores foliares dentro do nível adequado para a cultura do milho, apesar de estarem próximos ao limite mínimo adequado.

Tabela 4. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tratamentos	N		P		K	
	g kg ⁻¹					
	2003/04	2004/05	2003/04	2004/05	2003/04	2004/05
Sistema de cultivo						
Solteiro	30,7 a	23,2 b	1,9 a	1,9 b	15,3 a	16,7 b
<i>B. brizantha</i>	25,6 a	23,9 b	2,3 a	2,6 a	15,1 a	18,6 a
<i>P. maximum</i>	24,5 a	26,7 a	2,2 a	2,6 a	15,1 a	18,5 a
Valor de F para regressão						
Doses de N						
R.L.	347,75**	258,04**	99,19**	73,95**	2,33ns	24,60**
R.Q.	154,23**	30,60**	37,69**	7,95*	2,80ns	0,05ns
SC x DN						
Solteiro						
R.L.	202,10**	51,35**	35,84**	45,35**	0,46ns	50,23**
R.Q.	109,55**	20,34**	2,91ns	068ns	4,63*	0,04ns
<i>B. brizantha</i>						
R.L.	52,45**	79,90**	26,37**	10,90**	19,84**	0,10ns
R.Q.	48,93**	6,43*	27,18**	0,40ns	7,24*	0,12ns
<i>P. maximum</i>						
R.L.	93,77**	43,93**	24,36**	16,57**	1,00ns	0,99ns
R.Q.	10,75**	0,61ns	8,90**	10,06**	6,23*	0,78ns
C.V. (%)						
SC	8,52	7,33	10,31	11,65	6,06	4,25
DN	7,46	9,45	8,11	12,51	7,58	4,84

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

Tabela 5. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tratamentos	Ca		Mg		S	
	g kg ⁻¹					
	2003/04	2004/05	2003/04	2004/05	2003/04	2004/05
Sistema de cultivo						
Solteiro	3,7 a	4,3 a	2,9 a	2,2 a	2,3 a	1,5 b
<i>B. brizantha</i>	3,1 a	4,4 a	3,3 a	2,3 a	2,3 a	1,7 b
<i>P. maximum</i>	3,3 a	4,6 a	3,4 a	2,3 a	1,8 a	1,9 a
Valor de F para regressão						
Doses de N						
R.L.	25,24**	0,08ns	32,51**	7,93*	1,37ns	64,48**
R.Q.	0,19ns	2,19ns	0,35ns	0,10ns	13,28**	0,50ns
SC x DN						
Solteiro						
R.L.	9,28**	0,92ns	2,43ns	0,64ns	0,13ns	10,49**
R.Q.	0,48ns	3,86ns	1,00ns	0,12ns	18,42**	0,11ns
<i>B. brizantha</i>						
R.L.	0,08ns	1,88ns	24,01**	6,47*	5,89*	10,67**
R.Q.	0,03ns	0,00ns	0,01ns	1,03ns	2,60ns	0,02ns
<i>P. maximum</i>						
R.L.	25,53**	0,78ns	5,11*	2,53ns	0,00ns	12,40**
R.Q.	0,04ns	0,18ns	3,34ns	0,01ns	0,22ns	0,16ns
C.V. (%)						
SC	27,39	8,73	16,24	9,69	7,64	9,75
DN	23,95	9,63	11,13	9,55	7,92	14,57

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

Para o teor de fósforo constata-se, nas safras 2003/04 e 2004/05, incremento com o aumento da adubação nitrogenada, sendo que, exceto o consórcio com *B. brizantha* na safra 2004/05, os sistemas de cultivo consorciados ajustaram a uma função quadrática, sendo que no sistema de cultivo solteiro os incrementos foram lineares (Figuras 4b e 4b'). Embora tenha respondido linearmente, em todas as doses de N, o sistema de cultivo solteiro proporcionou os menores teores do nutriente.

Silva et al. (2003) relataram em solos cultivados com *B. brizantha*, menores teores de P nas frações pouco lábeis e maiores nas frações mais lábeis. De acordo com Silva et al. (1997), a capacidade máxima de adsorção de P em solos cultivados com *B. brizantha* é 22,2 % menor do que em solo descoberto. Tal diferença deve-se ao fato que em solo descoberto, grande parte da matéria orgânica sofre oxidação, em decorrência de sua exposição, liberando os sítios de adsorção dos óxidos.

Por outro lado, em solos cultivados com *B. brizantha*, com o aporte de palhada, acarretam em menor adsorção de P em decorrência dos maiores teores de matéria orgânica, o que comprova o efeito desta na redução da adsorção de P. Outro aspecto a ser destacado é que nestas condições de equilíbrio, a atividade microbiana é mais intensa pelo maior aporte de carbono orgânico e melhores condições ecológicas do meio, propiciando aos microrganismos o uso do P adsorvido nos óxidos de Fe e de Al e, conseqüentemente, a reciclagem deste nutriente.

Quanto aos teores de potássio, na Safra 2003/04, constata-se efeito da interação dos fatores, na qual observou-se ajustes quadráticos para os três sistemas de cultivos (Figura 4c). Já na Safra 2004/05 esse comportamento só foi significativo para o sistema de cultivo solteiro verificando incremento linear com a adubação nitrogenada (Figura 4c'). De acordo com Garcia et al. (2006), o sistema de cultivo de milho consorciado com *B. brizantha* promove a reciclagem de K, aumentando os teores de K trocável nas camadas superficiais do solo, principalmente na fase inicial de crescimento do milho. Esses mesmos autores verificaram absorção de K na forma não trocável no sistema envolvendo cultivo de *B. brizantha*. Já Rosolem et al. (2003) submeteram restos vegetais de aveia preta, milheto, sorgo, crotalaria juncea, *B. brizantha* e triticale à simulação de chuva, e observaram concentrações de K consideráveis na água percolada, com valores que variaram de 7 a 24 kg ha⁻¹ de K lixiviado

de uma cobertura equivalente a 8 t ha^{-1} de massa de matéria seca, sem que houvesse decomposição do material vegetal.

Quanto ao teor de cálcio constatou-se efeito linear para os sistemas de cultivo solteiro e consorciado com *P. maximum* (Figura 5d), e não houve resposta significativa para o sistema consorciado com *B. brizantha*. Já na Safra 2004/05, não se verificou efeito significativo de nenhum dos fatores aplicados (Figura 5d'). Neste contexto, Lange et al. (2006) não observaram efeito das doses de N sobre os teores foliares de Ca na cultura do milho. Pantano (2003), também, não constatou efeito de modalidades de sistemas de cultivos sobre a concentração foliar de cálcio.

Comportamento semelhante foi observado para os teores de magnésio, na safra 2003/04, embora o efeito tenha sido verificado somente nos sistemas de cultivos consorciados (Figura 5e). Na safra 2004/05 somente o sistema de cultivo consorciado com *B. brizantha* incrementou de forma linear às doses de N (Figura 5e'). Apesar dos efeitos verificados, em todos os tratamentos os valores encontram-se na faixa adequada para a cultura do milho (CANTARELLA, 1997). Jakelaitis et al. (2005) não observaram efeito da consorciação do milho com *B. brizantha*, bem como da adubação nitrogenada, no teor de Mg na cultura do milho.

Com relação ao teor de enxofre, na safra 2003/04, nota-se que não houve efeito da adubação nitrogenada para o sistema de cultivo consorciado com *P. maximum*, e nos sistemas consorciado com *B. brizantha* e solteiro, o comportamento foi linear e quadrático, respectivamente (Figura 5f). Já na safra 2004/05 houve resposta linear para todos os sistemas de cultivo, onde o sistema de cultivo consorciado com *P. maximum* alcançou os maiores teores em todas as doses de N (Figura 5f').

A diagnose foliar foi realizada, principalmente, com o intuito de verificar se a presença das forrageiras influenciariam os teores dos nutrientes na planta de milho. Desta maneira, o efeito depressivo desses elementos no ambiente, poderia ser atribuído pela maior demanda dos nutrientes ou mesmo por modificações do ambiente, como pH rizosférico, efeitos alelopáticos, devido a presença das forrageiras.

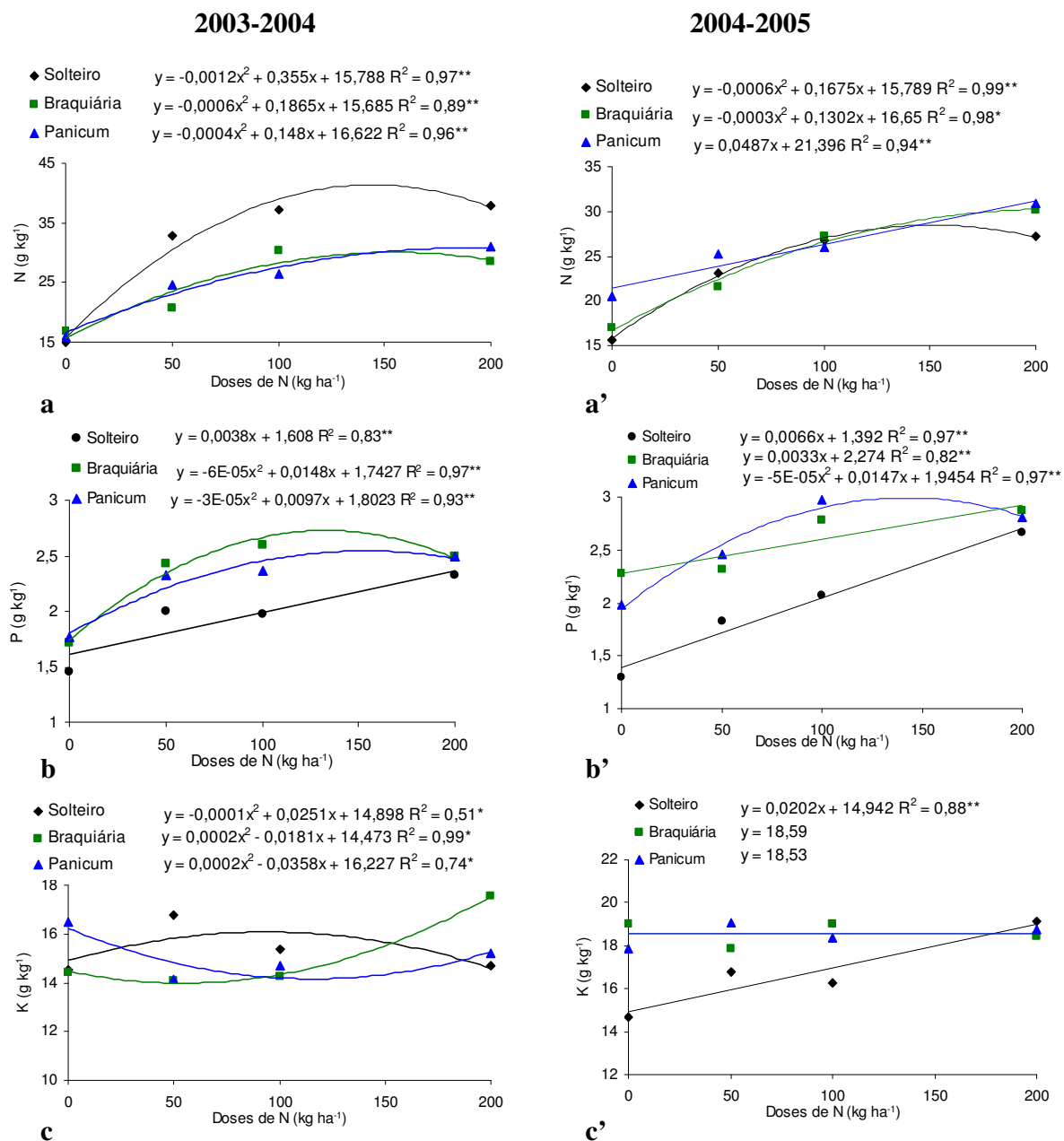


Figura 4. Diagnóstico foliar de nitrogênio (a, a'), fósforo (b, b') e potássio (c, c') na cultura do milho, em função da adubação nitrogenada. Botucatu, SP, 2005.

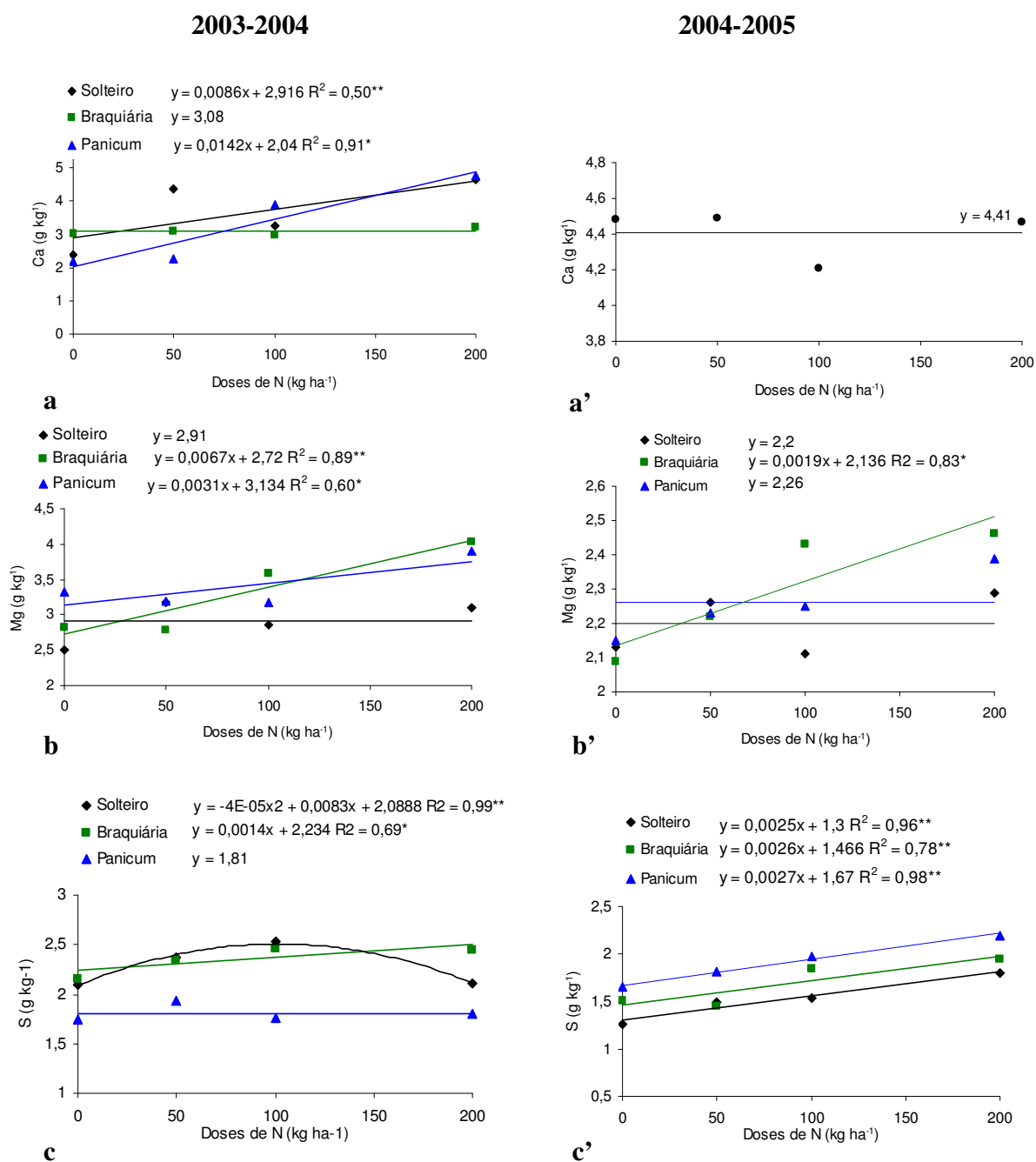


Figura 5. Diagnóse foliar de cálcio (a, a'), magnésio (b, b') e enxofre (c, c') na cultura do milho, em função da adubação nitrogenada. Botucatu, SP, 2005.

6.1.2 Características agronômicas do milho

Na Tabela 6 estão os resultados de altura de plantas, altura da inserção da espiga, diâmetro de colmo e produção de massa de matéria seca do milho em função do sistema de cultivo e da adubação nitrogenada. Constata-se efeito da interação dos fatores sistema de cultivo e doses de N somente para altura da inserção da primeira espiga. Já para variável diâmetro de colmo houve efeito de sistema de cultivo. No entanto, para altura de plantas e produção de massa de matéria seca não houve efeito significativo dos fatores aplicados.

Para a altura de plantas não se constatou efeito de sistema de cultivo (Tabela 6), demonstrando a inexistência da influência da *B. brizantha* nesta variável, mesmo quando semeado junto ao cereal, o que pode ser explicado pela baixa taxa de desenvolvimento inicial da forrageira (COBUCCI, 2003). Também, não houve efeito da adubação nitrogenada (Figura 6a), corroborando aos resultados obtidos por Ferreira et al. (2001).

Com relação à altura de inserção da espiga houve efeito da interação dos fatores aplicados (Figura 6b), sendo que no cultivo solteiro a altura da inserção da espiga aumentou linearmente com o incremento da adubação nitrogenada. Já no cultivo consorciado não houve efeito da adubação nitrogenada, obtendo a média de 117 cm de altura de inserção da espiga em todas as doses. De acordo com Borghi (2004), a altura da inserção da primeira espiga está diretamente relacionada com a altura de plantas, ou seja, plantas de maior altura resultam em maiores alturas de inserção da espiga, o que pode estar relacionado a fatores genéticos. Porém, no presente trabalho os resultados obtidos divergem da lógica apresentada pelo autor supracitado, uma vez que, não houve efeito na altura de plantas e a altura de inserção foi influenciada pelos fatores.

O sistema de cultivo afetou significativamente o diâmetro de colmos (Tabela 6), sendo que no cultivo consorciado as plantas tiveram maior diâmetro de colmo. Esse resultado discorda dos apresentados por Borghi (2004) que obteve menores diâmetros de colmo nos cultivos consorciados, e aos de Tsumanuma (2004) que não observou diferenças para as modalidades de cultivo. A adubação nitrogenada não influenciou essa variável (Figura 6c).

Tabela 6. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre altura de plantas, altura da inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo e produção de massa de matéria seca do milho. Botucatu – SP, 2003.

Tratamentos	Altura de Planta	Altura de Inserção da Espiga	Diâmetro de Colmo	M. S.
	cm	cm	mm	kg ha ⁻¹
Sistema de cultivo				
Solteiro	209 a	109 a	14,3 b	15991 a
Consortiado	227 a	117 a	16,9 a	17332 a
Valor de F para regressão				
Doses de N				
R.L.	0,27 ns	1,79 ns	0,04 ns	3,67 ns
R.Q.	1,07 ns	1,29 ns	0,23 ns	0,01 ns
SC x DN				
Solteiro				
R.L.	1,27 ns	4,81*	0,03 ns	1,47 ns
R.Q.	0,47 ns	1,52 ns	0,60 ns	0,10 ns
Consortiado				
R.L.	0,42 ns	0,03 ns	0,18 ns	1,65 ns
R.Q.	3,19 ns	0,22 ns	0,02 ns	0,03 ns
C.V. (%)				
SC	8,99	10,75	9,88	19,55
DN	3,60	14,59	7,78	17,04

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

No que se refere à produção de massa de matéria seca (MS), pode-se verificar que não houve efeito significativo da interação dos fatores sistemas de cultivo e de doses de N (Tabela 6), bem como não se constatou efeito isolado desses fatores (Figura 6d).

Esses resultados corroboram aos relatados por Kluthcouski & Aidar (2003), os quais não encontraram diferenças significativas na produção de massa de matéria seca do milho consorciado com *B. brizantha*.

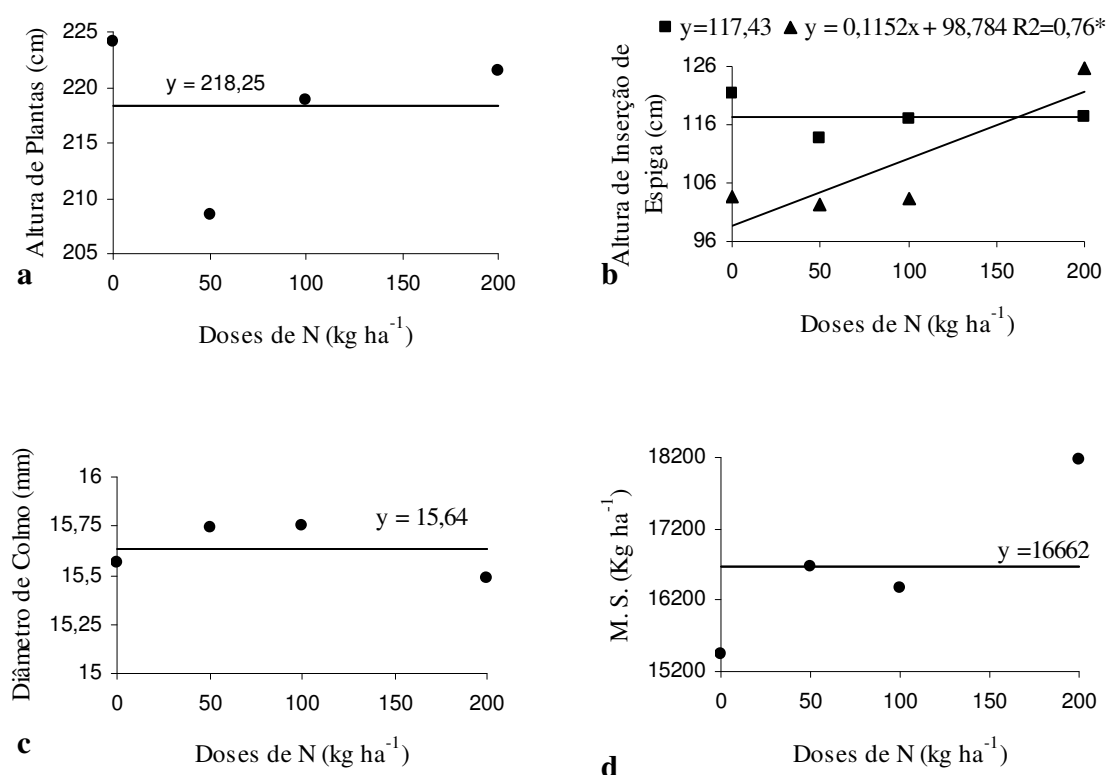


Figura 6. Altura de plantas (a), altura de inserção da primeira espiga (b), diâmetro de colmo (c) e produção de massa de matéria seca do milho (d), em função da adubação nitrogenada. ▲ sistema de cultivo solteiro ■ sistema de cultivo consorciado Botucatu – SP, 2003.

Os resultados de estande, índice de espiga, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho encontram-se na Tabela 7. Constata-se que, com exceção ao número de grãos por espiga, nenhuma variável foi afetada pelos fatores.

Para estande de plantas não se verificou efeito de sistemas de cultivo (Tabela 7) e da adubação nitrogenada (Figura 7a), observando média de 58333 plantas ha⁻¹,

para todas as doses de N. A maior proteção e retenção de água no solo, devido a camada de palha, pode ter contribuído positivamente na germinação das sementes, e no estabelecimento das plântulas de milho, proporcionando adequado estande final.

Comportamento semelhante ao estande de plantas foi constatado para índice de espiga (Figura 7b), ou seja, não houve efeito da interação dos fatores, assim como, não se verificou efeito isolado de sistema de cultivo e doses de N. Desta maneira, tanto na média dos sistemas de cultivo quanto na das doses de N, o índice de espiga foi de 0,99.

Com relação ao número de grãos por espiga verificou-se efeito da interação dos fatores sistemas de cultivo e doses de N, sendo que apenas no cultivo consorciado houve resposta à adubação nitrogenada, a qual obedeceu a uma função quadrática. Para essa característica, o cultivo solteiro não foi influenciado pela adubação nitrogenada, ficando na média com 437 grãos por espiga, em todas as doses.

A massa de 100 grãos não foi influenciada pelo sistema de cultivo (Tabela 7), sendo o mesmo verificado para adubação nitrogenada (Figura 7d). Ferreira et al. (2001) obtiveram aumento da massa de 100 grãos em razão do incremento das doses de N, atribuindo tal fenômeno, principalmente, ao período efetivo de enchimento dos grãos, os quais constatarem nas parcelas que não receberam o N ou naquelas com doses mais baixas, que as folhas inferiores e a palha da espiga apresentavam-se bem secas enquanto, nas parcelas com maior dosagem de N, as plantas estavam bem mais verdes, prolongando o período de retranslocação de açúcares e N para os grãos e aumentando o peso final.

Com relação à produtividade de grãos constata-se que o fator sistemas de cultivo não exerceu influência significativa nesta variável (Tabela 7), o que também foi verificado para o fator doses de N, assim como não houve efeito da interação desses fatores. A não resposta da produtividade de grãos ao sistema de cultivo e a adubação nitrogenada é consequência, principalmente, dos resultados verificados para estande final, índice de espiga, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos, uma vez que, sendo estes os componentes da produção, e não foram alterados pelos tratamentos, por conseguinte esses resultados refletiram na produtividade de grãos.

De modo geral, a falta de efeito a aplicação de nitrogênio pode ser explicada pelo período em que a área vem sendo cultivada em sistema semeadura direta e com rotação de culturas, proporcionando manutenção permanente da cobertura do solo. Desta

maneira, a dessecação de plantas jovens de milho antes da implantação do experimento aliada à rápida decomposição desse resíduo disponibilizaram grande quantidade de N, o que não tornou esse elemento fator limitante ao desenvolvimento das plantas de milho.

Tabela 7. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre o estande, índice de espiga, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho. Botucatu – SP, 2003.

Tratamentos	Estande	Índice de Espiga	Grãos por Espiga	Massa de 100 Grãos	Produtividade
	plantas ha ⁻¹	%	nº	g	kg ha ⁻¹
Sistema de cultivo					
Solteiro	52916 a	0,99 a	438 a	24,7 a	7112 a
Consortiado	63749 a	0,99 a	454 a	24,9 a	7993 a
Valor de F para regressão					
Doses de N					
R.L.	0,01 ns	0,03 ns	0,08 ns	0,04 ns	0,40 ns
R.Q.	1,97 ns	2,35 ns	1,06 ns	1,14 ns	0,02 ns
SC x DN					
Solteiro					
R.L.	0,01 ns	0,02 ns	0,69 ns	0,01 ns	0,22 ns
R.Q.	0,08 ns	0,23 ns	0,23 ns	0,02 ns	0,04 ns
Consortiado					
R.L.	0,00 ns	0,14 ns	0,14 ns	0,02 ns	0,06 ns
R.Q.	3,87 ns	3,48 ns	4,47*	1,82 ns	0,13 ns
C.V. (%)					
SC	21,52	13,47	3,82	14,32	27,84
DN	13,27	16,71	8,81	8,27	15,25

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

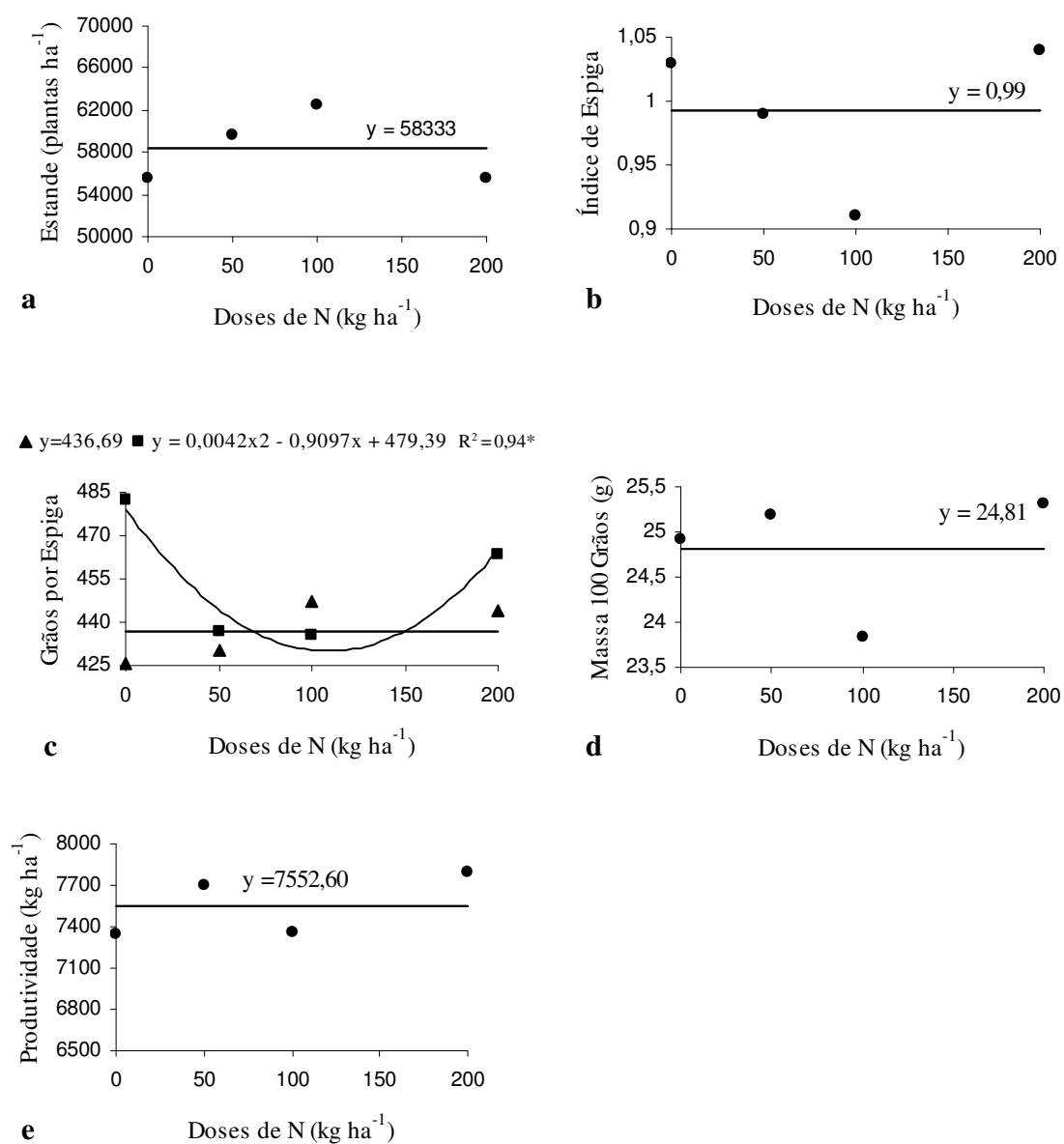


Figura 7. Estande (a), índice de espiga (b), grãos por espiga (c), massa de 100 grãos (d) e produtividade do milho (e), em função da adubação nitrogenada. ▲ sistema de cultivo solteiro ■ sistema de cultivo consorciado. Botucatu – SP, 2003.

Nas Tabelas 8 e 9 estão os resultados de altura de plantas, altura da inserção da espiga, diâmetro de colmo e produção de massa de matéria seca do milho em função do sistema de cultivo e adubação nitrogenada das safras 2003/04 e 2004/05. Constatam-se

se que nos dois anos agrícolas todas as variáveis foram influenciadas pela interação dos fatores aplicados.

Vê-se pela Figura 8a que a altura de plantas no sistema de cultivo consorciado com *P. maximum* ajustou a uma função quadrática, alcançando o valor máximo na dose de 80 kg ha⁻¹ de N, e não se constatou efeito significativo para os sistemas de cultivo solteiro e consorciado com *B. brizantha*. Comportamento semelhante foi observado para altura de inserção da primeira espiga (Figura 8b), porém o sistema de cultivo solteiro foi o que teve comportamento de forma quadrática.

Já no ano agrícola 2004/05, tanto a altura de plantas como a altura de inserção da primeira espiga foram maiores no sistema de cultivo consorciado com *B. brizantha*, incrementando de forma quadrática, no qual atingiram os maiores valores nas doses calculadas de 140 e 102 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figuras 8a' e 8b').

As maiores alturas de inserção das espigas e da planta poderão predispor a planta ao acamamento ou quebramento (MAR et al., 2003), fatores que não ocorreram durante o período de realização dos experimentos, provavelmente pelo fato de o híbrido utilizado não ser suscetível a essas características indesejáveis.

Com relação ao diâmetro de colmos verifica-se, nas duas safras, que no sistema consorciado com *P. maximum* houve aumento linear com o incremento da adubação nitrogenada. No entanto, constata-se, também, que na ausência da adubação foi o que apresentou os menores valores (Figuras 9a e 9a').

Para a produção de massa de matéria seca nota-se comportamento linear quando utilizado o cultivo consorciado com *P. maximum*, na safra 2003/04 (Figura 9b). Já na safra 2004/05 houve efeito quadrático para os três sistemas de cultivo (Figura 9b'), de forma a atingir o maior valor na dose calculada de 124 kg ha⁻¹ de N, para o sistemas de cultivo solteiro. Em outros trabalhos (ARAÚJO, 2004; CAMPOS, 2004; JAKELAITIS, 2005; LANGE et al., 2006) também foram observados efeitos significativos das doses de N sobre a produção de massa de matéria seca das plantas de milho.

Tabela 8. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga do milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tratamentos	Altura de Planta		Altura de Inserção da Espiga	
	m		m	
	2003/2004	2004/2005	2003/2004	2004/2005
Sistema de cultivo				
Solteiro	2,11 a	2,34 a	1,44 a	1,27 a
<i>B. brizantha</i>	2,06 a	2,43 a	1,31 a	1,27 a
<i>P. maximum</i>	2,13 a	2,26 a	1,34 a	1,39 a
Valor de F para regressão				
Doses de N				
R.L.	0,41ns	16,82**	0,10 ns	3,81ns
R.Q.	3,18ns	2,71ns	0,05ns	10,82**
SC x DN				
Solteiro				
R.L.	0,36ns	0,42ns	0,01ns	1,08ns
R.Q.	1,78ns	3,37ns	6,55*	1,05ns
<i>B. brizantha</i>				
R.L.	2,04ns	13,93**	0,01ns	3,92ns
R.Q.	0,57ns	6,07*	2,95ns	6,10*
<i>P. maximum</i>				
R.L.	0,07ns	13,01**	0,55ns	2,48ns
R.Q.	6,15*	1,93ns	0,22ns	0,57ns
C.V. (%)				
SC	13,09	8,57	35,39	9,44
DN	12,54	7,28	34,03	13,57

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

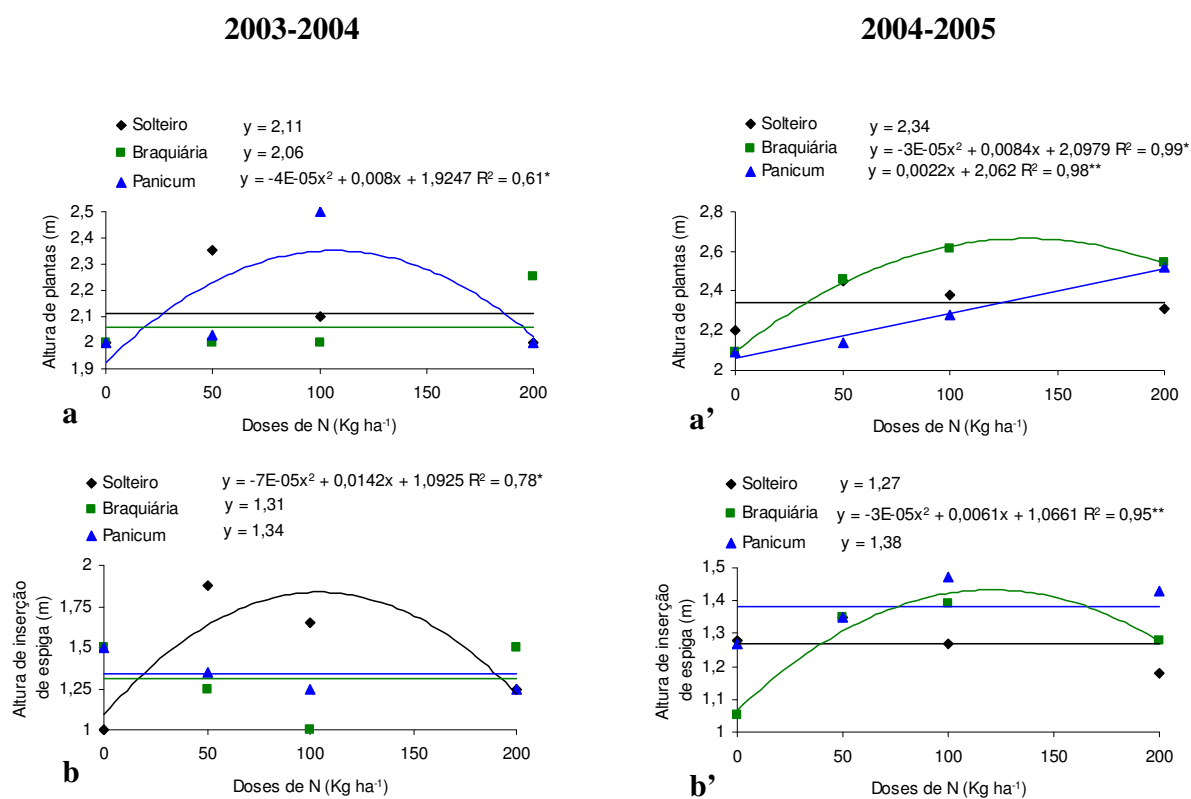


Figura 8. Altura de plantas (a, a') e altura de inserção da primeira espiga (b, b') em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tabela 9. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre o diâmetro de colmo e produção de massa de matéria seca de milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tratamentos	Diâmetro de Colmo		M. S.	
	mm		kg ha ⁻¹	
	2003/2004	2004/2005	2003/2004	2004/2005
Sistema de cultivo				
Solteiro	20,68 a	20,61b	16272,25 a	16875,01 b
<i>B. brizantha</i>	21,44 a	21,99a	16258,13 a	18127,77 a
<i>P. maximum</i>	20,34 a	20,66b	14801,54 a	19648,84 a
Valor de F para regressão				
Doses de N				
R.L.	1,48ns	58,74**	7,03*	30,50**
R.Q.	1,51ns	2,43ns	3,64ns	18,42**
SC x DN				
		Solteiro		
R.L.	0,05ns	7,64**	0,67ns	2,54ns
R.Q.	0,06ns	1,38ns	3,84ns	12,58**
		<i>B. brizantha</i>		
R.L.	1,24ns	0,42ns	1,90ns	36,91**
R.Q.	1,13ns	0,18ns	2,70ns	9,12**
		<i>P. maximum</i>		
R.L.	9,78**	37,96**	8,60**	18,82**
R.Q.	0,92ns	0,13ns	0,00ns	7,64*
		C.V. (%)		
SC	5,35	3,90	13,71	15,84
DN	7,14	5,82	30,20	13,27

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

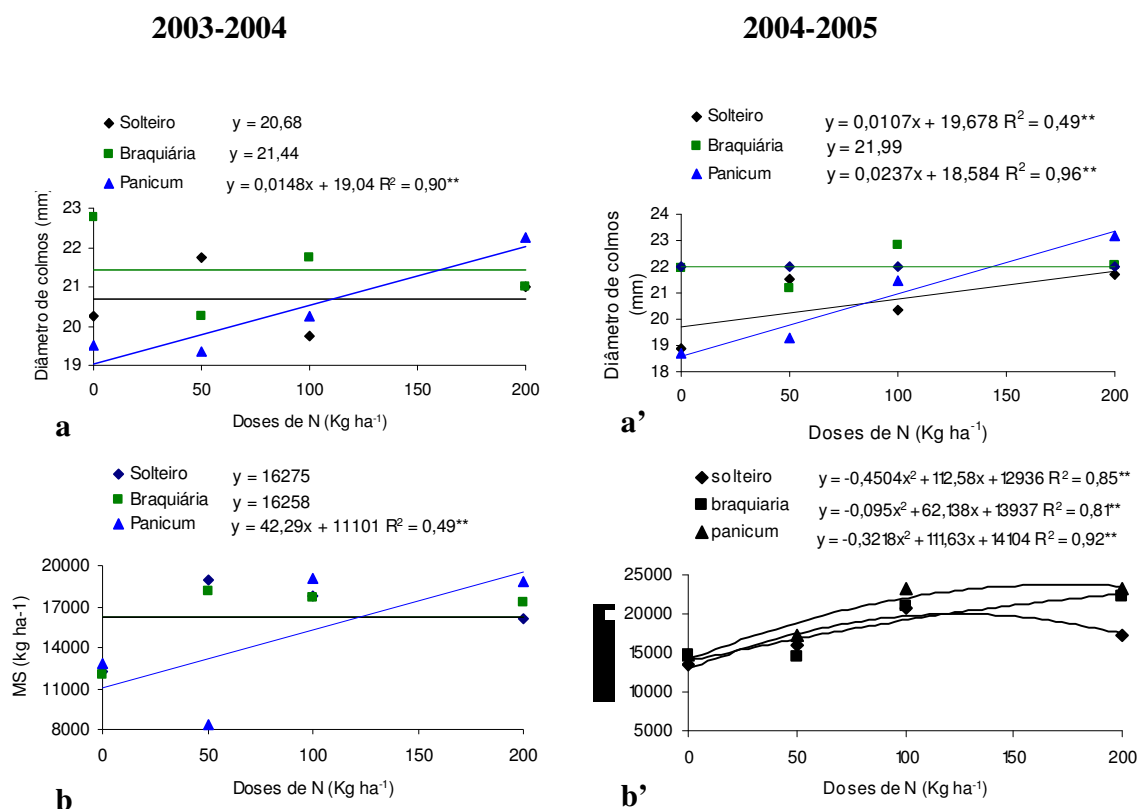


Figura 9. Diâmetro de colmo (a, a') e produção de massa de matéria seca do milho (b, b') em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Nas Tabelas 10 e 11 estão contidos os resultados referentes aos componentes da produção do milho, nas safras 2003/04 e 2004/05. Verifica-se que, exceção ao estado de plantas na safra 2003/04 e 2004/05, e a massa de 100 grãos na safra 2004/05, houve efeito da interação dos fatores.

Quanto ao estado de plantas não foi constatado efeito significativo dos fatores no ano agrícola 2003/04 e 2004/05 (Figuras 10a e 10a'). Como já comentado a maior proteção do solo no sistema de semeadura direta contribui positivamente na germinação das sementes e no estabelecimento das plântulas de milho.

Para índice de espiga, na safra 2003/04, houve incremento linear no sistema de cultivo solteiro e quadrático no sistema consorciado com *B. brizantha* (Figura 10b). Para o sistema consorciado com *P. maximum*, não teve efeito significativo no primeiro ano agrícola. No segundo ano agrícola (2004/05), somente o sistema de cultivo solteiro foi afetado pela adubação nitrogenada, com o incremento linear (Figura 10b'). Borghi (2004) trabalhando com modalidades de consórcio de *Brachiaria brizantha* com a cultura do milho não constatou influência dos tratamentos sobre o índice de espigas. O efeito da adubação nitrogenada sobre o número de espigas por planta foi relatado por Ferreira et al. (2001), obtendo o maior valor na dose de 170 kg ha⁻¹ de N. Os mesmos autores inferiram que a formação da segunda espiga, em algumas plantas, contribui para o aumento da produtividade.

Com relação ao número de grãos por espiga verifica-se respostas quadráticas no sistema de cultivo consorciado com *B. brizantha* e lineares no sistema de cultivo solteiro com o incremento da adubação nitrogenada, nos dois anos agrícolas (Figuras 11a e 11a'). Comportamento semelhante foi observado por Cazetta et al. (2005) e Jakelaitis et al. (2005) em áreas sob sistema de semeadura direta.

No tocante à massa de 100 grãos nota-se que, na safra 2003/04, todos os sistemas de cultivos foram influenciados positivamente ao incremento da adubação nitrogenada, sendo que para o sistema de cultivo solteiro e consorciado com *B. brizantha* a resposta foi linear (Figura 11b). No entanto, na safra seguinte (2004/05) não houve efeito dos fatores aplicados (Figura 11b'). O enchimento de grãos está diretamente relacionado à mobilização de açúcares e de N dos órgãos vegetativos para os grãos. Jakelaitis et al. (2005) verificaram aumento linear com as doses crescentes de N, e o consórcio da *Brachiaria brizantha* não interferiu nos resultados desta variável.

As doses de N aplicadas em cobertura afetaram significativamente a produtividade da cultura do milho, sendo observado produtividades variando de 4924 a 10060 kg ha⁻¹ e 4319 a 9296 kg ha⁻¹, para as safras de 2003/04 e 2004/05, respectivamente (Figuras 11c e 11c'). Na safra 2003/04 os maiores valores foram obtidos nas doses calculadas de 139, 158 e 176 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, para os sistemas solteiro, consorciado com *B. brizantha* e consorciado com *P. maximum*. Comportamento semelhante face a demanda de adubação nitrogenada foi verificado na safra 2004/05, onde nos sistemas de cultivo solteiro, consorciado com *B. brizantha* e consorciado com *P. maximum* as doses máximas foram de

146, 181 e 200 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Assim verifica-se maior demanda de N nos cultivos consorciados, principalmente com *P. maximum*.

A maior dose de adubação mineral de cobertura preconizada pelo Boletim Técnico 100, levando em conta a alta classe de resposta e produtividade esperada de 10 a 12 t ha⁻¹, é de 140 kg ha⁻¹ de N. Assim nos sistemas de cultivos consorciados a adubação nitrogenada em cobertura preconizada está aquém do necessário para o adequado fornecimento do elemento para a cultura do milho.

O efeito quadrático das doses de N sobre a produtividade de grãos corrobora com os obtidos por Campos (2004) e Lange et al. (2006) e discordam daqueles encontrados por Araújo et al. (2004) e Jakelaitis et al. (2005) que obtiveram ajuste linear. Respostas lineares das plantas de milho à aplicação de N são atribuídas, entre outros fatores, ao uso de genótipos melhorados, que possuem alta eficiência de uso desse nutriente, não atingindo o ponto de inflexão superior da curva de dose-resposta e também ao estoque de N do solo. Entretanto, no presente estudo a maior dose de N pode ter contribuído para o desequilíbrio entre outros elementos conforme Malavolta et al. (1997), acarretando em menor produtividade. Importante ressaltar que, em virtude da consorciação entre o milho e as forrageiras, era esperado que pudesse ocorrer diferenças entre os tratamentos, visto a grande exigência para ambas as espécies. Jakelaitis et al. (2005) também não verificaram efeito do consórcio com as forrageiras na produtividade de grãos do milho.

Outro ponto a ser discutido, mas não menos importante que o anterior, é o fato de nos sistemas consorciados ter sido aportado grande quantidade de massa de matéria seca de alta relação C/N, assim, esperava-se uma maior demanda de N nos cultivos consorciados do que no sistema solteiro, devido à grande quantidade de N disponível no solo ser imobilizado pela biomassa microbiana, ficando o nutriente temporariamente indisponível às plantas.

Lara Cabezas et al. (2004), trabalhando com milho cultivado em sucessão a milheto e nabo, constataram que, em solo preparado, não houve efeito da cultura antecessora em razão da incorporação prévia de restebas, que já mineralizadas, não teriam afetado o comportamento da biomassa microbiana quanto à imobilização. Neste mesmo trabalho, os autores notaram que, em sistema de semeadura direta, a produtividade de grãos de milho foi superior na sucessão com nabo, indicando a maior quantidade de N pela maior

mineralização. A quantidade total de nitrogênio e a relação C/N dos resíduos vegetais interferem no fornecimento de nitrogênio para o sistema e também na disponibilização deste para a cultura do milho, influenciando a produção de grãos de milho (ROSOLEM et al., 2004). Outro fator preponderante é a contribuição do nitrogênio nativo do solo, o qual pode ter contribuído com a maior fração de N. Resultados com elevadas quantidade de nitrogênio nativo do solo absorvidos pela cultura do milho foram verificados em outros estudos (LARA CABEZAS et al., 2004; SILVA et al., 2006).

Tabela 10. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre estande e índice de espiga do milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tratamentos	Estande		Índice de Espiga	
	plantas ha ⁻¹		%	
	2003/2004	2004/2005	2003/2004	2004/2005
Sistema de cultivo				
Solteiro	57573 a	60781 a	101,44 a	103,60 a
<i>B. brizantha</i>	58763 a	61953 a	103,02 a	108,26 a
<i>P. maximum</i>	56763 a	59953 a	99,17 a	105,42 a
Valor de F para regressão				
Doses de N				
R.L.	0,00ns	4,57ns	8,20**	6,11*
R.Q.	0,00ns	0,79ns	8,94**	1,40ns
SC x DN				
Solteiro				
R.L.	0,04ns	2,40ns	5,50*	8,62**
R.Q.	1,28ns	0,04ns	0,88ns	0,60ns
<i>B. brizantha</i>				
R.L.	0,29ns	2,54ns	0,34ns	1,27ns
R.Q.	2,88ns	0,26ns	6,97*	2,11ns
<i>P. maximum</i>				
R.L.	0,43ns	15,68ns	3,83ns	1,95ns
R.Q.	0,47ns	5,48ns	2,32ns	0,15ns
C.V. (%)				
SC	13,64	5,33	9,07	9,49
DN	19,24	4,94	8,57	6,63

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

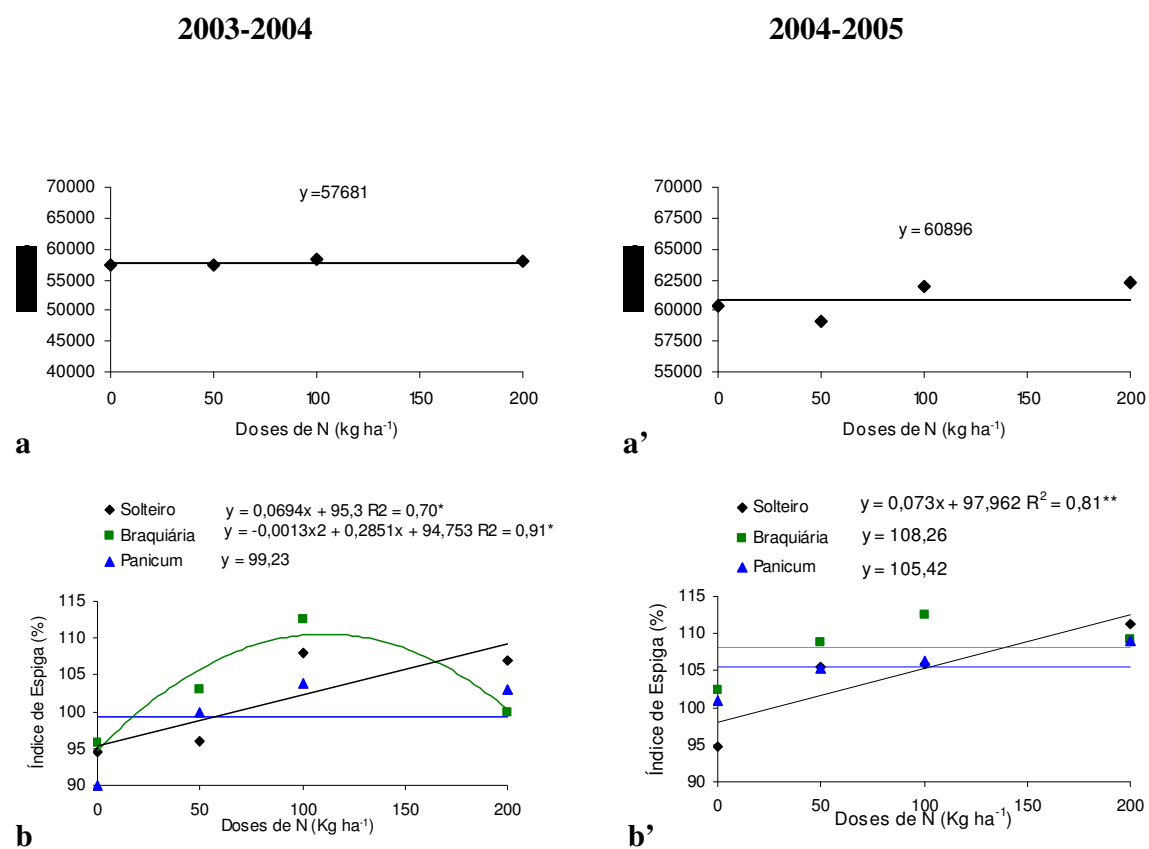


Figura 10. Estande (a, a') e índice de espiga (b, b'), em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tabela 11. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do milho em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tratamentos	Grãos por Espiga		Massa de 100 Grãos		Produtividade	
	---		gramas		kg ha ⁻¹	
	2003/2004	2004/2005	2003/2004	2004/2005	2003/2004	2004/2005
Sistema de cultivo						
Solteiro	431,19 a	512,88 a	34,38 a	32,99 a	8142 a	7177 a
<i>B. brizantha</i>	418,19 a	530,56 a	34,38 a	34,76 a	8145 a	6952 a
<i>P. maximum</i>	405,31 a	547,66 a	32,89 a	34,60 a	7477 a	7445 a
Valor de F para regressão						
Doses de N						
R.L.	35,54**	58,45**	49,85**	9,81ns	223,29**	127,26**
R.Q.	8,30**	24,06**	14,42**	5,45ns	79,25**	27,22**
SC x DN						
Solteiro						
R.L.	14,75**	28,52**	5,62*	3,27ns	54,50**	51,44**
R.Q.	0,33ns	3,05ns	0,18ns	1,66ns	37,46**	25,65**
<i>B. brizantha</i>						
R.L.	5,01*	8,29**	16,17**	3,20ns	95,38**	59,50**
R.Q.	9,05**	7,08*	4,00ns	2,69ns	29,26**	8,99**
<i>P. maximum</i>						
R.L.	9,94**	5,81*	14,55**	3,02ns	52,11**	51,52**
R.Q.	0,78ns	5,83*	9,39**	0,47ns	8,92**	4,58*
C.V. (%)						
SC	16,42	8,31	10,03	8,19	10,67	12,64
DN	11,60	10,94	6,06	10,86	8,67	10,67

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

** , * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

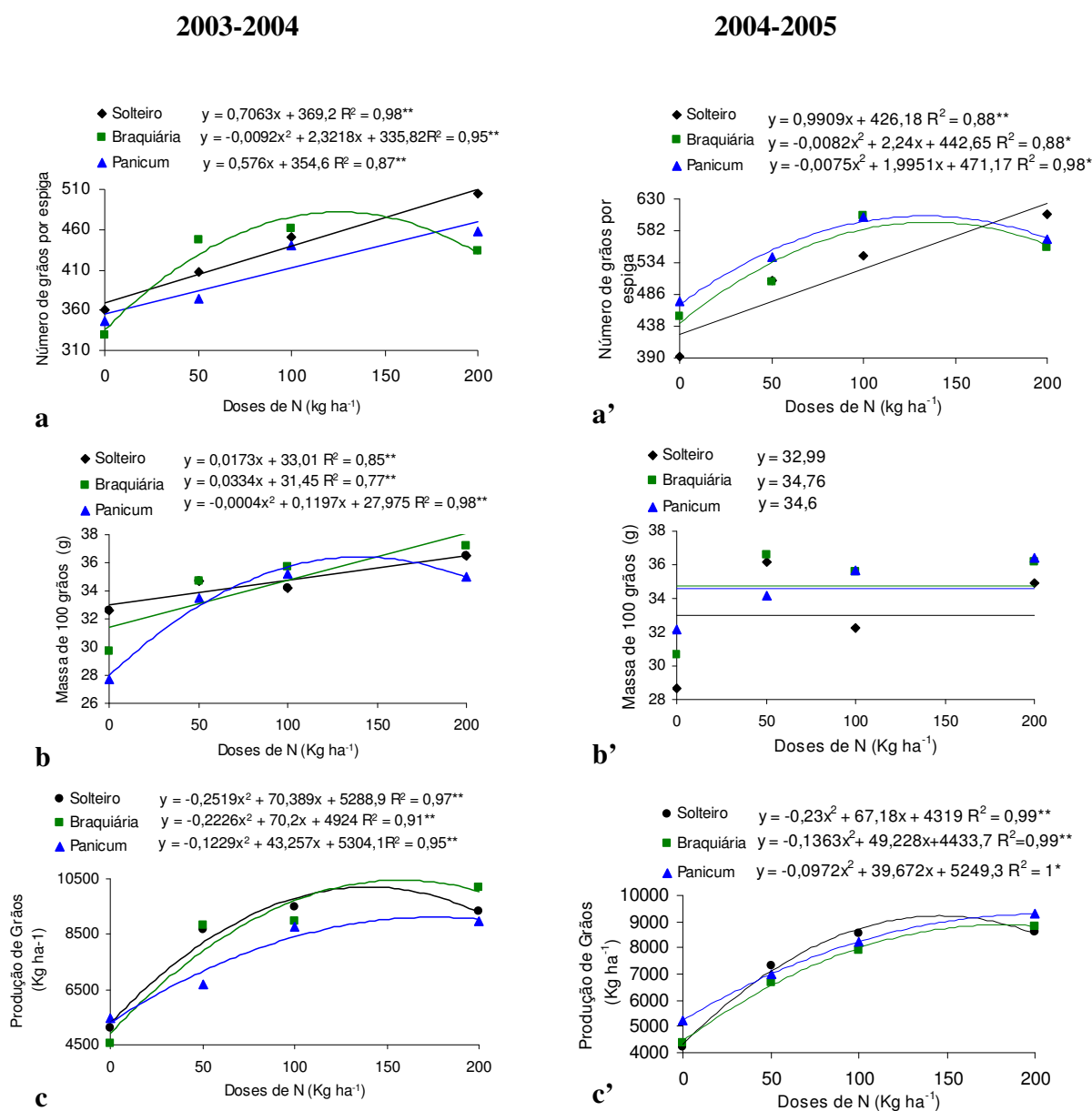


Figura 11. Número de grãos por espiga (a, a'), massa de 100 grãos (b, b') e produtividade de grãos (c, c'), em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

6.1.3 Produção das forrageiras e diagnose foliar

Na Tabela 12 estão os resultados de produção de massa de matéria seca do 1º corte, 2º corte e somatório dos anos agrícolas 2002/03, 2003/04 e 2004/05. Constata-se que nas safras 2002/03 e 2003/04 todas as variáveis foram influenciadas pela adubação nitrogenada aplicada na cultura do milho.

Observa-se na Figura 12 (a,b,c) que a produção de massa de matéria seca da *B. brizantha* aumentou linearmente com o incremento da adubação nitrogenada, em todas as épocas amostradas, encontrando-se valores no somatório das colheitas de 6683 e 8597 kg ha⁻¹, na ausência da adubação e na dose de 200 kg ha⁻¹, respectivamente. A variação na produção de massa de matéria seca está diretamente relacionada ao efeito do N no crescimento das espécies forrageiras tropicais. A adubação nitrogenada possibilita crescimento mais rápido e maior produção de massa de matéria seca devido o N promover maior crescimento radicular, maior eficiência fotossintética e aumento da área foliar (CORSI, 1993). Para o 1º corte da forrageira verificou-se para cada quilo de N aplicado na cultura do milho houve acréscimo de 5,6 kg de forragem produzida.

No ano agrícola 2003/04 (Figura 13c) houve aumento linear da produção de massa de matéria seca para a *B. brizantha* e *P. maximum*, atingindo valores no somatório dos cortes de 7218 e 8697 kg ha⁻¹, respectivamente, na maior dose de N. Esses resultados corroboram aos de Alvim et al. (1990) que verificaram resposta favorável até a dose de 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Já Jakelaitis et al. (2005) citam respostas positivas na produção de forragem de *B. decumbens* e *B. brizantha*, quando submetidas às doses de N de até 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Nos somatórios dos cortes constatou-se produção de MMS de 14,6 e 22,5 kg de MMS para cada quilo de N adicionado, para a *B. brizantha* e *P. maximum*, respectivamente. A variação na produção de massa de matéria seca entre as forrageiras, pode estar relacionada ao fato de o *P. maximum* produzir mais fitomassa em solos bem adubados, evidenciando a exigência da forrageira ao nitrogênio.

Para o ano agrícola 2004/05 (Figura 14c) constatou-se efeito da adubação nitrogenada somente para a produção de forragem de *B. brizantha* no somatório dos cortes, atingindo a produção de 5314 kg ha⁻¹ de massa de matéria seca na dose de 200 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 12. Efeito de doses de nitrogênio sobre a produção de massa de matéria seca da *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* no 1º corte (a), 2º corte (b) e somatório (c) em três anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

(c) em três anos agrícolas: Botucatu - SP, 2003.									
1º Corte			2º Corte			Somatório			
.....kg ha ⁻¹									
	2002/03	2003/04	2004/05	2002/03	2003/04	2004/05	2002/03	2003/04	2004/05
Sistema de cultivo									
<i>B. brizantha</i>	-	1804 a	1734 a	-	3773 b	2949 a	-	5577 b	4683 a
<i>P. maximum</i>	-	1988 a	1160 a	-	4176 a	2460 b	-	6164 a	3620 b
Valor de F para regressão									
Doses de N									
R.L.	6,93*	44,29**	2,53 ns	14,03**	166,7 **	1,47 ns	8,36*	160,38**	10,54**
R.Q.	1,52 ns	4,32 ns	0,17 ns	1,74 ns	1,93ns	0,15 ns	4,99 ns	4,69 *	0,20ns
SC x DN									
<i>Brachiaria brizantha</i>									
R.L.	-	11,69**	1,61 ns	-	86,8**	1,27 ns	-	81,89**	7,39*
R.Q.	-	0,02ns	1,40 ns	-	0,13ns	0,04 ns	-	0,12ns	0,12 ns
<i>Panicum maximum</i>									
R.L	-	63,13**	1,15 ns	-	147,33**	0,84 ns	-	195,36**	4,46 ns
R.Q	-	13,56*	3,17 ns	-	7,13*	0,79 ns	-	18,37ns	0,11 ns
C.V. (%)									
SC	-	11,59	24,10		7,00	12,80		4,78	13,06
DN	27,83	19,01	22,89	22,09	10,45	20,21	21,55	10,44	14,55

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

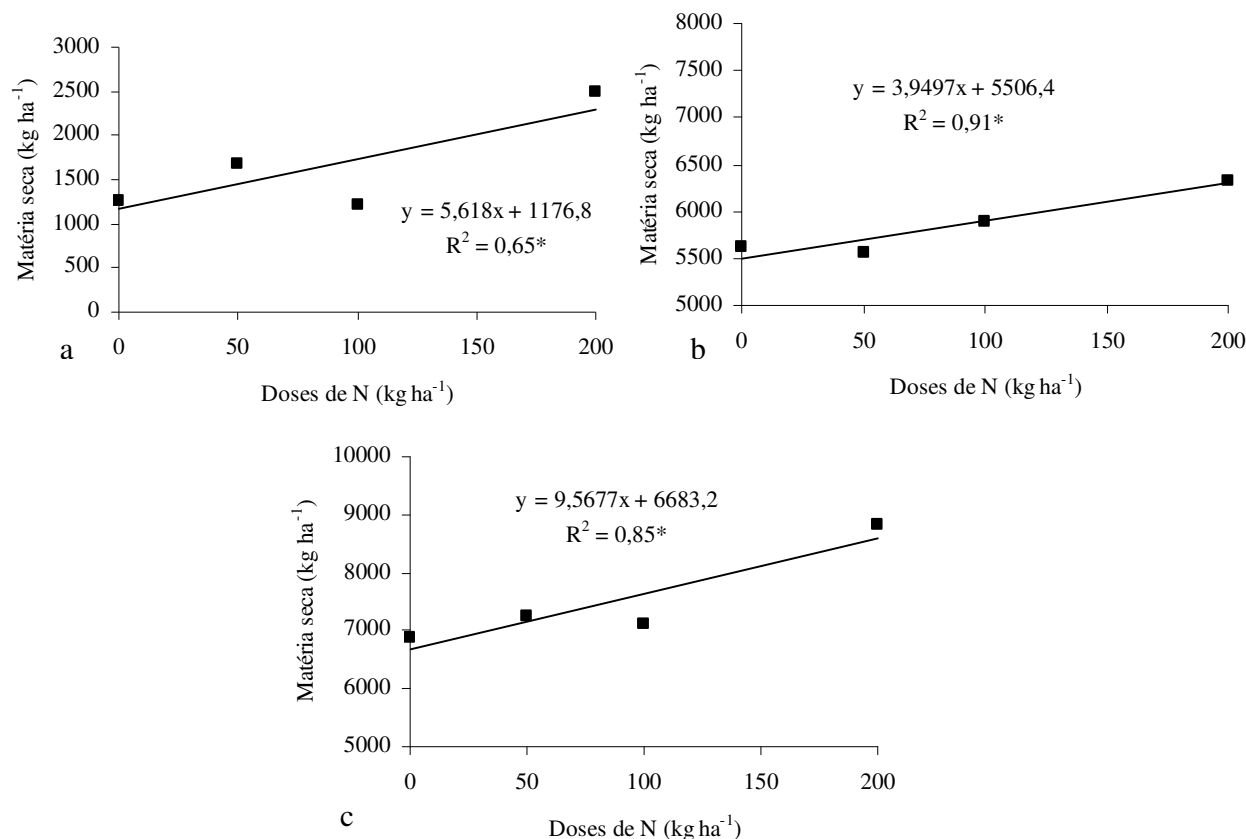


Figura 12. Produção de massa de matéria seca de *Brachiaria brizantha* no 1º corte (a), 2º corte (b) e somatório (c) em função da adubação nitrogenada na cultura do milho no ano agrícola 2002/03. Botucatu-SP.

Borghi (2004) obteve produtividades de massa de matéria seca de *B. brizantha* em cultivo consorciado com milho superiores aos encontrados para estas espécies neste trabalho. Portes et al. (2000), avaliando o crescimento *B. brizantha* em monocultivo e associada à cultura do milho, observaram que a forrageira que se desenvolveu a pleno sol produziu 19,5 t ha⁻¹ de biomassa seca total aos 120 dias, enquanto a que conviveu com o milho atingiu 2,54 t ha⁻¹, refletindo em perdas de rendimento devido ao sombreamento e à competição exercida por esta cultura. De acordo com Jakelaitis et al. (2005) vários fatores do manejo influenciam a capacidade de recuperação de forrageiras, dentre os quais destacam-se a luminosidade, a umidade e a disponibilidade de minerais, especialmente o N.

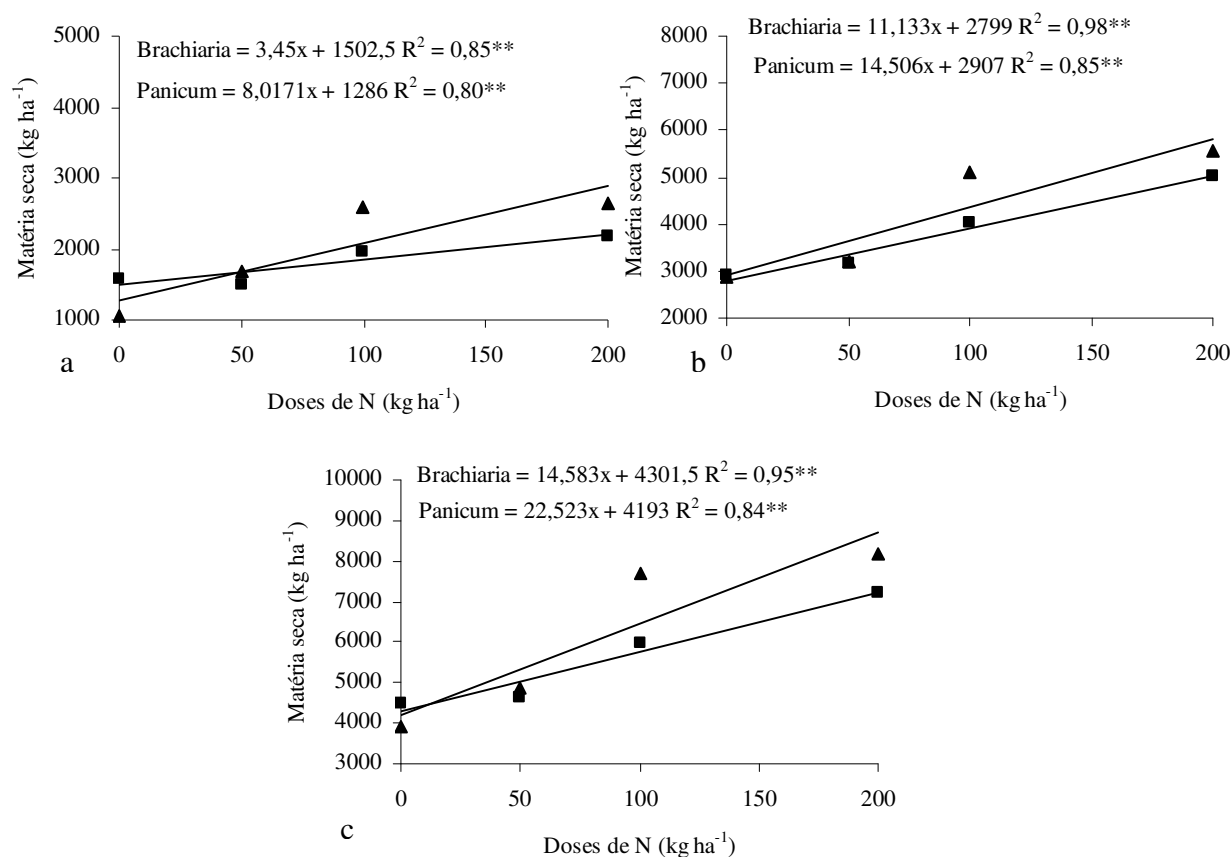


Figura 13. Produção de massa de matéria seca de *Brachiaria brizantha* (■) e *Panicum maximum* (▲) no 1º corte (a), 2º corte (b) e somatório (c) em função da adubação nitrogenada na cultura do milho no ano agrícola 2003/04. Botucatu-SP.

As respostas das forrageiras à aplicação de N na cultura o milho, pode ser atribuída, a ciclagem de N no sistema, uma vez que, após o corte para amostragem da produção de forragem, houve o manejo mecânico para a uniformização da área, de forma que com decomposição do material morto das plantas o nutriente retornou ao sistema.

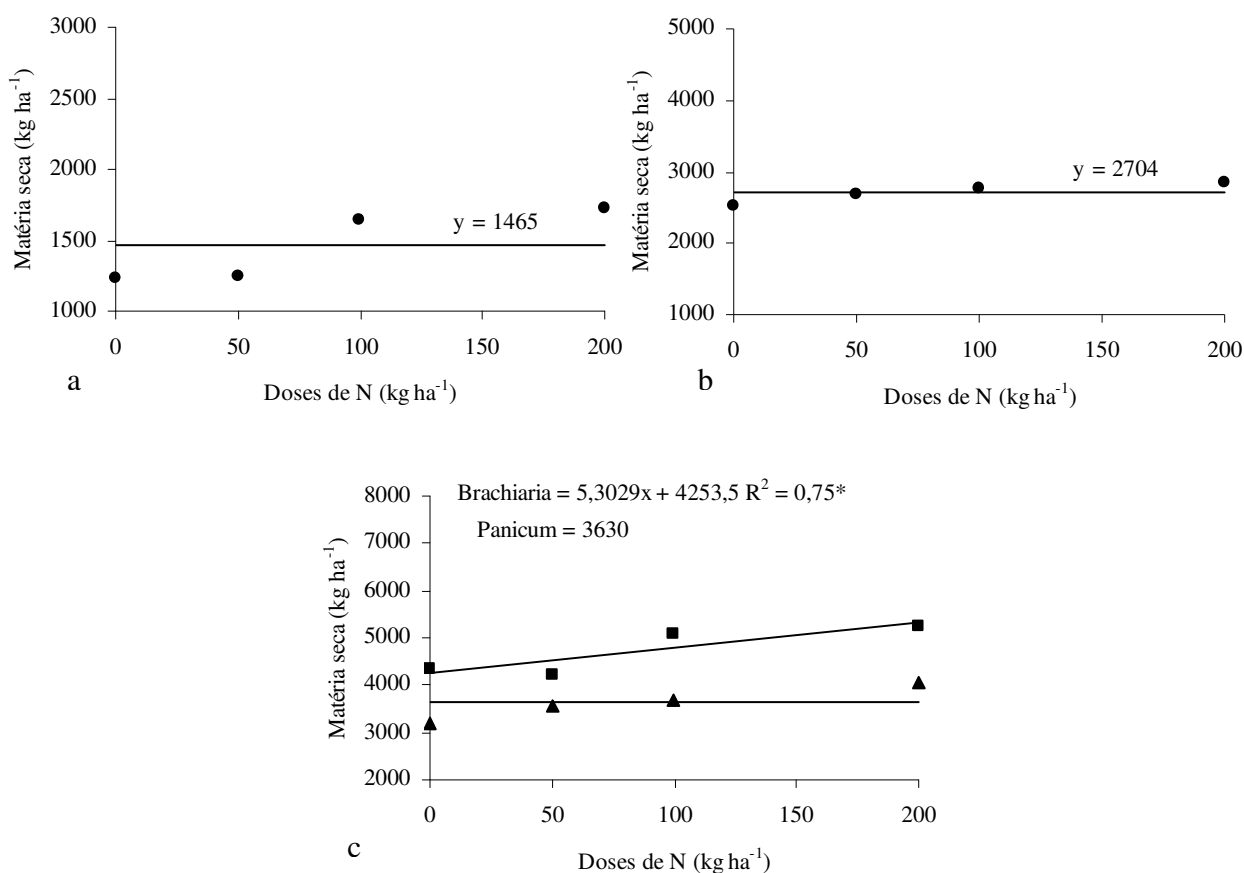


Figura 14. Produção de massa de matéria seca de *Brachiaria brizantha* (■) e *Panicum maximum* (▲) no 1º corte (a), 2º corte (b) e somatório (c) em função da adubação nitrogenada na cultura do milho no ano agrícola 2004/05. Botucatu-SP.

Os resultados do teor foliar de N da *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* estão contidos na Tabela 13. O teor de N apenas no *P. maximum* no somatório dos cortes, aumentou com a adubação nitrogenada, de forma quadrática, com a dose máxima estimada de 125 kg ha⁻¹ (Figura 15c). No entanto, em todos os tratamentos os teores encontram-se na faixa considerada adequada (WERNER et al., 1997). Assim, as pequenas diferenças observadas na amplitude das respostas dos teores obtidos, nos anos agrícolas, podem estar relacionadas às condições climáticas desses períodos, visto que o ciclo do N no agroecossistema é aberto, e que as respostas ao seu uso são dependentes dessas condições, principalmente da quantidade e intensidade das chuvas.

Tabela 13. Efeito de doses de nitrogênio sobre o teor foliar de nitrogênio da *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* nos três anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tratamentos	2002/03	2003/04	2004/05
.....g kg ⁻¹			
Sistema de cultivo			
<i>B. brizantha</i>	-	14,27	14,03
<i>P. maximum</i>	-	15,44	14,78
Valor de F para regressão			
Doses de N			
R.L.	0,61 ns	2,97 ns	11,08**
R.Q.	0,12 ns	1,75 ns	6,58 ns
SC x DN			
		<i>Brachiaria brizantha</i>	
R.L.	-	2,91 ns	3,05ns
R.Q.	-	5,61 ns	1,19ns
		<i>Panicum maximum</i>	
R.L.	-	0,65 ns	13,94**
R.Q.	-	0,19 ns	9,82**
		C.V. (%)	
SC	-	11,59	8,48
DN	28,19	12,34	12,30

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

** , * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

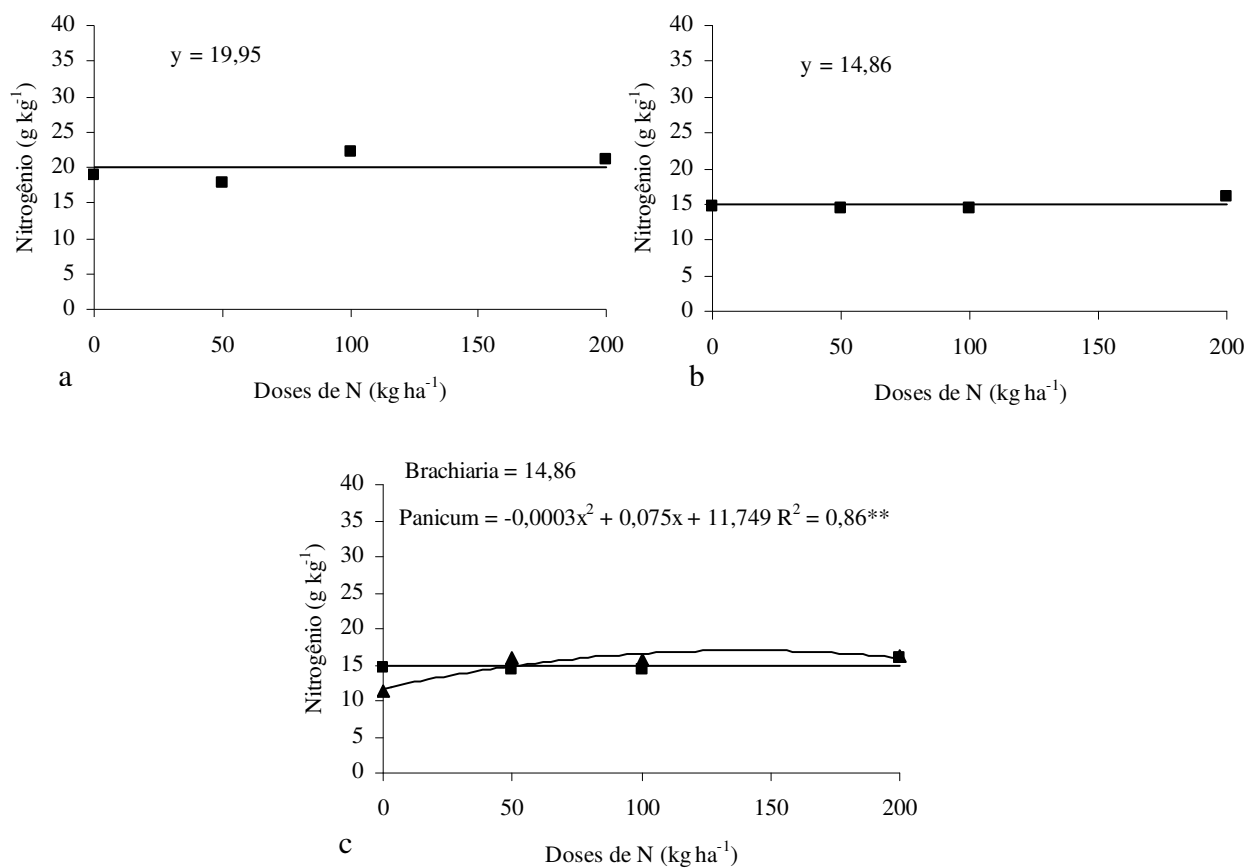


Figura 15. Teores de nitrogênio de *B. brizantha* e *P. maximum* em função das doses de nitrogênio aplicadas no milho nos anos agrícolas de 2002/03 (a), 2003/04 (b) e 2004/05 (c). Botucatu-SP, 2005.

6.1.4 Alterações dos atributos químicos do solo

Na Tabela 14, estão contidos os valores de F e dos coeficientes de variação (C.V.) para todos os atributos químicos do solo, em diferentes profundidades, em razão dos sistemas de cultivos. Verifica-se que, exceções a Mg de 0 a 5 cm e 10-20, não houve influência significativa dos sistemas de cultivos para as características químicas do solo. Contudo os resultados obtidos nas profundidades estratificadas serão apresentados, para cada variável, em um único gráfico de forma a facilitar o entendimento no perfil do solo.

Mediante a Figura 16 pode-se observar maiores valores de pH do solo nas camadas superficiais, não sendo constatado diferença entre os sistemas de cultivo. Por outro lado, verifica-se que houve aumento do pH do solo em relação aos valores iniciais encontrados antes da implantação do experimento, principalmente na profundidade de 0-5 cm e 5-10 cm, o que pode ser atribuído a calagem realizada em superfície. Por outro lado, diversos autores (SIDIRAS & PAVAN, 1985; MIYAZAWA et al., 1993; VALPASSOS et al., 2001) têm atribuído o aumento do pH em superfície a constante deposição de material vegetal. Esse aumento é resultante do efeito da matéria orgânica no solo, que tem sido sugerida como alternativa para a correção da acidez e neutralização do Al tóxico (ASGHAR & KANEHIRO, 1980; SANCHEZ et al., 1982; HUE & AMIEN, 1989; HUE, 1992). Assim, os principais mecanismos envolvidos na reação do material orgânico na acidez do solo são: (a) adsorção de H^+ e Al^{3+} na superfície do material (HOYT & TURNER, 1975); (b) precipitação do Al pelo aumento do pH devido às reações de troca entre os ânions orgânicos e hidróxidos terminais dos óxidos de Fe e Al (HUE, 1992); (c) associação de ânions orgânicos com H^+ no solo (RITCHIE & DOLLING, 1985) e (d) complexão do Al com ácidos orgânicos (HUE et al., 1986).

Com relação ao teor de matéria orgânica nota-se que não houve efeito dos sistemas de cultivo (Figura 17). No entanto, verifica-se maiores valores em todos os tratamentos em relação ao teor inicial. Vários autores, também, verificaram aumento dos teores de matéria orgânica do solo ao longo do tempo com a utilização do sistema de semeadura direta (MUZILLI, 1983; SIDIRAS & PAVAN, 1985; DE MARIA & CASTRO, 1993; SANTOS & SIQUEIRA, 1996; VALPASSOS et al., 2001).

Tabela 14. Valores de F e coeficientes de variação (C.V.) para os atributos químicos do solo em diferentes profundidades, em razão dos sistemas de cultivos.

		Profundidade.....		
		0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
		pH		
Valor de F		1,50ns	1,50ns	0,27ns
C.V. (%)		7,4	8,7	11,9
		M.O.		
Valor de F		2,3ns	1,28ns	1,49ns
C.V. (%)		6,3	11,8	7,4
		P		
Valor de F		0,1ns	0,02ns	0,97ns
C.V. (%)		26,6	70,6	38,7
		H + Al		
Valor de F		0,33ns	0,15ns	0,04ns
C.V. (%)		40,7	25,8	23,8
		Ca		
Valor de F		1,28ns	1,49ns	0,29ns
C.V. (%)		16,3	15,8	21,9
		Mg		
Valor de F		8,33**	1,18ns	10,3**
C.V. (%)		20,6	43,6	17,9
		K		
Valor de F		0,48ns	0,47ns	1,66ns
C.V. (%)		26,9	14,3	21,8
		SB		
Valor de F		1,24ns	0,65ns	1,70ns
C.V. (%)		15,9	24,8	13,3
		CTC		
Valor de F		0,71ns	0,85ns	5,72ns
C.V. (%)		10,2	11,9	5,5
		V (%)		
Valor de F		0,32ns	0,19ns	0,58ns
C.V. (%)		7,9	10,3	14,1

**, * e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

A análise simultânea das Figuras 16 e 18, permitem inferir que, exceção ao sistema de cultivo solteiro na camada de 10-20 cm, a acidez potencial correlacionou inversamente com o pH.

O sistema de cultivo não influenciou o teor de P no solo nas diferentes camadas (Figura 19). Entretanto, observa-se que nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm os valores são superiores ao obtido antes da instalação do experimento. A maior concentração de P nas camadas superficiais do solo confere com os resultados encontrados por diversos autores, como Muzilli (1983), De Maria & Castro (1993), Bayer & Mielniczuk (1997). Segundo Sidiras & Pavan (1985), o acúmulo de P extraível próximo da superfície decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, devido ao menor contato desse elemento com os constituintes inorgânicos do solo.

Em todas as camadas o teor de Ca no solo não sofreu alteração pelo sistemas de cultivo (Figura 20), obtendo os maiores valores nas camadas superficiais. Esse comportamento deve-se, provavelmente, à adição de calcário na superfície, reciclagem de Ca via decomposição de resíduos e aumento da CTC do solo, capaz de reter mais cátions nessa camada.

Nota-se por meio da Figura 21 que o teor de Mg não teve um comportamento plausível de discussão, uma vez que na camada de 0-5 cm o sistema de cultivo consorciado com *P. maximum* apresentou o maior valor, diferindo do sistema de cultivo solteiro. Já na camada de 10-20 cm o maior valor foi obtido no sistema de cultivo solteiro.

Para o teor de K não se verificou efeito dos sistemas de cultivos, obtendo comportamento no perfil do solo semelhante ao Ca (Figura 22). Como no sistema de semeadura direta os fertilizantes a base de K são depositados na superfície ou na linha de semeadura e, como os resíduos vegetais são deixados na superfície esse elemento pode acumular-se nas camadas mais superficiais. Alguns autores (DE MARIA & CASTRO, 1993; SANTOS & SIQUEIRA, 1996; BAYER & MIELNICZUK, 1997; RHEINHEIMER et al., 1998) encontraram acúmulo de potássio na superfície em razão do não revolvimento do solo, sendo que esse acúmulo, provavelmente, depende do tipo de solo (textura, mineral de argila), do regime de drenagem e da quantidade adicionada na adubação. Tiwari et al. (1980) citados

por Alcântara et al. (2000) relatam que a decomposição da matéria orgânica pode ter efeito solubilizante no K nativo do solo, aumentando sua disponibilidade.

Por meio da Figura 23 pode-se observar que a soma de bases não sofreu influência dos sistemas de cultivo, apresentando os maiores valores nas camadas superficiais. De acordo com Testa et al. (1992) sistemas de cultivos que promovem o aumento de matéria orgânica no solo possibilitam maior retenção dos cátions liberados pela biomassa vegetal, reduzindo sua lixiviação e proporcionando aumento da soma de bases do solo. Além disso, este resultado está diretamente relacionado ao comportamento do Ca, uma vez que esse nutriente tem, proporcionalmente, maior participação na constituição desta variável.

Quanto a CTC, nota-se pela Figura 24, que os maiores valores foram observados na camada de 0-5 cm de profundidade, em todos os sistemas de cultivo. Verifica-se, também que não houve efeito de sistemas de cultivos para todas as camadas. Diversos pesquisadores (SIDIRAS & PAVAN, 1985; TESTA et al., 1992; BAYER & MIELNICZUK, 1997) também verificaram, em sistema de semeadura direta, maiores valores na camada de 0-5 cm e tendência de diminuição com a profundidade.

Vê-se pela (Figura 25) que não houve influência dos sistemas de cultivo sobre a saturação por bases. No entanto, em razão dos resultados constatados sobre a soma de bases e a CTC, verifica-se os maiores valores na profundidade de 0-5 cm.

A rotação de culturas e a utilização de plantas de cobertura é de suma importância na reciclagem de nutrientes, uma vez que, as espécies vegetais diferem entre si, com referência à quantidade de resíduos fornecidos, à eficiência de absorção de íons e à exploração de diferentes profundidades de solo. Provavelmente, o período estudado foi insuficiente para que essas alterações químicas se manifestassem entre os sistemas avaliados. Além disso, o desenvolvimento das plantas daninhas presentes na área no sistema de cultivo solteiro podem ter contribuído com a reciclagem de nutrientes, minimizando a diferença entre os tratamentos com as forrageiras.

Contudo a matéria orgânica componente essencial do solo, deve ser preservada e mantida em nível apropriado pela adição, uso e manejo adequado das plantas de cobertura, considerando que o uso contínuo do solo está condicionado ao fornecimento constante de matéria orgânica.

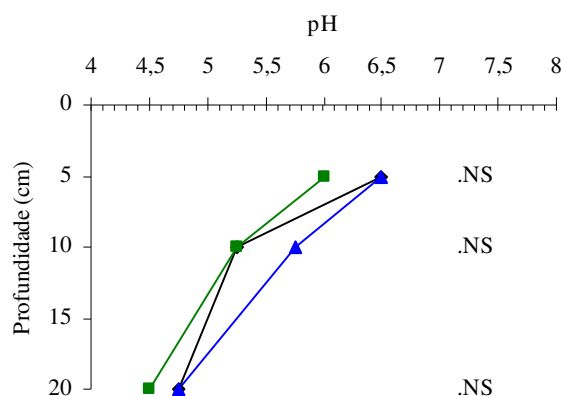


Figura 16. Efeito do sistema de cultivo sobre os valores de pH (CaCl_2) do solo, em diferentes profundidades ♦ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

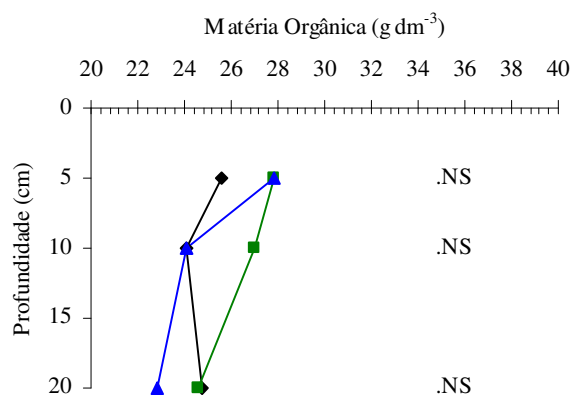


Figura 17. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de matéria orgânica do solo, em diferentes profundidades. ♦ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

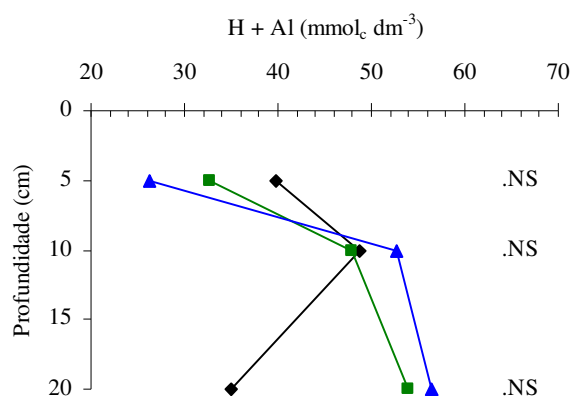


Figura 18. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de H + Al do solo, em diferentes profundidades. ♦ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

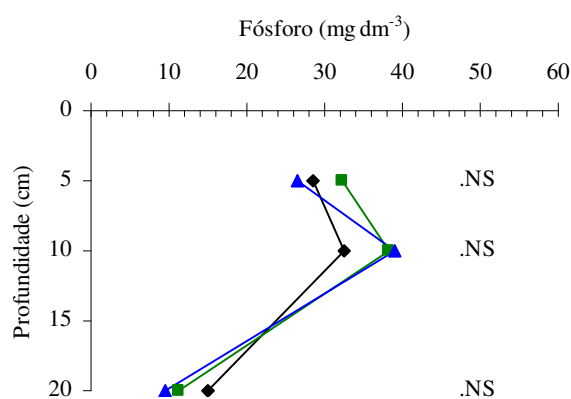


Figura 19. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de fósforo do solo, em diferentes profundidades. ♦ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

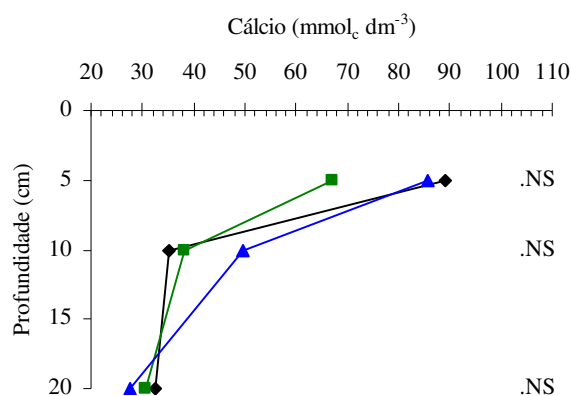


Figura 20. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de cálcio do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

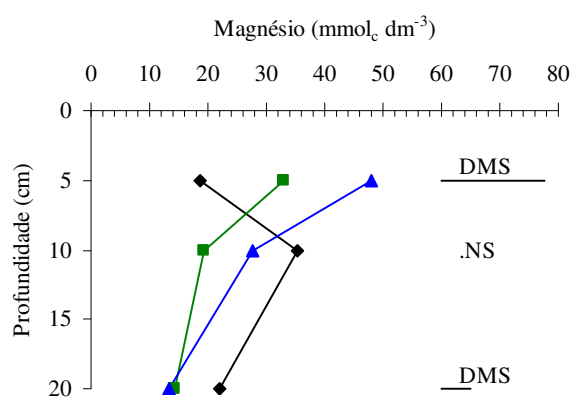


Figura 21. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de magnésio do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

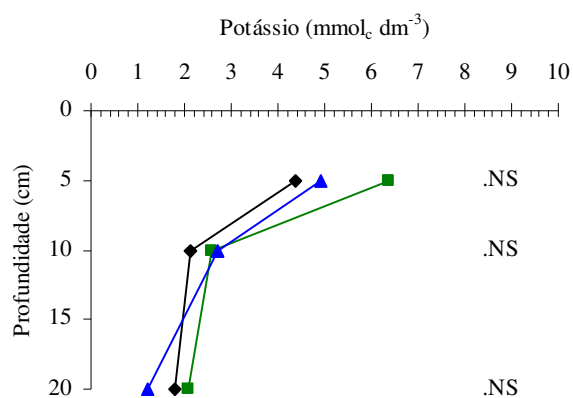


Figura 22. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de potássio do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

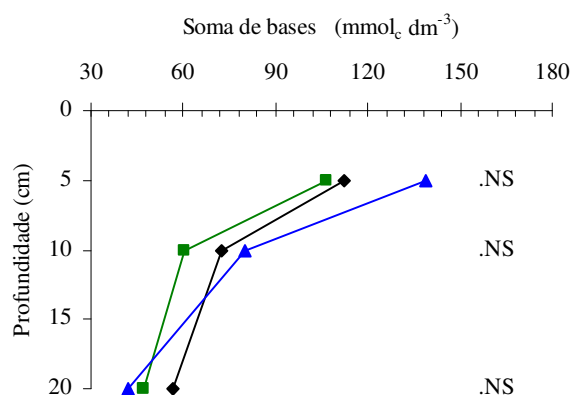


Figura 23. Efeito do sistema de cultivo sobre os valores de soma de bases do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

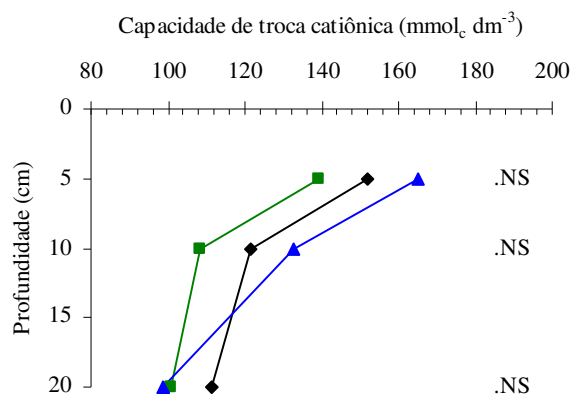


Figura 24. Efeito do sistema de cultivo sobre a CTC do solo, em diferentes profundidades. ♦ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

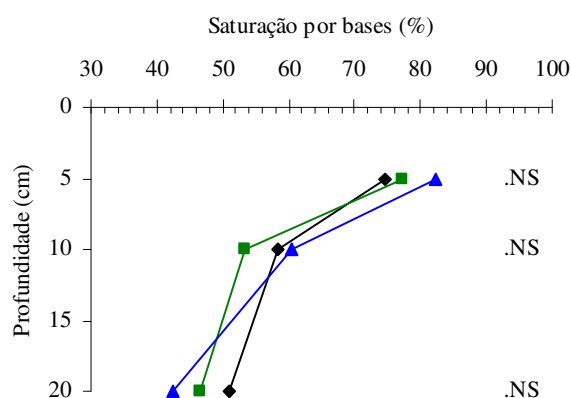


Figura 25. Efeito do sistema de cultivo sobre V% do solo, em diferentes profundidades. ♦ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

6.1.5 Análise econômica dos tratamentos

Os custos operacionais de produção, receitas brutas totais, lucros operacionais e os índices de lucratividade por hectare em razão dos sistemas de cultivos e da adubação nitrogenada estão apresentados na Tabela 15. Um modelo da planilha detalhada de custo de produção do milho encontra-se no Apêndice.

Ao analisar a variação dos custos de produção entre os sistemas de cultivos, nota-se que, independente da adubação nitrogenada, as variações entre os sistemas de cultivo solteiro com os consorciados com *B. brizantha* e *P. maximum* foram de R\$ 68,25 e R\$ 73,50, respectivamente. Isto deve-se somente aos custos adicionais com as sementes das forrageiras nos cultivos consorciados. O custo de produção obtido no presente trabalho, no sistema solteiro, foi superior ao constatado por Leal et al. (2005) que verificaram custo de R\$ 1.136,60 em sistema de monocultivo, com aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 15. Custo operacional total (COT, R\$ ha⁻¹), receita bruta (RB, R\$ ha⁻¹), lucro operacional total (LO, R\$ ha⁻¹) e índice de lucratividade (IL) do milho em razão do sistema de cultivo e da adubação nitrogenada. Botucatu-SP, 2005.

TRATAMENTOS		COT (R\$)	RB (R\$)*	LO (R\$)	IL (%)
Milho Solteiro	0	1016,82	1281,12	264,30	20,63
	50	1171,97	2037,60	865,63	42,48
	100	1327,12	2472,80	1145,68	46,33
	200	1637,42	2379,20	741,78	31,18
Milho + <i>B. brizantha</i>	0	1085,07	1247,68	162,61	13,03
	50	1240,22	1924,32	684,10	35,55
	100	1395,37	2361,60	966,23	40,91
	200	1705,67	2519,04	813,37	32,29
Milho + <i>P. maximum</i>	0	1090,32	1407,20	316,88	22,52
	50	1245,47	1886,72	641,25	33,99
	100	1400,62	2219,52	818,90	36,90
	200	1710,92	2444,80	733,88	30,02

* Considerou-se a média da produtividade dos anos agrícolas 2003/04 e 2004/05

A maior variação dos custos de produção entre os tratamentos deve-se ao nitrogênio aplicado, uma vez que o preço do kg do nutriente proveniente da uréia foi cotado em R\$ 2,96. Assim, na média dos sistemas de cultivos, a adubação com 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N correspondeu a 12,1, 21,5 e 35,1 % do custo operacional total, respectivamente.

De acordo com Silva et al. (2005) o nitrogênio é o nutriente mineral extraído em maior quantidade pelo milho, exercendo maior influência na produtividade de grãos, e o que mais onera o custo de produção da cultura.

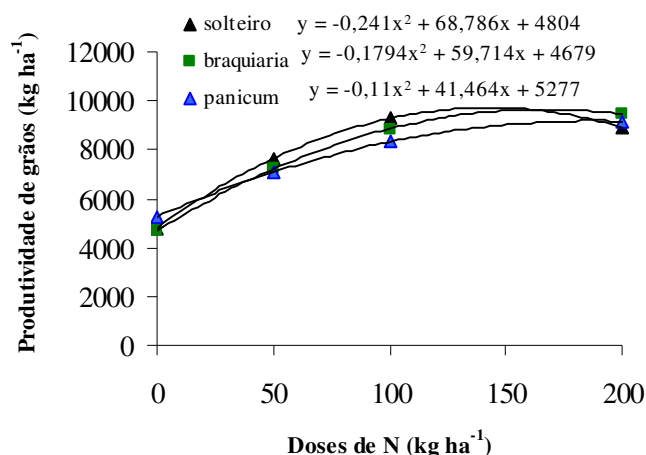


Figura 26. Produtividade de grãos de milho em razão da adubação nitrogenada. (Médias dos anos agrícolas 2003/04 e 2004/05). Botucatu – SP, 2005.

Com relação a receita bruta constata-se maiores valores, em todos os sistemas de cultivo, a medida em que aumentou a adubação nitrogenada, exceto para o sistema de cultivo solteiro na dose de 200 kg ha⁻¹ de N. Este resultado está diretamente relacionado aos resultados obtidos para a produtividade de grãos (Figura 26).

O lucro operacional apresentou as menores receitas nas doses de 200 kg ha⁻¹, em todos os sistemas de cultivos. Isto é devido as respostas quadráticas obtidas na produtividade de grãos. Verifica-se, na média dos dois anos agrícolas, que a máxima eficiência agrônômica foi atingida nas doses de 143, 166 e 189 kg ha⁻¹ de N, para os sistemas de cultivos solteiro, consorciado com *B. brizantha* e *P. maximum*, respectivamente. Assim, constatou-se reduções no índice de lucratividade de 33, 21 e 19 %, quando comparada a dose de 100 e 200 kg ha⁻¹ de N, para os sistemas solteiro, consorciado com *B. brizantha* e *P. maximum*, respectivamente. Silva et al. (2005) obtiveram receita líquida de U\$ 145,97 com a aplicação de

120 kg ha⁻¹ de N. Na ausência da adubação nitrogenada, esses mesmos autores constataram receita líquida negativa (US\$ -74,28) com a produtividade de grãos de 4307 kg ha⁻¹.

Em termos econômicos os maiores valores de índice de lucratividade foram verificados, para todos os sistemas de cultivo, quando utilizou-se da dose de 100 kg ha⁻¹ de N, obtendo valores de 46,33, 40,91 e 36,90 %, para os sistemas solteiro, consorciado com *B. brizantha* e *P. maximum*, respectivamente. Os valores constatados no presente trabalho são superiores aos obtidos por Leal et al. (2005) e Silva et al. (2005), que verificaram índices de 25,36 e 20,17%, em produtividades de grãos de 5823 e 7240 kg ha⁻¹, respectivamente.

É importante salientar que mesmo na ausência da adubação nitrogenada o índice de lucratividade foi positivo. Provavelmente isso deve-se às boas condições climáticas, como ocorrências de precipitações pluviais e temperaturas adequadas no período de desenvolvimento da cultura. Assim, a ausência da adubação nitrogenada acabou por reduzir o lucro operacional e o índice de lucratividade, mas possibilitou demonstrar que em sistema de semeadura direta as práticas culturais empregadas possibilitam maior lucro ao produtor de milho. Sem aplicação de nitrogênio, Silva et al. (2005) obtiveram índice de lucratividade de -17,37 %.

Quanto às doses de N testadas, considerando-se somente a relação preço do N/preço do milho de 11,10/1, observou-se que a máxima eficiência econômica foi alcançada nas doses de 119, 135 e 138 kg ha⁻¹ de N, para os sistemas de cultivos solteiro, consorciado com *B. brizantha* e *P. maximum*, respectivamente.

Resultados nesse sentido foram também observados por Silva et al. (2005), trabalhando com quatro doses de N em cobertura (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹), verificando que os dados de produtividade de grãos foi ajustado a função quadrática, e que 126 kg ha⁻¹ de N foi suficiente para a obtenção da produtividade máxima econômica.

Mello (2003) trabalhando com a cultura do sorgo obteve em média de três cortes, produção acumulada de 21259 kg ha⁻¹ de massa de matéria seca. Neste mesmo trabalho, a lotação animal na área experimental foi de 1100 cabeças no primeiro pastejo; 800 cabeças no segundo pastejo e 500 cabeças no terceiro pastejo. O ganho médio de peso vivo durante os três pastejos foi de 0,7 kg⁻¹ animal⁻¹ dia⁻¹, totalizando um ganho de 46600 kg de peso vivo nos 75 ha; considerando um rendimento médio de carcaça de 52%, o ganho foi de 23951 kg de carne nos 75 ha, correspondendo a 319 kg ou 21,3 arrobas de carne ha⁻¹.

Considerando o preço da arroba do boi de R\$ 41,00, a receita bruta gerada no sistema foi de R\$ 872,48 ha⁻¹. A análise econômica da produção mostrou que o sistema foi economicamente viável, gerando uma receita líquida de R\$ 263,71 ha⁻¹; com relação benefício/custo de 1,43 e índice de lucratividade de 30,2%.

Vale ressaltar que no presente trabalho em razão de não ter utilizado animais na área experimental, a análise econômica levou em conta somente a cultura do milho, não levando em consideração a produção de forragem. No entanto, as vantagens das forrageiras nos sistemas de produção podem ser mensuradas indiretamente por meio dos efeitos benéficos provocados nas características físicas, químicas e biológicas do solo. Além disso, as forrageiras semeadas simultaneamente a cultura do milho pode gerar receita para o sistema, uma vez que, após a colheita da cultura do milho, pode-se produzir arrobas de carne ou litros de leite. O período de pastejo na área aconteceria nos meses de abril à outubro, período este que a oferta de massa de matéria seca das pastagens é muito baixa e o preço da arroba de carne é mais elevada. No mês de outubro retiram-se os animais e após uns 15 a 20 dias realiza-se a dessecação para possibilitar a semeadura da próxima cultura de verão sobre a palhada das forrageiras.

6.2 Experimento com sorgo

Ressalta-se que na safra agrícola de 2002/03 não houve a instalação dos tratamentos com *Panicum maximum*. Desta forma, serão apresentados e discutidos primeiramente os resultados da safra agrícola de 2002/03, e após os das safras 2003/04 e 2004/05.

6.2.1 Diagnose foliar do sorgo

Na Tabela 16 estão expressos os resultados da diagnose foliar do sorgo, referente aos macronutrientes. Constata-se que os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre não foram afetados pela interação dos fatores aplicados, assim como não houve efeito isolado dos fatores.

Verifica-se que pelos valores descritos por Cantarella et al. (1997), os teores de N e P, estão no nível de suficiência preconizado, embora o K e S se encontrem abaixo e, o Ca e Mg acima do ideal (Figura 27).

Apesar da adubação potássica de semeadura ter sido realizada para obtenção de alta produtividade e o teor de K do solo ser considerado médio, tal efeito não se refletiu no tecido foliar, pois em todas as situações constataram-se teores abaixo da faixa adequada (14 a 25 g kg¹) (CANTARELLA, 1997).

Lange et al. (2006) relataram o aumento da disponibilidade de S com o incremento da adubação nitrogenada, face ao estímulo da mineralização de resíduos orgânicos. No entanto, no presente estudo tal efeito não foi constatado, pois não houve efeito de doses de N e os teores encontraram-se no nível considerado abaixo do adequado para a cultura do sorgo (CANTARELLA, 1997). Um aspecto relevante quanto à fertilidade dos solos diz respeito ao aumento na porcentagem de solos deficientes em enxofre, que vem ocorrendo, entre várias razões, pela não reposição adequada do S exportado pelos grãos. Mesmo em solos com teores consideráveis de matéria orgânica (principal fonte de enxofre), como no sistema de semeadura direta, para que o S seja liberado (mineralização) é preciso que se tenha uma matéria orgânica com relação C/S adequada, o que é difícil quando se tem no sistema restos de vegetais com alta relação C/N.

A adequada nutrição das plantas de sorgo, para a maioria dos nutrientes, e a ausência de resposta da adubação nitrogenada pode ser atribuída, em parte, ao efeito benéfico da rotação de culturas empregada por vários anos na área experimental, a qual devido o grande aporte de material vegetal na superfície do solo, disponibilizou gradualmente os macronutrientes para a absorção das plantas.

Tabela 16. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do sorgo. Botucatu-SP, 2002/03.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
.....g kg ⁻¹						
Sistema de cultivo						
Solteiro	35,1 a	3,8 a	7,9 a	9,6 a	7,3 a	0,7 a
Consortiado	37,0 a	3,9 a	10,6 a	9,5 a	7,7 a	0,7 a
Valor de F para regressão						
Doses de N						
R.L.	2,57 ns	1,49 ns	0,75 ns	0,14 ns	0,00 ns	0,52 ns
R.Q.	0,88 ns	0,81 ns	2,69 ns	0,00 ns	0,98 ns	0,06 ns
SC x DN						
Solteiro						
R.L.	2,31 ns	0,28 ns	0,60 ns	3,61 ns	0,91 ns	0,53 ns
R.Q.	0,13 ns	0,33 ns	0,46 ns	0,78 ns	3,39 ns	2,61 ns
Consortiado						
R.L.	0,91 ns	3,10 ns	0,28 ns	1,84 ns	0,95 ns	0,15 ns
R.Q.	1,19 ns	0,11 ns	3,10 ns	0,82 ns	0,42 ns	3,91 ns
C.V. (%)						
SC	6,04	12,74	12,78	9,70	20,10	11,41
DN	10,07	5,81	17,43	11,95	12,67	17,97

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

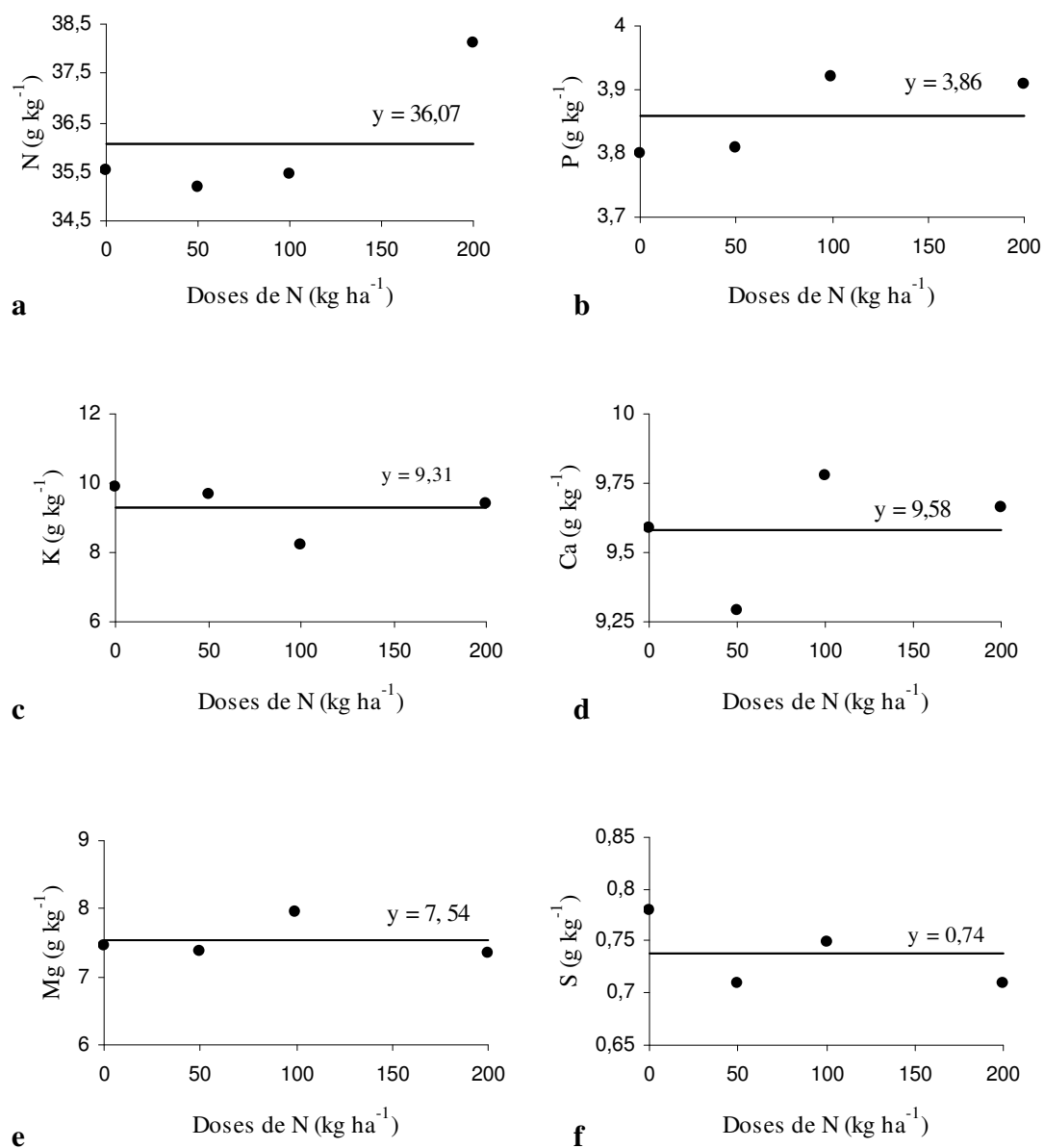


Figura 27. Diagnose foliar de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) no sorgo, em função da adubação nitrogenada. Botucatu-SP, 2002/03.

Os resultados da diagnose foliar do sorgo, referente aos macronutrientes, nos dois anos agrícolas (2003/04 e 2004/05), estão contidos nas Tabelas 17 e 18. Constatou-se, na safra 2003/04, para os teores de potássio e magnésio, que não houve efeito isolado dos fatores, assim como não foram afetados pela interação dos fatores. Já na safra 2004/05 verificou-se efeito da interação dos fatores aplicados para todos os nutrientes.

Na safra 2003/04, o teor de nitrogênio obedeceu a uma função quadrática para os sistemas de cultivo consorciados e linear para o cultivo solteiro (Figura 28a). Verifica-se que na ausência da adubação nitrogenada, nos sistemas de cultivos consorciados, o teor do elemento nas folhas ficou aquém do nível considerado adequado para a cultura (25 a 35 g kg⁻¹) (CANTARELLA et al. 1997), de forma que, somente atingiram o limite considerado mínimo nas doses estimadas de 40 e 55 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, para o cultivo consorciado com *B. brizantha* e *P. maximum*. Tal fato pode estar relacionado a maior demanda do nutriente nos sistemas consorciados, visto a grande exigência por este elemento em ambas as espécies cultivadas.

Na safra 2004/05, verifica-se que, exceção ao sistema consorciado com *B. brizantha* que teve comportamento quadrático, os teores de N aumentaram linearmente com o incremento da adubação nitrogenada (Figura 28a'). Ressalta-se, também, que na ausência da adubação nitrogenada, todos os sistemas de cultivo tiveram teores foliares abaixo do nível adequado para a cultura do sorgo, apesar de estarem próximos ao limite mínimo adequado.

Com relação ao teor de P, observa-se nas safras 2003/04 e 2004/05, respostas quadráticas no cultivo consorciado com *B. brizantha*, atingindo os maiores teores nas doses estimadas de 134 e 110 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figuras 28b e b'). De acordo com Silva et al. (2003) em solos cultivados com *B. brizantha* verifica-se menores teores de P nas frações pouco lábeis e maiores nas frações mais lábeis, de forma a favorecer a absorção do elemento pelas plantas.

Quanto ao teor de K na safra 2003/04 não se verificou efeito dos sistemas de cultivos, bem como da adubação nitrogenada (Figura 28c). Já na safra 2004/05 constata-se que os cultivos solteiro e consorciado com *P. maximum* ajustaram a uma função quadrática, e o cultivo consorciado com *B. brizantha* não foi influenciado pela adubação nitrogenada (Figura 28c'). No entanto, em todas as doses de N o teor de K no cultivo

consorciado com *B. brizantha* foi superior ao solteiro, o que, pode estar relacionado a capacidade de reciclagem deste nutriente pela forrageira (GARCIA et al., 2006).

O teor de cálcio, na safra 2003/04, aumentou linearmente com o incremento das doses de N no sistema de cultivo consorciado com *B. brizantha*, sendo que no consórcio com *P. maximum* observou-se ajuste quadrático (Figura 29a). Para o sistema de cultivo solteiro não se observou influência da adubação nitrogenada no teor de Ca. Entretanto, na safra 2004/05 a resposta linear foi constatada no consórcio com *P. maximum* e o efeito quadrático no sistema solteiro (Figura 29a'). Apesar dos efeitos verificados, em todos os tratamentos os valores encontraram-se na faixa adequada para a cultura do sorgo (CANTARELLA, 1997), sendo reflexo da calagem realizada antes da instalação do experimento.

No que se refere ao teor de magnésio, pode-se verificar que, exceção ao sistema de cultivo consorciado com *B. brizantha* na safra 2004/05 que reduziu linearmente com as doses de N aplicado, não houve efeito significativo da interação dos fatores sistemas de cultivo e de doses de N (Tabela 18), bem como, não se constatou efeito isolado desses fatores para os dois anos agrícolas (Figuras 29 b e b'). Os teores foliares situaram-se dentro dos níveis adequados para a cultura do sorgo, evidenciando novamente o efeito benéfico da calagem.

Para o teor de enxofre, na safra 2003/04, verifica-se comportamento quadrático em todos os sistemas de cultivo, obtendo o máximo teor na dose calculada de 108, 115 e 115 kg ha⁻¹ de N, para os sistema de cultivo solteiro, consorciado com *B. brizantha* e consorciado com *P. maximum*, respectivamente (Figura 29c). Já na safra 2004/05 nota-se efeito somente no sistema de cultivo consorciado com *B. brizantha*, sendo este quadrático às doses de N (Figura 29c'). No entanto, na ausência da adubação nitrogenada, observa-se o menor teor do elemento no cultivo consorciado com *B. brizantha*. Exceção ao sistema consorciado com *B. brizantha* na safra 2004/05, em todos os tratamentos os teores encontraram-se na faixa adequada para a cultura do sorgo.

Tabela 17. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do sorgo em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.

Tratamentos	N		P		K	
	g kg ⁻¹					
	2003-04	2004-05	2003-04	2004-05	2003-04	2004-05
Sistema de cultivo						
Solteiro	25,6 a	26,4 a	2,0 a	2,2 c	12,7 a	23,6 b
<i>B. brizantha</i>	27,2 a	25,6 a	2,9 a	3,2 b	13,3 a	26,7 a
<i>P. maximum</i>	31,3 a	25,5 a	2,3 a	3,6 a	12,7 a	24,8 b
Valor de F para regressão						
Doses de N						
R.L.	66,50 **	12,26**	8,53**	19,60**	0,00 ns	11,66 **
R.Q.	5,57 *	8,31*	16,73**	72,58**	1,05 ns	0,93 ns
SC x DN						
Solteiro						
R.L.	23,93 **	6,14*	3,15 ns	0,43 ns	0,36 ns	3,11 ns
R.Q.	0,44 ns	0,15 ns	6,12 *	8,61 **	0,05 ns	6,34 *
<i>B. brizantha</i>						
R.L.	21,41 **	0,98 ns	3,54 ns	33,52**	0,00 ns	0,00 ns
R.Q.	4,90 *	7,96**	8,07 **	28,76**	2,09 ns	1,28 ns
<i>P. maximum</i>						
R.L	29,16 **	8,26**	3,36 ns	0,06ns	0,31 ns	8,13 **
R.Q	7,67**	4,04 ns	5,62 *	3,39 ns	0,08 ns	7,40 *
C.V. (%)						
SC	10,87	11,18	10,77	12,22	12,44	6,15
DN	14,23	10,52	17,09	19,31	7,66	8,17

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

** , * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

Tabela 18. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a diagnose foliar de macronutrientes do sorgo em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.

Macronutrientes do sorgo em dois anos agrícolas: Botucatu SP, 2003.						
Tratamentos	Ca		Mg		S	
	g kg ⁻¹					
	2003-04	2004-05	2003-04	2004-05	2003-04	2004-05
Sistema de cultivo						
Solteiro	5,3	3,9	5,5 a	2,3 b	1,8	1,5 b
<i>B. brizantha</i>	5,6	3,6	5,7 a	2,6 a	1,7	1,7 a
<i>P. maximum</i>	4,9	4,1	6,1 a	2,3 b	2,0	1,5 b
Valor de F para regressão						
Doses de N						
R.L.	0,027 ns	15,22 **	3,16 ns	0,44 ns	28,80 **	42,65 **
R.Q.	1,889 ns	6,25 *	0,18 ns	0,50 ns	23,86 **	11,01 **
SC x DN						
Solteiro						
R.L.	0,52 ns	4,73 *	3,04 ns	0,28 ns	7,10 *	192,35**
R.Q.	0,17 ns	7,06 *	0,27 ns	1,88 ns	20,71 **	39,04**
<i>B. brizantha</i>						
R.L.	7,39 *	0,95ns	0,82 ns	7,24 *	13,52 **	0,41 ns
R.Q.	3,82 ns	0,31 ns	1,75 ns	0,83 ns	7,01 *	0,80 ns
<i>P. maximum</i>						
R.L	2,98 ns	20,12 **	0,31 ns	1,97 ns	17,73 **	0,02 ns
R.Q	14,45 **	0,18 ns	0,00 ns	2,20 ns	5,79 *	0,09 ns
C.V. (%)						
SC	19,92	7,61	14,61	6,95	2,07	11,94
DN	16,68	9,49	17,63	11,69	6,44	8,09

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

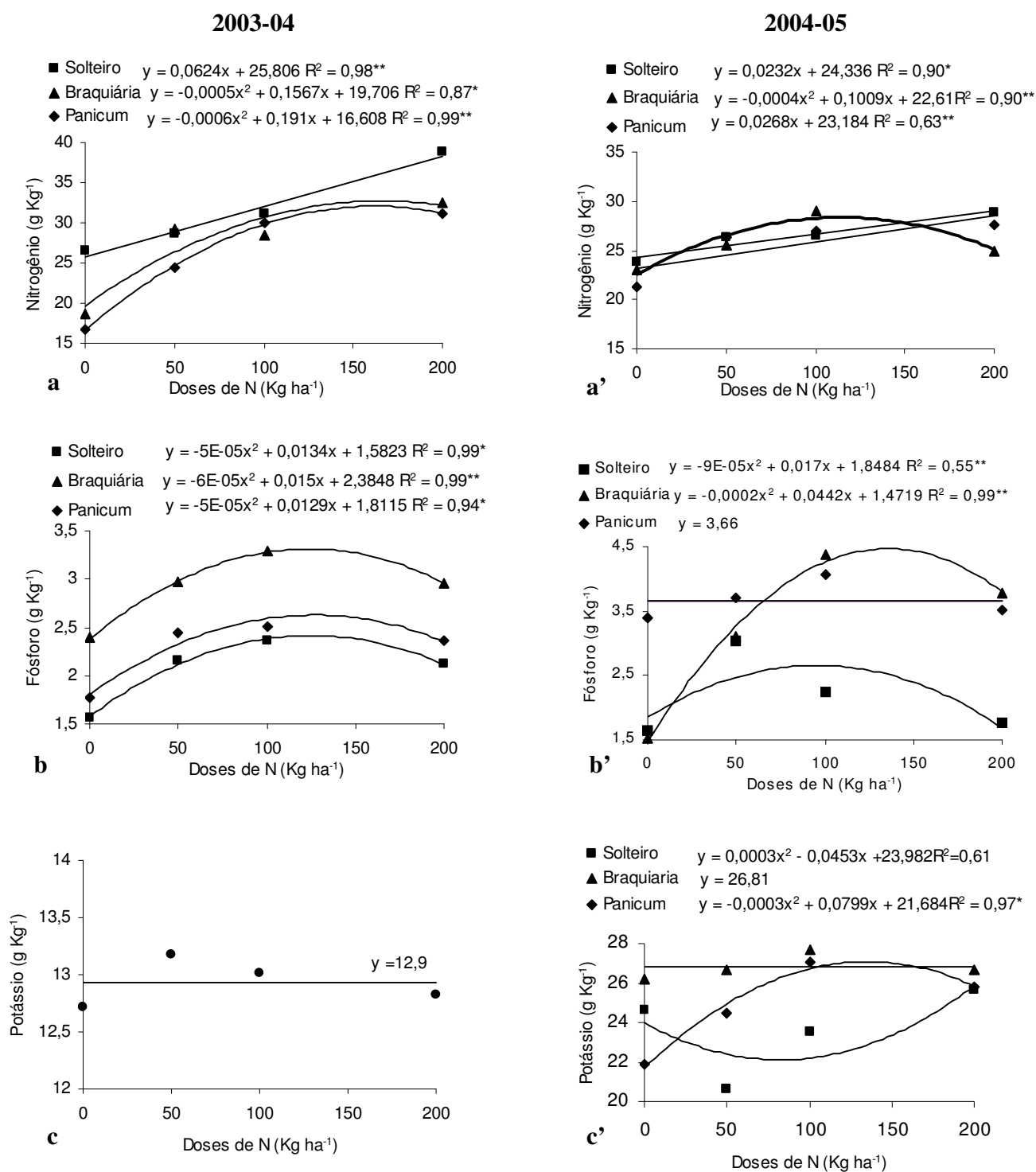


Figura 28. Diagnose foliar de nitrogênio (a, a'), fósforo (b, b'), potássio (c, c') no sorgo, em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.

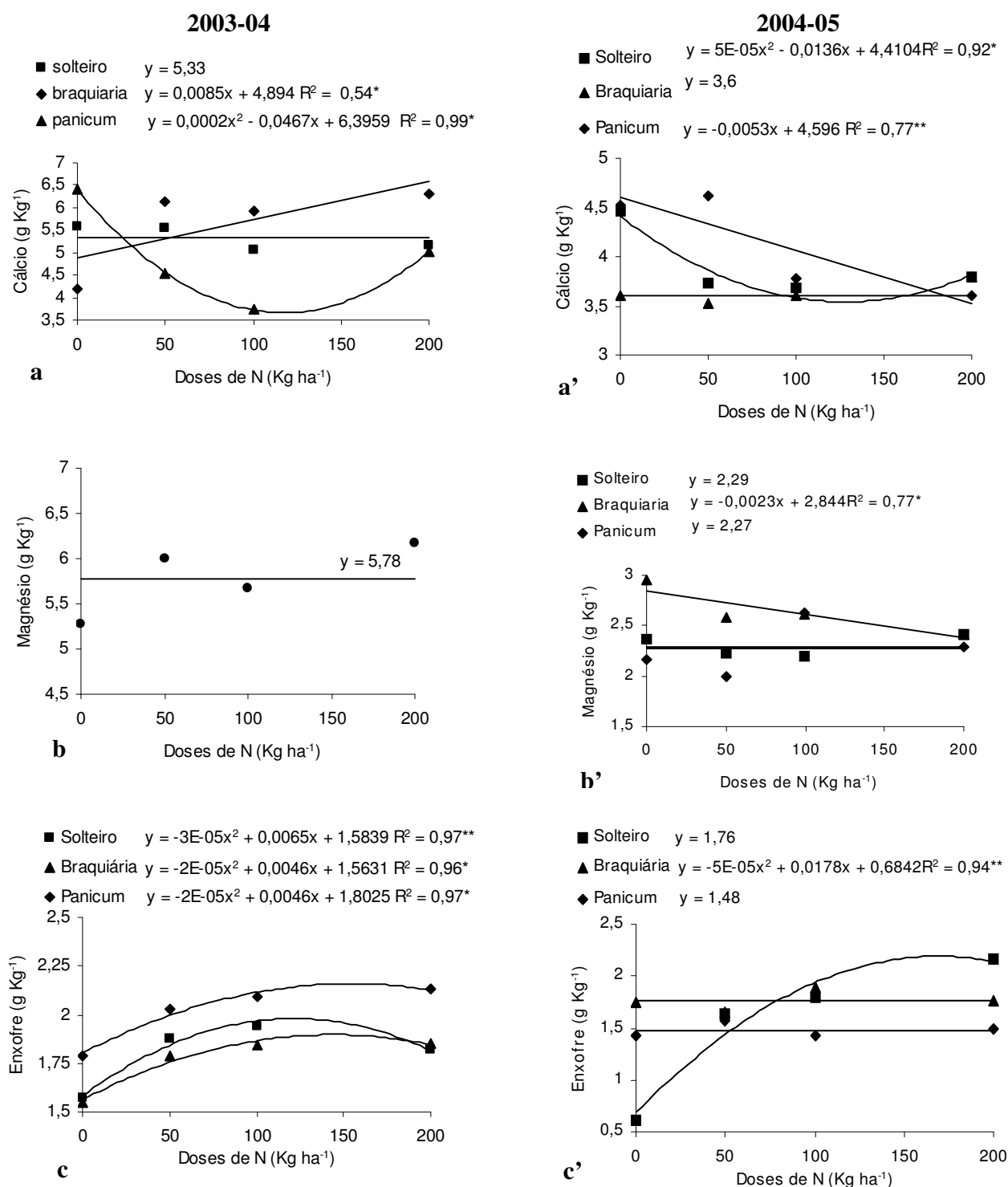


Figura 29. Diagnóstico foliar de cálcio (a, a'), magnésio (b, b') e enxofre (c, c') no sorgo, em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.

6.2.2 Características agronômicas do sorgo

Na Tabela 19 estão os resultados de altura de planta, diâmetro de colmo e produção de massa de matéria seca do sorgo em função do sistema de cultivo e da adubação nitrogenada, no ano agrícola de 2002/03. Constata-se que nenhuma variável foi influenciada pelo sistema de cultivo, assim como não foi verificado efeito da adubação nitrogenada (Figura 30).

Tabela 19. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a altura de plantas, diâmetro de colmos e produção de massa de matéria seca do sorgo. Botucatu – SP, 2003.

Tratamentos	Altura de Plantas cm	Diâmetro de Colmos mm	M. S. kg ha ⁻¹
Sistema de cultivo			
Solteiro	170 a	9,7 a	15506 a
Consortiado	166 a	10,8 a	12552 a
Valor de F para regressão			
Doses de N			
R.L.	3,30 ns	0,10 ns	0,10 ns
R.Q.	0,08 ns	0,07 ns	0,10 ns
SC x DN			
Solteiro			
R.L.	0,78 ns	0,02 ns	0,31 ns
R.Q.	1,60 ns	0,02 ns	0,12 ns
Consortiado			
R.L.	2,51 ns	0,03 ns	0,02 ns
R.Q.	2,71 ns	0,06 ns	0,57 ns
C.V. (%)			
SC	1,44	12,42	26,92
DN	1,24	12,06	21,24

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

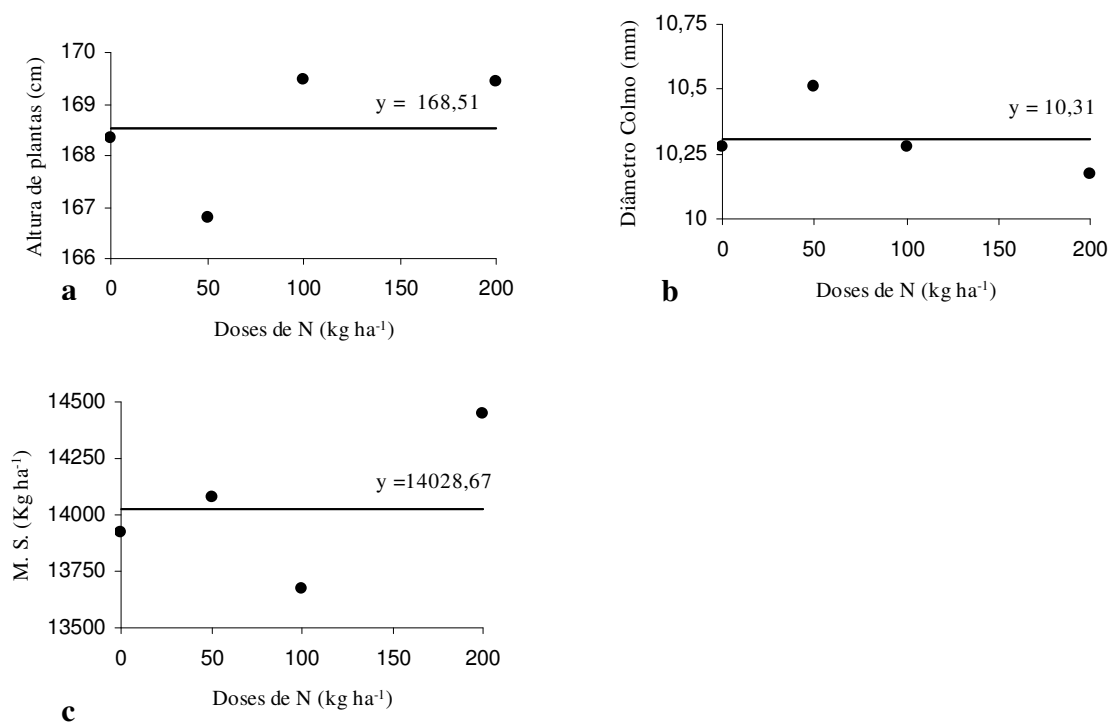


Figura 30. Altura de plantas (a), diâmetro de colmo (b) e produção de massa de matéria seca (c) do sorgo, em função da adubação nitrogenada. Botucatu-SP, 2003.

O sistema de cultivo não afetou significativamente a altura de plantas (Tabela 19), demonstrando a não competição da *B. brizantha* com a cultura do sorgo (COBUCCI, 2003). Também, não houve efeito da adubação nitrogenada (Figura 30a), corroborando aos resultados obtidos por Oliveira et al. (2005). No entanto, esses resultados discordam dos obtidos por Fernandes et al. (1991) e Noetzold et al. (2006), que verificaram resposta quadrática e linear, respectivamente, para esta variável com o incremento da adubação nitrogenada.

Comportamento semelhante foi observado para diâmetro de colmo, ou seja, não houve efeito da interação dos fatores, assim como, não verificou-se efeito isolado de sistema de cultivo e doses de N (Figura 30b).

Para a produção de massa de matéria seca não se constatou efeito dos tratamentos (Figura 30c). Sá et al. (2006) trabalhando com 8 cultivares de sorgo, também, não verificaram efeito às doses de N para esta variável. Esses resultados corroboram com os de Oliveira et al. (2005) e de Noetzold et al. (2006), que afirmaram que a produtividade de massa de matéria seca do sorgo geralmente se correlaciona com a altura da planta.

Os resultados obtidos para estande, fertilidade de colmos, comprimento de panículas, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de sorgo em função do sistema de cultivo e da adubação nitrogenada encontram-se na Tabela 20. Constata-se que, com exceção à massa de 1000 grãos, nenhuma variável foi afetada significativamente pelos fatores. No entanto, para massa de 1000 grãos verificou-se efeito da interação dos fatores sistemas de cultivo e doses de N.

Para estande, fertilidade de colmos, comprimento de panículas não se constatou efeito de sistema de cultivo (Tabela 20), bem como não se verificou efeito da adubação nitrogenada (Figuras 31a, 31b, 31c). Segundo Cantarella et al. (1997), a densidade ideal para o sorgo granífero esta entre 150 e 200 mil plantas por hectare, tendo como objetivo a redução do acamamento, o que normalmente ocorre em populações maiores. No presente trabalho nota-se a média de 191 mil plantas por hectare, estando de acordo com o ideal preconizado.

Com relação à massa de 1000 grãos constata-se efeito da interação entre os fatores aplicados, sendo que apenas no cultivo solteiro houve resposta à adubação nitrogenada, aumentando linearmente com o incremento das doses de N (Figura 31d). Para essa característica, o cultivo consorciado não foi influenciado pela adubação nitrogenada, ficando na média com 27 gramas em todas as doses. Souza et al. (2006) verificaram decréscimos nos valores de massa de 1000 grãos quando da utilização de cultivos consorciados com *B. brizantha* e *P. maximum*, atribuindo tal fato a competição exercida entre essas espécies e o sorgo.

Quanto à produtividade de grãos constata-se que o fator sistemas de cultivo não exerceu influência significativa nesta variável (Tabela 20), o que também foi verificado para o fator doses de N (Figura 31e), assim como não houve efeito significativo da interação desses fatores. A ausência de efeito da produtividade de grãos ao sistema de cultivo e a adubação nitrogenada é consequência, principalmente, dos resultados verificados para

estande, fertilidade de colmos, comprimento de panículas, uma vez que, estes componentes não foram alterados com os tratamentos aplicados, por conseguinte refletiram na produtividade de grãos.

Possivelmente, os bons resultados obtidos podem ser atribuídos às boas condições climáticas prevalecentes durante o ciclo vegetativo da cultura, que contribuíram para adequada absorção de nutrientes e o bom potencial produtivo do híbrido utilizado.

De maneira geral, a falta de efeito a aplicação de nitrogênio pode ser explicada pelo período em que a área vem sendo cultivada em sistema de semeadura direta e com rotação de culturas, proporcionando manutenção permanente da cobertura do solo. Assim, o aporte de N existente neste solo é oriundo, provavelmente, do uso constante de adubos nitrogenados na área, da mineralização da matéria orgânica da palhadas de milho, aveia e leguminosas (soja) utilizadas em rotação e de restos de culturas e plantas daninhas dessecados a cada nova semeadura.

Tabela 20. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre o estande, fertilidade de colmos, comprimento de panículas, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos do sorgo. Botucatu – SP, 2003.

Tratamentos	Estande	Fertilidade de Colmos	Comprimento de Panículas	Massa de 1000 Grãos	Produtividade
	plantas ha ⁻¹	%	cm	g	kg ha ⁻¹
Sistema de cultivo					
Solteiro	190972 a	97,91 a	24,71 a	29,63 a	4753 a
Consortiado	192316 a	98,91 a	23,60 a	26,94 a	5836 a
Valor de F para regressão					
Doses de N					
R.L.	0,17 ns	0,69 ns	0,01 ns	4,98*	0,51 ns
R.Q.	2,22 ns	0,85 ns	0,14 ns	0,45 ns	0,16 ns
SC x DN					
Solteiro					
R.L.	0,11 ns	1,49 ns	0,04 ns	9,08**	0,28 ns
R.Q.	1,12 ns	0,00 ns	0,02 ns	2,01 ns	0,33 ns
Consortiado					
R.L.	0,06 ns	0,02 ns	0,01 ns	0,32 ns	1,29 ns
R.Q.	1,10 ns	1,77 ns	0,13 ns	0,12 ns	1,26 ns
C.V. (%)					
SC	20,67	3,62	8,18	0,85	29,51
DN	20,16	3,64	7,33	2,57	25,31

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

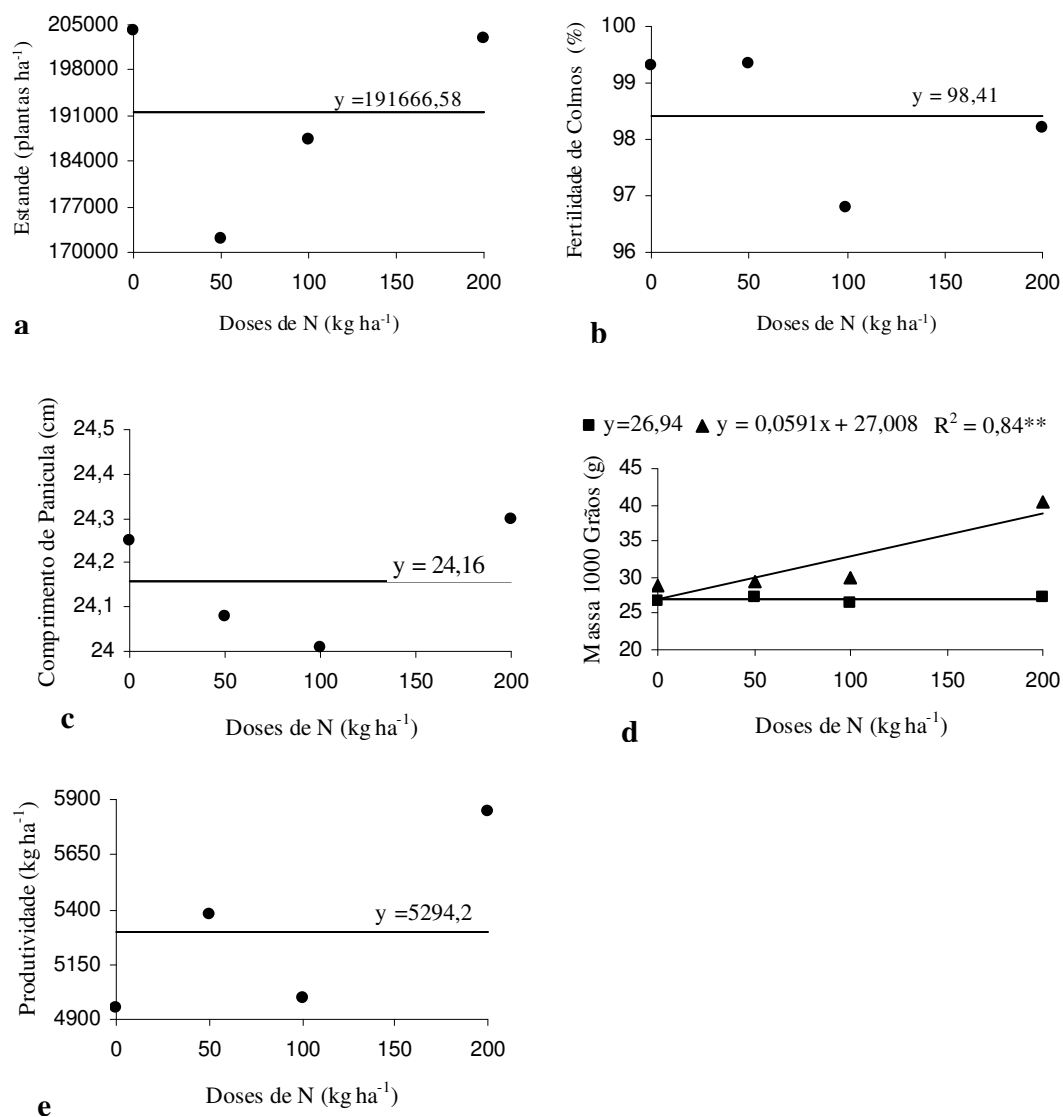


Figura 31. Estande (a), fertilidade de colmos (b), comprimento de panículas (c), massa de 1000 grãos (d) e produtividade do sorgo (e), em função da adubação nitrogenada, adubação nitrogenada. $\blacktriangle$ sistema de cultivo solteiro, $\blacksquare$ sistema de cultivo consorciado. Botucatu – SP, 2003.

Na Tabela 21 estão os resultados de altura de planta, diâmetro de colmo e produção de massa de matéria seca do sorgo em função do sistema de cultivo e da adubação nitrogenada. Constatou-se que, com exceção da produção de massa de matéria seca, que não sofreu efeito de nenhum dos fatores estudados na safra 2003/04, todas as demais variáveis foram influenciadas pela interação dos fatores nos dois anos agrícolas.

Para altura de plantas observa-se respostas lineares para os sistemas de cultivo consorciados com as forrageiras e relação quadrática para o sistema de cultivo solteiro (Figura 32a). Já na safra 2004/05 ocorreu resposta quadrática para o sistema de cultivo consorciado com *P. maximum*, atingindo o maior valor na dose calculada 92 kg ha⁻¹ de N. Nos sistemas de cultivo solteiro e consorciado com *B. brizantha* não houve efeito significativo dos fatores, com média de 114 e 111 cm de altura em todas as doses, respectivamente (Figura 32a'). A influência da altura de plantas à adubação nitrogenada é reportada por vários autores (FERNANDES et al., 1991; NOETZOLD et al.; 2006)

Quanto ao diâmetro de colmo constatou-se acréscimos lineares à medida em que aumentou a adubação nitrogenada nos sistemas de cultivos solteiro e consorciado com *P. maximum*. Já no consórcio com *B. brizantha* não houve efeito as doses de N (Figura 32b). Já, na safra 2004/05, a resposta foi linear em todos os sistemas de cultivos (Figura 32b'). É de interesse que plantas mais altas tenham colmos de maior diâmetro para se tornarem mais resistente ao acamamento.

No tocante a produção de massa de matéria seca, pode-se verificar que não houve efeito significativo da interação dos fatores sistemas de cultivo e de doses de N (Tabela 21) bem como não se constatou efeito isolado desses fatores (Figura 32c) no ano agrícola 2003/04. Na safra seguinte observou-se incremento linear da produção de massa de matéria seca com aumento da dose de N no sistema de cultivo consorciado com *P. maximum* e uma relação quadrática no sistema de cultivo solteiro e consorciado com *B. brizantha* (Figura 32 c').

Tabela 21. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre a altura de plantas, diâmetro de colmos e produção de massa de matéria seca do sorgo em dois anos agrícolas. Botucatu -SP, 2005.

Tratamentos	Altura de Plantas		Diâmetro de Colmos		M. S.	
	cm		mm		kg ha ⁻¹	
	2003-04	2004-05	2003-04	2004-05	2003-04	2004-05
Sistema de cultivo						
Solteiro	96,6 a	113,8 a	10,6 a	16,9 a	9036 a	8815 a
<i>B. brizantha</i>	92,6 a	110,2 a	10,1 a	17,9 a	10552 a	7850 a
<i>P. maximum</i>	95,8 a	113,1 a	10,5 a	18,3 a	9290 a	8524 a
Valor de F para regressão						
Doses de N						
R.L.	73,82 **	1,85 ns	26,20 **	54,56**	0,80 ns	244,88**
R.Q.	0,97 ns	2,43 ns	1,12 ns	0,01 ns	3,92 ns	1,25 ns
SC x DN						
			Solteiro			
R.L.	46,33 **	3,84 ns	15,12 **	18,99**	0,07 ns	125,71**
R.Q.	4,58 *	0,97 ns	0,11 ns	0,09 ns	1,53 ns	6,92*
			<i>B. brizantha</i>			
R.L.	11,56 **	0,31 ns	2,96 ns	12,44**	0,42 ns	57,98**
R.Q.	0,64 ns	0,29 ns	0,02 ns	0,06 ns	1,07 ns	28,56**
			<i>P. maximum</i>			
R.L.	17,81 **	0,96 ns	10,39 **	27,17**	0,70 ns	77,35**
R.Q.	0,09 ns	5,20 *	4,02 ns	0,13 ns	0,80 ns	0,56 ns
			C.V. (%)			
SC	7,7	5,02	12,85	12,00	35,8	12,49
DN	6,8	4,95	16,65	11,63	27,7	12,31

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente

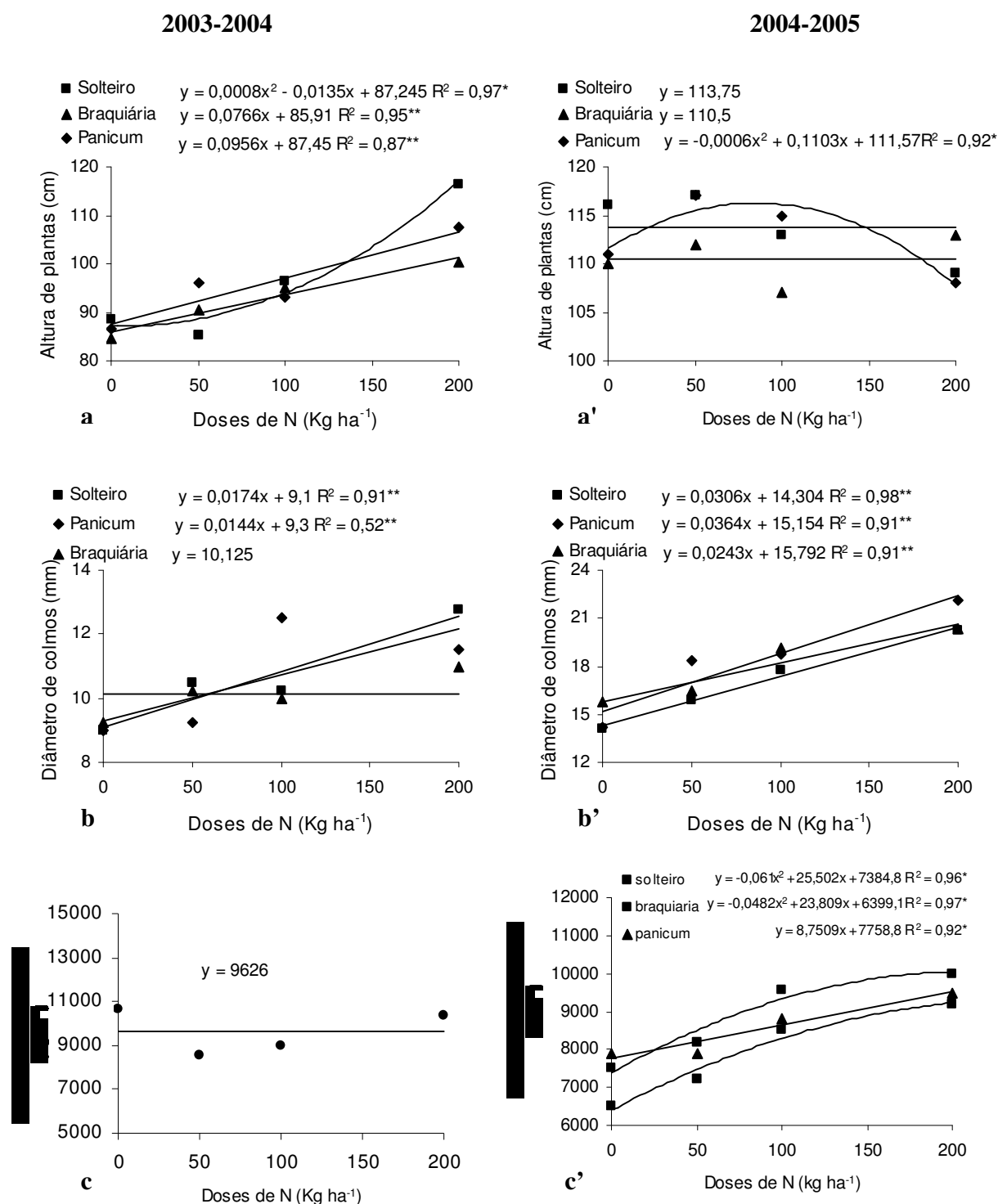


Figura 32. Altura de plantas (a, a'), diâmetro de colmos (b, b'), produção de massa de matéria seca (c, c') do sorgo, em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.

Os resultados obtidos, nas safras 2003/04 e 2004/05, referentes ao estande de plantas, fertilidade de colmos, comprimento de panículas, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos do sorgo em função do sistema de cultivo e da adubação nitrogenada encontram-se nas Tabelas 22 e 23. Constata-se, para a safra 2003/04, efeito significativo da interação dos fatores para fertilidade de colmos, comprimento de panículas e produtividade de grãos. Já para massa de 1000 grãos verificou-se efeito isolado do fator sistema de cultivo. Entretanto, a variável estande não sofreu efeito significativo dos fatores aplicados. Para a safra 2004/05 observa-se que, exceção a estande, influência dos fatores aplicados em todas as variáveis estudadas.

Para estande de plantas não se constatou efeito de sistema de cultivo, bem como não se verificou efeito da adubação nitrogenada (Figura 33a e 33a'), nas duas safras agrícolas. Noetzold et al. (2006), também, não constataram efeito da adubação nitrogenada no número de perfilhos por planta. De acordo com Magalhães et al. (2000) o grau de perfilhamento está relacionado a disponibilidade de fotoassimilados de reserva na planta mãe, ou seja, quanto maior a disponibilidade de fotoassimilados de reserva na planta maior será o grau de perfilhamento.

Quanto à fertilidade de colmos constatou-se, para todos os sistemas de cultivos, aumentos lineares com o incremento da adubação nitrogenada (Figura 33b). Para a safra 2004-05 verificou relação quadrática para o sistema de cultivo solteiro, e linear nos sistemas de cultivo consorciado em resposta as doses de nitrogênio aplicado (Figura 33b').

Com relação ao comprimento de panículas constata-se no cultivo solteiro e no consorciado com *P. maximum* efeito quadrático a adubação nitrogenada, sendo que no sistema de cultivo consorciado com *B. brizantha* a resposta foi linear (Figura 33c). Entretanto, na safra 2004/05, em todos os sistemas de cultivo, o comprimento da panícula aumentou linearmente com o incremento da adubação nitrogenada (Figura 33c'). Sá et al. (2006), avaliando o peso de panículas de sorgo em resposta a adubação nitrogenada observaram aumento de 45% nesta variável quando comparado a ausência da adubação nitrogenada e 80 kg ha⁻¹ de N.

Houve efeito significativo, na safra 2003/04, apenas do fator sistemas de cultivo sobre a massa de 1000 grãos (Tabela 23), sendo que no cultivo consorciado com *P. maximum* os grãos resultaram em maior peso diferindo do cultivo solteiro. Enquanto que para

as doses de N, não houve efeito significativo sobre essa variável (Figura 34a). Na safra seguinte observou-se no sistema consorciado com *P. maximum* decréscimo linear na massa de grãos com o incremento da adubação nitrogenada e no sistema consorciado com *B. brizantha* o efeito foi inverso (Figura 34 a'). Magalhães et al. (2000) relatam que as alterações na massa de sementes é uma compensação entre os componentes de produção na planta de sorgo, sendo o limite de variação na semente de 15 a 20%.

Quanto à produtividade de grãos na safra 2003-04 houve efeito apenas para os sistemas de cultivo consorciados com as forrageiras, que aumentaram de forma linear a adubação nitrogenada, o que não foi verificado para o sistema de cultivo solteiro (Figura 34b). Esse comportamento pode estar relacionado a maior demanda de N nos sistemas de cultivo consorciados face a maior exigência das forrageiras pelo nutriente e, também, a maior imobilização do nutriente temporariamente.

Na safra 2004-05 verificou-se aumentos lineares na produtividade de grãos em resposta a adubação nitrogenada nos sistemas de cultivo solteiro e consorciado com *B. brizantha*, e no sistema consorciado com *P. maximum* a resposta foi quadrática, atingindo o maior valor na dose calculada de 146 kg ha⁻¹ de N (Figura 34b'). Observa-se também que em todas as doses a produtividade de grãos no sistema de cultivo consorciado com *B. brizantha* foi superior ao sistema solteiro.

A presença da palhada das forrageiras na superfície do solo pode ter aumentado a capacidade de armazenamento de água da chuva, favorecendo a absorção de água e nutrientes pela planta de sorgo. Além disso, a maior proteção do solo com a palhada das forrageiras pode ter diminuído a oscilação e a ocorrência de altas temperaturas no solo (VOSS & SIDIRAS, 1985; MOROTE et al., 1990), favorecendo melhor exploração do volume do solo, uma vez que, o crescimento das raízes do sorgo está relacionado com a temperatura e umidade do solo (MAGALHÃES et al., 2000).

A baixa produtividade de grãos observadas em todos os tratamentos foi decorrente do intenso ataque de pássaros.

Tabela 22. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre estande, fertilidade de colmos e comprimento de panícula em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tratamentos	Estande		Fertilidade de Colmos		Comprimento de Panículas	
	plantas ha ⁻¹		%		cm	
	2003-04	2004-05	2003-04	2004-05	2003-04	2004-05
Sistema de cultivo						
Solteiro	199722 a	164765 a	70,23 a	78,43 a	20,37	27,89
Brachiaria	204777 a	165585 a	61,42 a	83,06 a	20,19	27,64
<i>P. maximum</i>	182757 a	129140 a	69,86 a	82,12 a	20,50	27,82
Valor de F para regressão						
Doses de N						
R.L.	2,83 ns	5,61ns	75,43 **	73,64 **	99,43 **	120,25**
R.Q.	2,35 ns	0,34 ns	2,28 ns	14,00**	15,54 **	0,77 ns
SC x DN						
Solteiro						
R.L.	2,05 ns	0,63 ns	38,89 **	10,27 **	37,26 **	50,54**
R.Q.	0,81 ns	1,35 ns	0,04 ns	4,70*	5,59 *	0,24 ns
<i>B. brizantha</i>						
R.L.	0,39 ns	9,88**	44,53 **	47,93**	16,41**	30,77**
R.Q.	0,06 ns	0,65 ns	2,52 ns	3,48 ns	0,80 ns	0,66 ns
<i>P. maximum</i>						
R.L.	0,41 ns	0,20 ns	7,80 **	6,09 *	33,30**	31,44**
R.Q.	1,71 ns	0,16 ns	1,76 ns	0,16 ns	9,20**	0,03 ns
C.V. (%)						
SC	31,2	13,04	13,3	6,95	13,51	5,11
DN	24,2	18,83	16,2	8,59	10,35	5,38

** , * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente
Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

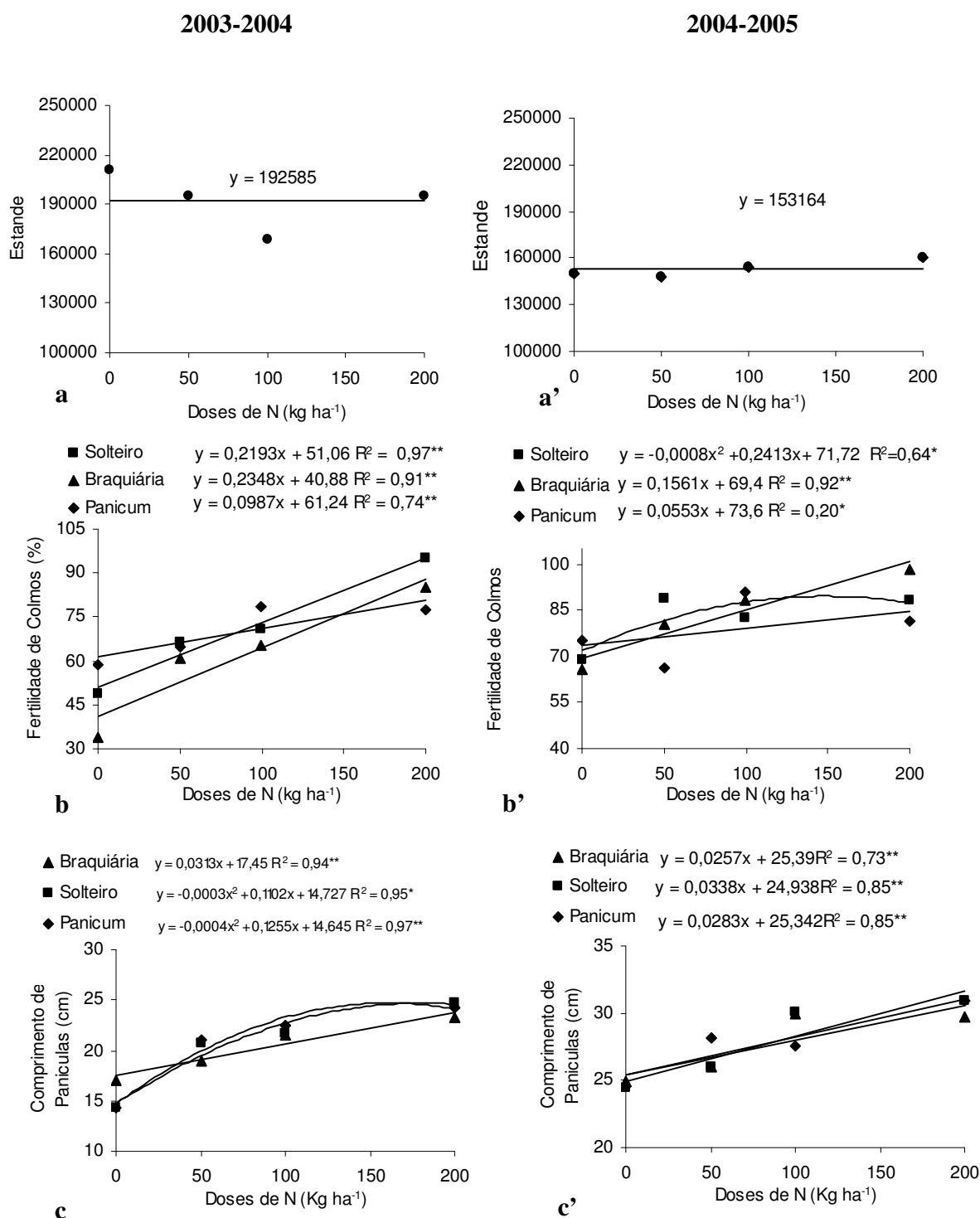


Figura 33. Estande (a, a'), fertilidade de colmos (b, b'), comprimento de panículas (c, c'), em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.

Tabela 23. Efeitos de sistemas de cultivo e doses de nitrogênio sobre produtividade do sorgo em dois anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tratamentos	Massa de 1000 Grãos		Produtividade	
	g		kg ha ⁻¹	
	2003-04	2004-05	2003-04	2004-05
Sistema de cultivo				
Solteiro	15,52 b	19,45 a	1830 a	2351b
<i>B. brizantha</i>	16,90 ab	17,10 b	1799 a	3208 a
<i>P. maximum</i>	17,60 a	17,20 a	2124 a	2637b
Valor de F para regressão				
Doses de N				
R.L.	2,05 ns	3,82 ns	14,07 **	54,79**
R.Q.	0,99 ns	2,56 ns	3,30 ns	12,32**
SC x DN				
			Solteiro	
R.L.	0,44 ns	0,70 ns	0,37 ns	16,00**
R.Q.	0,01 ns	0,18 ns	2,24 ns	1,80 ns
			<i>B. brizantha</i>	
R.L.	1,65 ns	7,58**	7,90 **	12,81**
R.Q.	1,87 ns	0,09 ns	0,62 ns	1,75 ns
			<i>P. maximum</i>	
R.L.	2,35 ns	0,10 ns	5,06 *	16,67**
R.Q.	0,00 ns	7,35 *	0,20 ns	8,17**
			C.V. (%)	
SC	11,8	6,78	27,4	14,50
DN	7,6	6,57	18,2	16,39

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente

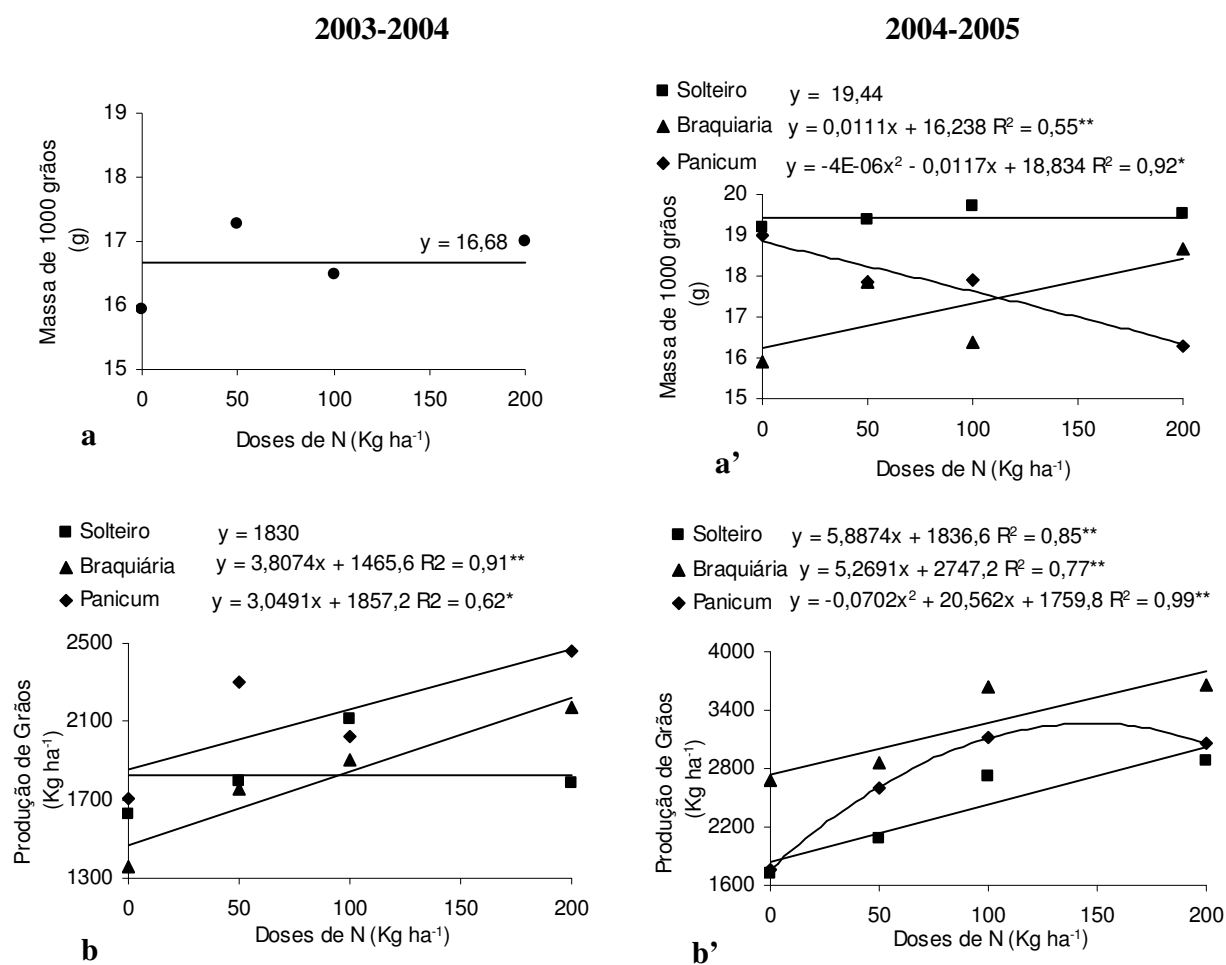


Figura 34. Massa de 1000 grãos (a, a') e produtividade do sorgo (b, b'), em função da adubação nitrogenada em dois anos agrícolas. Botucatu-SP, 2005.

6.2.3 Produção das forrageiras e diagnose foliar

Na Tabela 24 estão os resultados de produção de massa de matéria seca do 1º corte, 2º corte e somatório dos anos agrícolas 2002/03, 2003/04 e 2004/05.

Observa-se na Figura 35 b que a produção de massa de matéria seca da *B. brizantha* aumentou linearmente com o incremento da adubação nitrogenada, em todas as épocas amostradas, encontrando-se valores no 2º corte de 2089 e 2936 kg ha⁻¹, na ausência da adubação e na dose de 200 kg ha⁻¹, respectivamente. Tal fato pode ser atribuído ao efeito benéfico do N no crescimento das espécies forrageiras tropicais (CORSI, 1993). A eficiência de resposta da adubação nitrogenada foi de 4,3 kg de forragem produzida kg de N aplicado na cultura do sorgo.

No ano agrícola 2003/04 (Figuras 36 a,b,c) houve aumento linear da produção de massa de matéria seca da *B. brizantha* e *P. maximum*, em todas as amostragens. No somatório dos cortes foram obtidas na maior dose de N produtividades de 6405 e 7594 kg ha⁻¹, para *B. brizantha* e *P. maximum*, respectivamente. Este resultado pode ser atribuído a permanente ciclagem de N no sistema. Nos somatórios dos cortes constatou-se para *B. brizantha* e *P. maximum* produção de 18,4 e 27,4 kg de MMS para cada quilo de N adicionado, respectivamente. A variação na produção de massa de matéria seca entre as forrageiras, pode estar relacionada ao fato de o *P. maximum* produzir mais fitomassa em solos bem adubados, evidenciando a exigência da forrageira ao nitrogênio.

De acordo com Vicent-Chandler (1973), a possibilidade de resposta à adubação nitrogenada situa-se na faixa de 400 a 800 kg ha⁻¹, com eficiências de 40 a 70 kg de MMS por kg de N aplicado, podendo conduzir a respostas de 1,9 a 2,0 kg peso vivo por kg de N aplicado. Têm sido obtido variação da ordem de 7,0 a 54,0 kg MMS por kg de N aplicado, na eficiência de resposta, sendo que em condições quente e úmida, as gramíneas tropicais podem atingir até 70 kg MMS por kg de N. Condições de clima e solo, frequência de cortes e potencial genético das gramíneas podem ser apontados como fatores que afetam as respostas das forrageiras à adubação nitrogenada.

Tabela 24. Efeito de doses de nitrogênio sobre a produção de massa de matéria seca da *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* no 1º corte (a), 2º corte (b) e somatório (c) em três anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

	1º Corte			2º Corte			Somatório		
	kg ha ⁻¹								
	2002/03	2003/04	2004/05	2002/03	2003/04	2004/05	2002/03	2003/04	2004/05
Sistema de cultivo									
<i>B. brizantha</i>	-	1735	1089 a	-	2602	2204 a	-	4337	3293 a
<i>P. maximum</i>	-	1801	265 b	-	2701	539 b	-	4502	804 b
	Valor de F para regressão								
Doses de N									
R.L.	0,47 ns	291,25**	21,44**	8,09*	185,30**	19,36**	4,51 ns	210,51**	20,37**
R.Q.	0,04 ns	13,62**	2,8ns	1,02 ns	12,42**	3,15ns	0,23 ns	13,20**	3,09ns
SC x DN									
	<i>Brachiaria brizantha</i>								
R.L.	-	79,62**	33,85**	-	65,41**	37,11**	-	69,52**	37,96**
R.Q.	-	4,83 ns	6,33ns	-	3,51 ns	7,5 ns	-	4,03 ns	7,8 ns
	<i>Panicum maximum</i>								
R.L	-	166,89**	0,36ns	-	141,54**	0,56 ns	-	150,32**	0,52 ns
R.Q	-	6,38*	0,04ns	-	2,95 ns	0,03 ns	-	3,98 ns	0,03 ns
	C.V. (%)								
SC	-	14,91	36,47		16,85	28,88		15,64	29,93
DN	41,17	12,41	35,06	18,06	14,87	35,75	20,87	13,92	35,21

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

**, * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

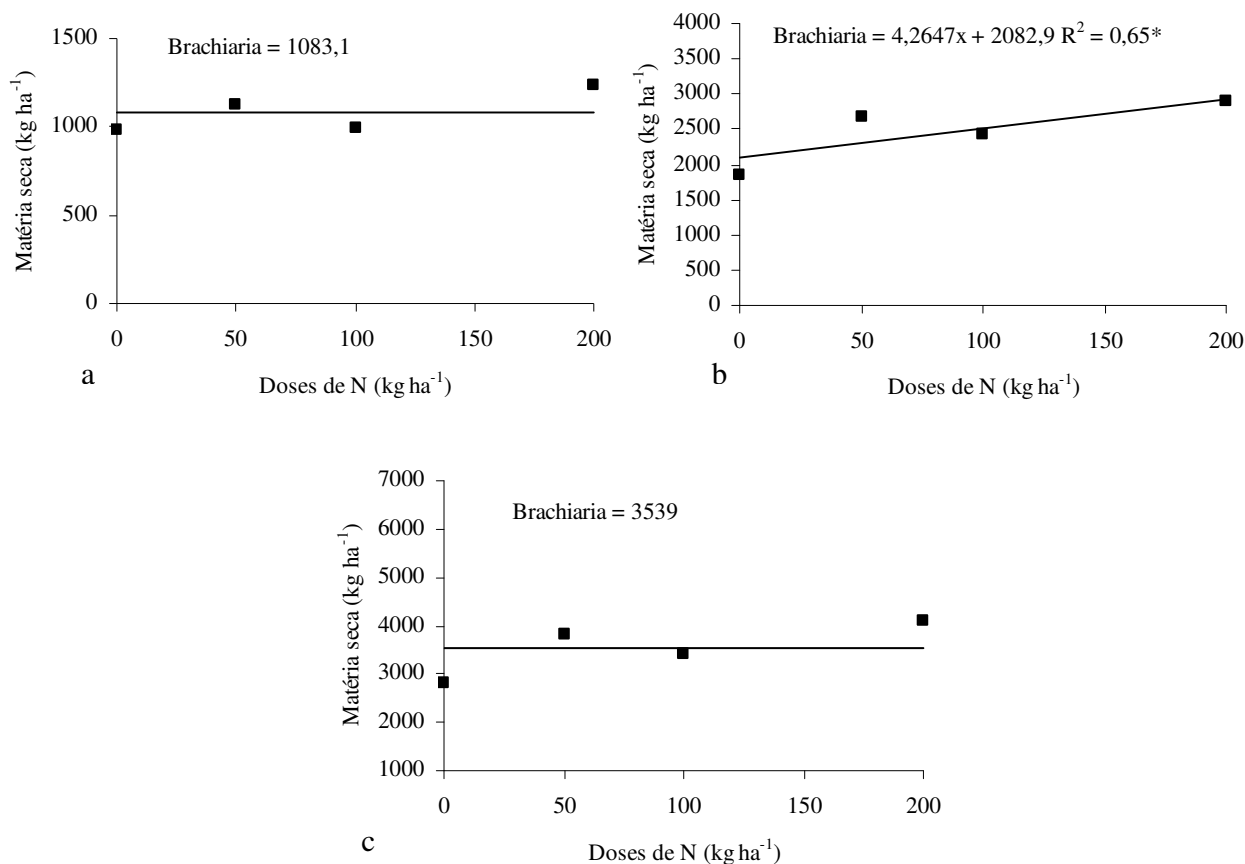


Figura 35. Produção de massa de matéria seca de *Brachiaria brizantha* no 1º corte (a), 2º corte (b) e somatório (c) em função da adubação nitrogenada na cultura do sorgo no ano agrícola 2002/03. Botucatu-SP.

Para o ano agrícola 2004/05 (Figura 37 a,b,c) constatou-se efeito da adubação nitrogenada somente para a produção de forragem de *B. brizantha*, atingindo a produção de 4861 kg ha⁻¹ de massa de matéria seca na dose de 200 kg ha⁻¹ de N. Já no caso do *P. maximum* a baixa produção, em todas as épocas amostradas, deve-se a falha no estabelecimento das plantas, ficando muito aquém do preconizado (5-10 plantas m²). No somatório dos cortes constatou-se para *B. brizantha* produção de 13,9 kg de MMS para cada quilo de N adicionado.

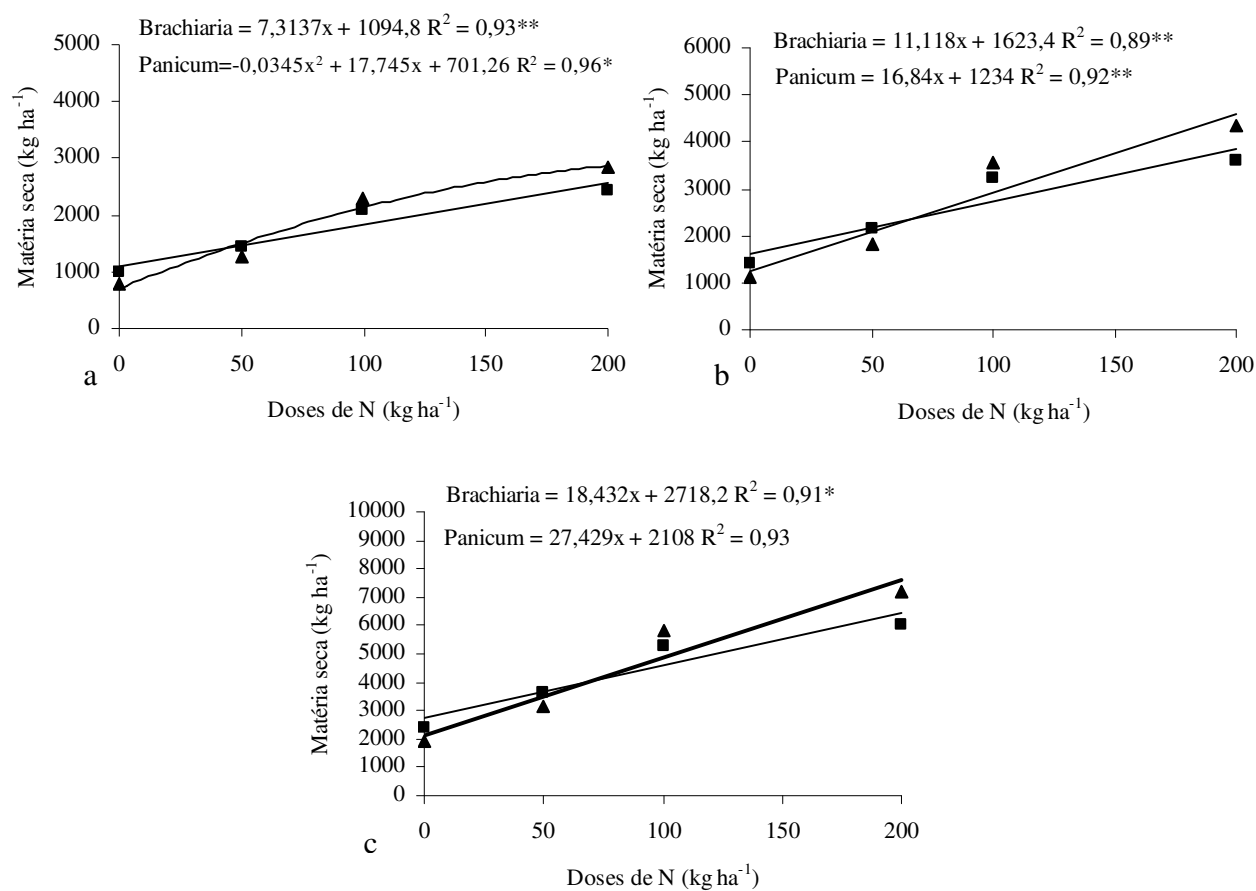


Figura 36. Produção de massa de matéria seca de *Brachiaria brizantha* (■) e *Panicum maximum* (▲) no 1º corte (a), 2º corte (b) e somatório (c) em função da adubação nitrogenada na cultura do sorgo no ano agrícola 2003/04. Botucatu-SP.

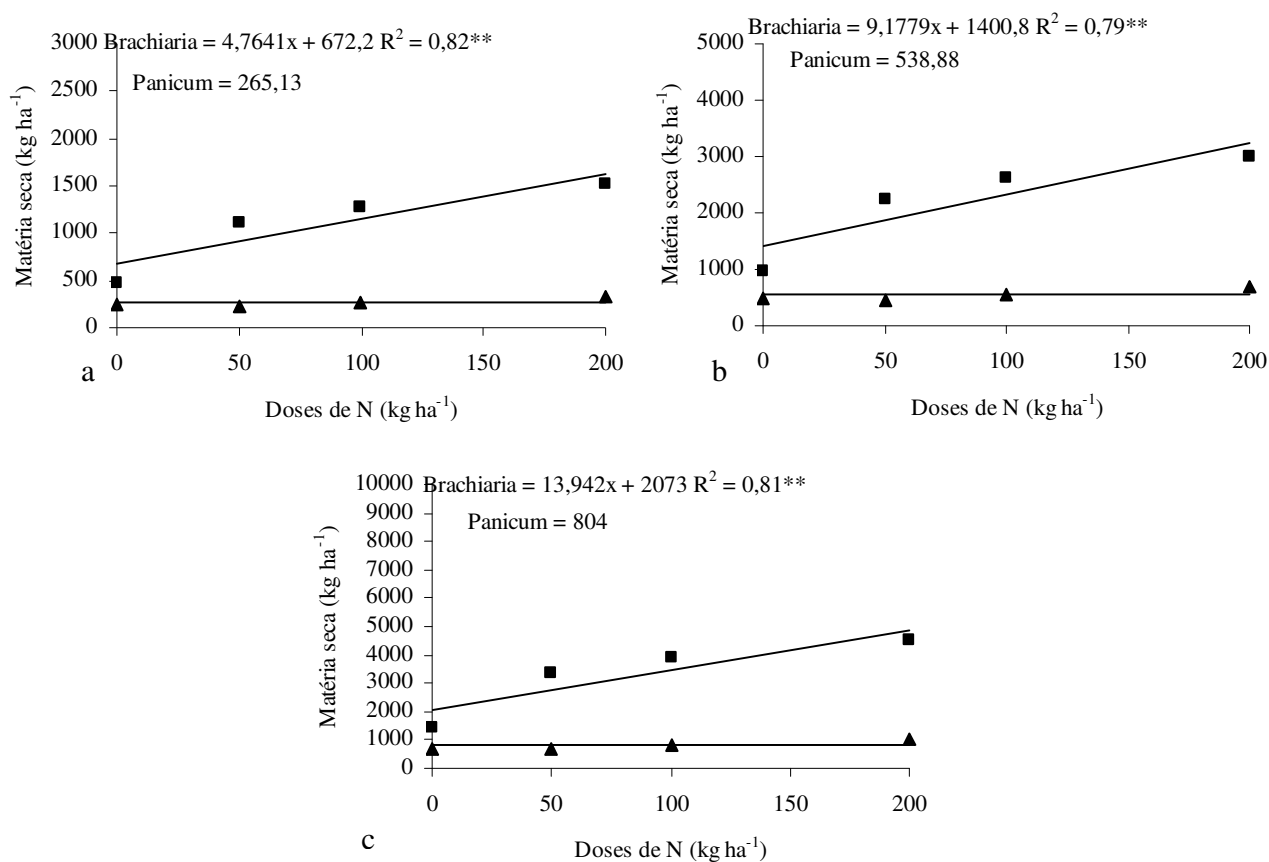


Figura 37. Produção de massa de matéria seca de *Brachiaria brizantha* (■) e *Panicum maximum* (▲) no 1º corte (a), 2º corte (b) e somatório (c) em função da adubação nitrogenada na cultura do sorgo no ano agrícola 2004/05. Botucatu-SP.

Os resultados do teor foliar de N da *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* estão contidos na Tabela 25. Para a safra 2002/03 não houve efeito da adubação nitrogenada, ficando na média com $18,25 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 38 a). Já para as safras 2003/04 e 2004/05 constatou-se respostas lineares e quadráticas, respectivamente (Figuras 38 b,c). No entanto, nas safras 2003/04 e 2004/05, quando da ausência da adubação nitrogenada, os teores foliares encontram-se abaixo da faixa considerada adequada (WERNER et al., 1997).

Tabela 25. Efeito de doses de nitrogênio sobre o teor foliar de nitrogênio da *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* nos três anos agrícolas. Botucatu – SP, 2005.

Tratamentos	2002/03	2003/04	2004/05
.....g kg ⁻¹			
Sistema de cultivo			
<i>B. brizantha</i>	-	14,06	14,28
<i>P. maximum</i>	-	15,18	13,86
Valor de F para regressão			
Doses de N			
R.L.	1,42 ns	15,28**	17,54**
R.Q.	1,13 ns	11,68**	1,01ns
SC x DN			
	<i>Brachiaria brizantha</i>		
R.L.	-	1,97 ns	5,02*
R.Q.	-	5,16*	0,99ns
	<i>Panicum maximum</i>		
R.L	-	27,67**	19,4**
R.Q	-	12,73**	0,36ns
	C.V. (%)		
SC	-	6,17	8,63
DN	14,13	10,13	11,25

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste LSD a 5%.

** , * e ns, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

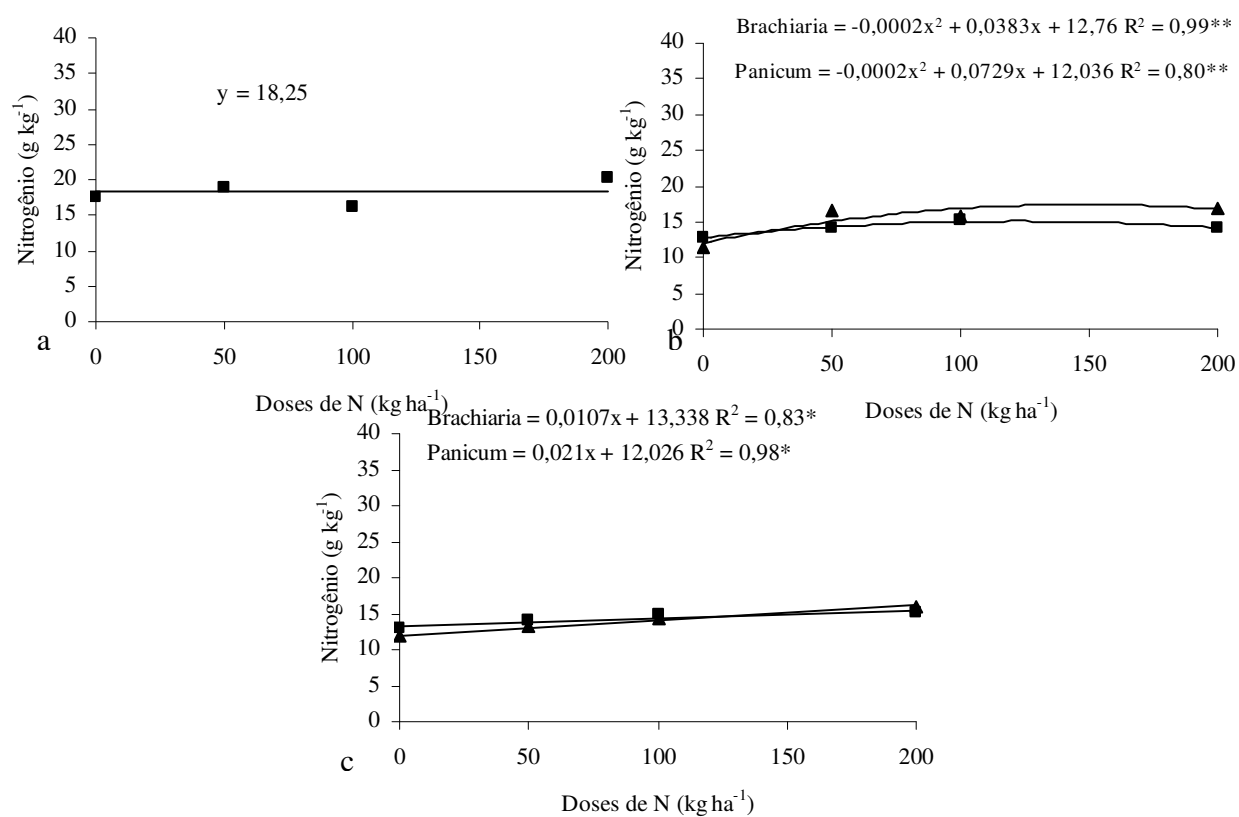


Figura 38. Teores de nitrogênio de *B. brizantha* e *P. maximum* em função das doses de nitrogênio aplicadas no sorgo nos anos agrícolas de 2002/03 (a), 2003/04 (b) e 2004/05 (c). Botucatu-SP, 2005.

6.2.4 Alterações dos atributos químicos do solo

Os valores de F e dos coeficientes de variação (C.V.) para todos os atributos químicos do solo, em diferentes profundidades, em razão dos sistemas de cultivos estão contidos na Tabela 26. Constatou-se que, exceções ao Mg de 0 a 5 cm e ao K de 0-5 cm, não houve influência significativa dos sistemas de cultivos para as características químicas do solo. Contudo, os resultados obtidos nas profundidades estratificadas serão apresentados, para cada variável, em um único gráfico de forma a facilitar o entendimento no perfil do solo.

Constatou-se maiores valores de pH do solo nas camadas superficiais, não havendo diferença entre os sistemas de cultivo (Figura 39). Por outro lado, verifica-se que houve aumento do pH do solo em relação aos valores iniciais encontrados antes da implantação do experimento, principalmente na profundidade de 0-5 cm e 5-10 cm, o que pode ser atribuído a calagem realizada em superfície. Têm-se atribuído o aumento do pH em superfície a constante deposição de material vegetal (SIDIRAS & PAVAN, 1985; MIYAZAWA et al., 1993; VALPASSOS et al., 2001).

Para o teor de matéria orgânica nota-se que não houve efeito dos sistemas de cultivo (Figura 40), verificando os maiores valores em todos os tratamentos em relação ao teor inicial. O aumento dos teores de matéria orgânica do solo ao longo do tempo com a utilização do sistema de semeadura direta têm sido relatado por diversos autores (MUZILLI, 1983; SIDIRAS & PAVAN, 1985; DE MARIA & CASTRO, 1993; SANTOS & SIQUEIRA, 1996; VALPASSOS et al., 2001).

Por meio da análise em conjunto das Figuras 39 e 41, pode-se inferir que a acidez potencial correlacionou inversamente com o pH em todo o perfil do solo.

Tabela 26. Valores de F e coeficientes de variação (C.V.) para os atributos químicos do solo em diferentes profundidades, em razão dos sistemas de cultivos.

		Profundidade.....		
		0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
		pH		
Valor de F		1,80ns	0,01ns	1,00ns
C.V. (%)		5,9	1,0	5,7
		M.O.		
Valor de F		2,12ns	1,80ns	1,59ns
C.V. (%)		5,9	1,5	5,1
		P		
Valor de F		1,82ns	4,68ns	1,67ns
C.V. (%)		28,1	21,3	24,9
		H + Al		
Valor de F		1,85ns	1,06ns	0,57ns
C.V. (%)		22,4	11,5	10,9
		Ca		
Valor de F		0,57ns	1,07ns	0,27ns
C.V. (%)		24,9	23,2	13,6
		Mg		
Valor de F		25,7**	0,56ns	0,81ns
C.V. (%)		7,4	21,9	30,7
		K		
Valor de F		6,88*	2,33ns	2,33ns
C.V. (%)		15,3	23,1	22,8
		SB		
Valor de F		1,86ns	1,59ns	0,18ns
C.V. (%)		15,1	13,2	15,3
		CTC		
Valor de F		1,10ns	1,94ns	0,38ns
C.V. (%)		16,3	17,2	12,6
		V (%)		
Valor de F		3,48ns	0,54ns	0,29ns
C.V. (%)		8,5	13,3	16,8

**, * e ns, significativo a 1% e 5% e, não significativo, respectivamente.

Com relação ao teor de P constatou-se que não houve influência dos sistema de cultivo nas diferentes camadas (Figura 42). Entretanto, observa-se que nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm os valores são superiores ao obtido antes da instalação do experimento. Diversos autores têm relatado a maior concentração de P nas camadas superficiais do solo (MUZILLI, 1983; DE MARIA & CASTRO, 1993; BAYER & MIELNICZUK, 1997). Esse acúmulo próximo da superfície decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, devido ao menor contato desse elemento com os constituintes inorgânicos do solo (SIDIRAS & PAVAN, 1985).

Em todas as camadas o teor de Ca no solo não sofreu alteração pelos sistemas de cultivo (Figura 43). Entretanto, verifica-se os maiores valores nas camadas superficiais, sendo reflexo da adição de calcário na superfície, da reciclagem de Ca via decomposição de resíduos e do aumento da CTC do solo.

Nota-se que o teor de Mg não teve um comportamento plausível de discussão, uma vez que na camada de 0-5 cm o sistema de cultivo consorciado com *P. maximum* apresentou o menor valor, diferindo do sistema de cultivo solteiro (Figura 44). Os maiores valores de Mg no perfil do solo podem ser atribuídos a calagem realizada em superfície.

Para o teor de K verificou-se efeito dos sistemas de cultivos, somente na camada de 0-5 cm (Figura 45), onde o sistema de cultivo solteiro proporcionou o maior valor. No entanto, observa-se que os valores em todos os sistemas de cultivo são maiores aos obtidos antes da instalação do experimento. No sistema de semeadura direta os fertilizantes a base de K são depositados na superfície ou na linha de semeadura e, como os resíduos vegetais são deixados na superfície esse elemento pode acumular-se nas camadas mais superficiais. O acúmulo de potássio na superfície, provavelmente, depende do tipo de solo (textura, mineral de argila), do regime de drenagem e da quantidade adicionada na adubação. Alcântara et al. (2000) relataram que a decomposição da matéria orgânica pode ter efeito solubilizante no K nativo do solo, aumentando sua disponibilidade

Por meio da Figura 46 pode-se observar que a soma de bases não sofreu influência dos sistemas de cultivo, apresentando os maiores valores nas camadas superficiais. Testa et al. (1992) relataram que sistemas de cultivos que promoveram o aumento

de matéria orgânica no solo possibilitaram maior retenção dos cátions liberados pela biomassa vegetal, reduzindo sua lixiviação e proporcionando aumento da soma de bases do solo. Além disso, este resultado está diretamente relacionado ao comportamento do Ca, uma vez que esse nutriente tem, proporcionalmente, maior participação na constituição desta variável.

Quanto a CTC, nota-se pela Figura 47, que os maiores valores foram observados na camada de 0-5 cm de profundidade, em todos os sistemas de cultivo. Verifica-se, também que não houve efeito de sistemas de cultivos para todas as camadas. Sidiras & Pavan (1985), Testa et al. (1992) e Bayer & Mielniczuk (1997) também verificaram, em sistema de semeadura direta, maiores valores na de 0-5 cm e tendência de diminuição com a profundidade.

Por meio da Figura 48 constata-se que não houve influência dos sistemas de cultivo sobre a saturação por bases. Entretanto, em razão dos resultados constatados sobre a soma de bases e a CTC, verifica-se os maiores valores na profundidade de 0-5 cm.

A rotação de culturas e a utilização de plantas de cobertura é de suma importância na reciclagem de nutrientes, uma vez que, as espécies vegetais diferem entre si, com referência à quantidade de resíduos fornecidos, à eficiência de absorção de íons e à exploração de diferentes profundidades de solo. Provavelmente, o período estudado foi insuficiente para que essas alterações químicas se manifestassem entre os sistemas avaliados. Além disso, o desenvolvimento das plantas daninhas presentes na área no sistema de cultivo solteiro podem ter contribuído com a reciclagem de nutrientes, minimizando a diferença entre os tratamentos com as forrageiras. O uso contínuo do solo está condicionado ao fornecimento constante de matéria orgânica, sendo esta o componente essencial do solo.

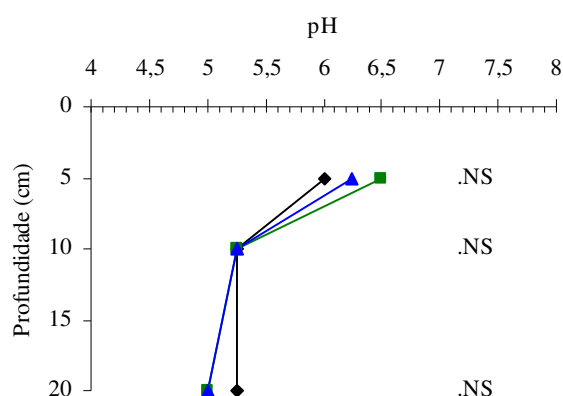


Figura 39. Efeito do sistema de cultivo sobre os valores de pH (CaCl_2) do solo, em diferentes profundidades. ♦ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

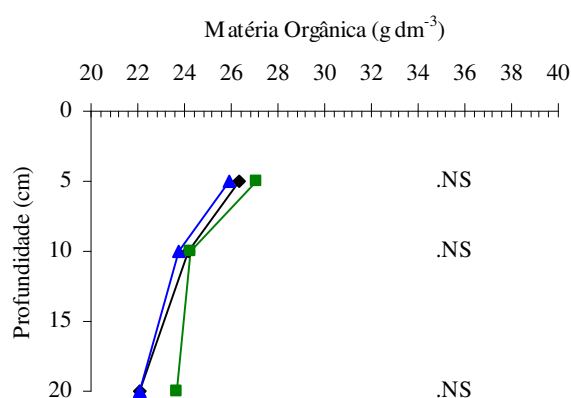


Figura 40. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de matéria orgânica do solo, em diferentes profundidades. ♦ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

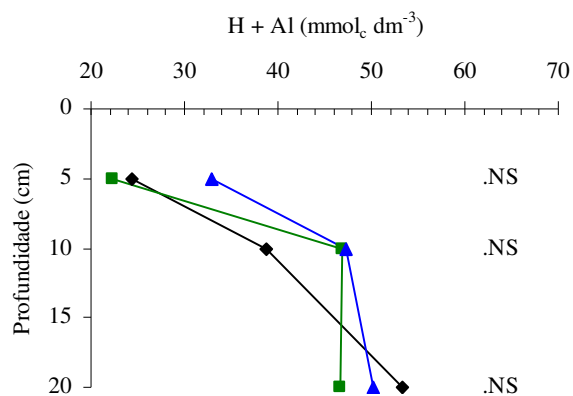


Figura 41. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de H + Al do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

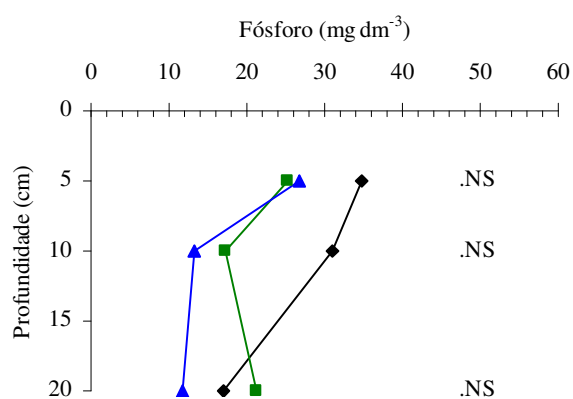


Figura 42. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de fósforo do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

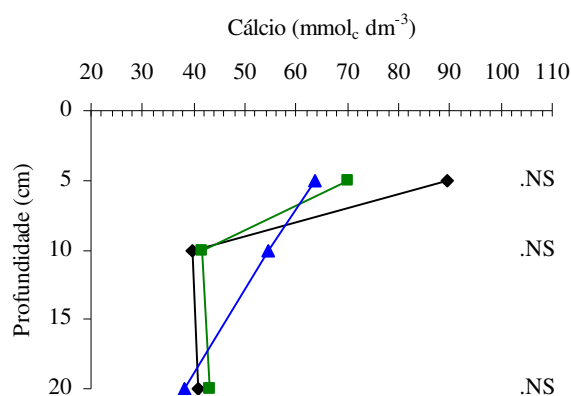


Figura 43. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de cálcio do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

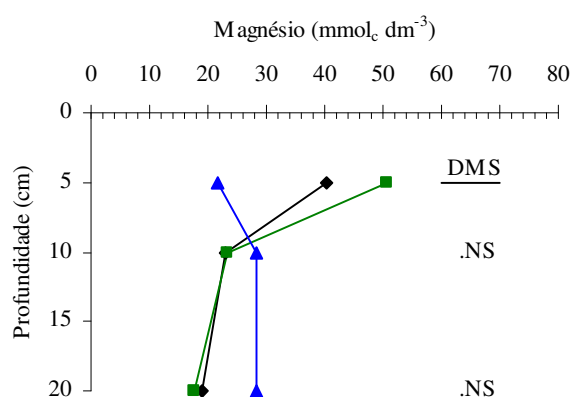


Figura 44. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de magnésio do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

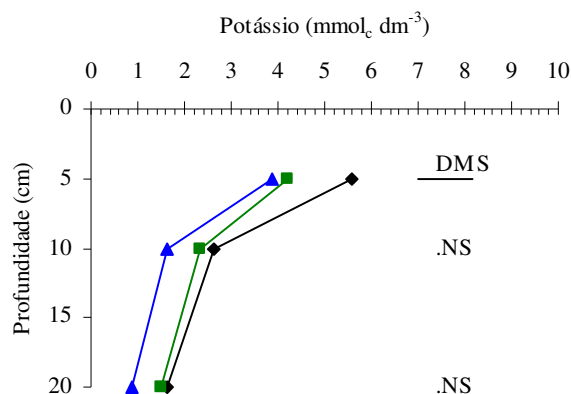


Figura 45. Efeito do sistema de cultivo sobre os teores de potássio do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

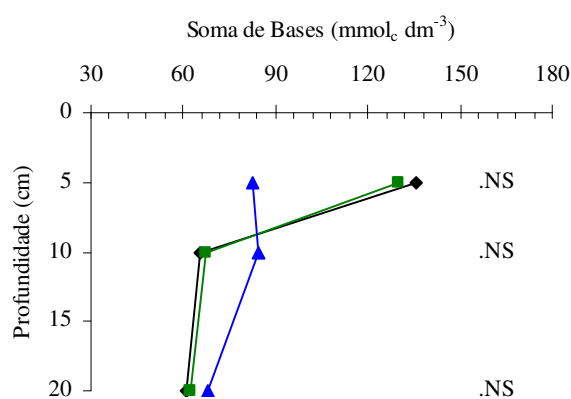


Figura 46. Efeito do sistema de cultivo sobre os valores de soma de bases do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

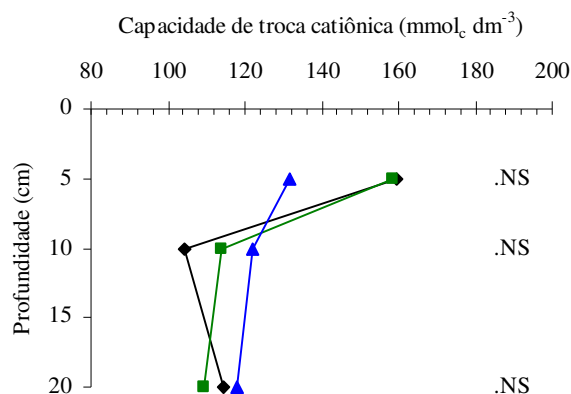


Figura 47. Efeito do sistema de cultivo sobre os valores de capacidade de troca catiônica do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

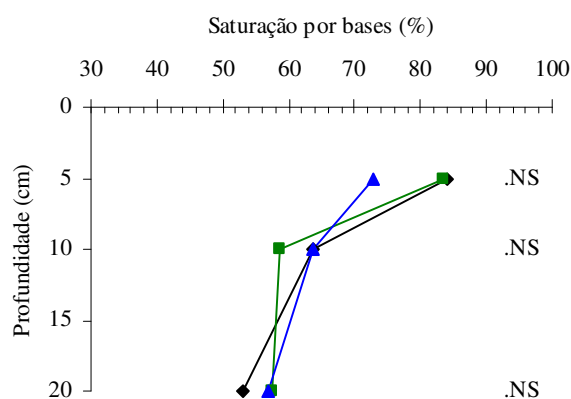


Figura 48. Efeito do sistema de cultivo sobre os valores de saturação por bases do solo, em diferentes profundidades. ◆ cultivo solteiro ■ cultivo com *B. brizantha* ▲ cultivo com *P. maximum*. Botucatu – SP, 2005.

6.2.5 Análise econômica dos tratamentos

Na Tabela 27 estão inseridos os custos operacionais de produção, receitas brutas totais, lucros operacionais e os índices de lucratividade por hectare em razão dos sistemas de cultivos e da adubação nitrogenada. Um modelo da planilha detalhada de custo de produção do sorgo encontra-se no Apêndice.

Devido aos custos adicionais das sementes de *B. brizantha* e *P. maximum* a variação dos custos de produção entre os sistemas de cultivos, independente da adubação nitrogenada, foram de R\$ 68,25 e R\$ 73,50, respectivamente. O custo de produção obtido no presente trabalho, em todos os tratamentos, foi superior ao constatado por Agrianual (2007) que verificou custo de R\$ 647,40 em sistema de monocultivo, com produtividade esperada de 3900 kg ha⁻¹.

A maior variação dos custos de produção entre os tratamentos deve-se ao nitrogênio aplicado, uma vez que o preço do kg do nutriente proveniente da uréia foi cotado em R\$ 2,96. Assim, na média dos sistemas de cultivos, a adubação com 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de N correspondeu a 14,5, 25,2 e 39,9 % do custo operacional total, respectivamente.

Tabela 27. Custo operacional total (COT, R\$ ha⁻¹), receita bruta (RB, R\$ ha⁻¹), lucro operacional total (LO, R\$ ha⁻¹) e índice de lucratividade (IL) do sorgo em razão do sistema de cultivo e da adubação nitrogenada. Botucatu-SP, 2005.

TRATAMENTOS	COT (R\$)	RB (R\$)*	LO (R\$)	IL (%)	
Sorgo Solteiro	0	817,27	347,20	-470,07	-135,39
	50	972,42	369,60	-602,82	-163,10
	100	1127,57	392,00	-735,57	-187,65
	200	1437,87	448,00	-989,87	-220,95
Sorgo + <i>B. brizantha</i>	0	885,52	392,00	-493,52	-125,90
	50	1040,67	436,80	-603,87	-138,25
	100	1195,82	481,60	-714,22	-148,30
	200	1506,12	560,00	-946,12	-168,95
Sorgo + <i>P.maximum</i>	0	890,77	336,00	-554,77	-165,11
	50	1045,92	436,80	-609,12	-139,45
	100	1201,07	492,80	-708,27	-143,72
	200	1511,37	515,20	-996,17	-193,36

* Considerou-se a média da produtividade dos anos agrícolas 2003/04 e 2004/05

Com relação a receita bruta constata-se maiores valores, em todos os sistemas de cultivo, à medida em que aumentou a adubação nitrogenada. Este resultado está diretamente relacionado aos resultados obtidos para a produtividade de grãos.

Os valores negativos obtidos para Lucro Operacional e Índice de Lucratividade, em todos os tratamentos, podem ser explicados devido à baixa produtividade alcançada no experimento. Aliado a isso, o menor preço da saca de sorgo (R\$ 11,20) contribuiu para esses menores índices.

Apesar da análise econômica não levar em consideração a produção das forrageiras, o aproveitamento destas no sistema de produção poderia minimizar os prejuízos acarretados pela cultura produtora de grãos, devido a possibilidade de gerar renda com a produção de carne ou leite.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo da adubação nitrogenada em sistemas de cultivos consorciados é sem dúvida um dos pontos mais discutidos entre pesquisadores e produtores que utilizam o sistema de semeadura direta com ênfase na integração agricultura-pecuária. Neste sistema as doses assim como as épocas de adubação de nitrogênio estão atreladas às recomendações do sistema convencional de plantio, precisando de dados de pesquisas mais consistente para definir a quantidade de fertilizante e em que momento aplicar essas doses no uso gramíneas como cultura antecessora. Neste estudo as doses de N aplicadas em cobertura afetaram significativamente a produtividade da cultura do milho e sorgo. Para a cultura do milho na safra 2003/04 os maiores valores foram obtidos nas doses calculadas de 139, 158 e 176 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, para os sistemas solteiro, consorciado com *B. brizantha* e consorciado com *P. maximum*. Já na safra 2004/05 as doses máximas foram de 146, 181 e 200 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Desta maneira, verifica-se maior demanda de N nos cultivos consorciados, principalmente com *P. maximum*. A maior dose de adubação mineral de cobertura preconizada pelo Boletim Técnico 100, levando em conta a alta classe de resposta e produtividade esperada de 10 a 12 t ha⁻¹, é de 140 kg ha⁻¹ de N. Assim nos sistemas de cultivos consorciados a adubação nitrogenada em cobertura preconizada está aquém do necessário para o adequado fornecimento do elemento para a cultura do milho. No somatório dos cortes constatou-se produção de até 27,5 kg de massa de matéria seca das forrageiras para cada quilo de N adicionado a cultura produtora de grãos. As respostas das forrageiras à aplicação de N na

cultura, pode ser atribuída, a ciclagem de N no sistema. As vantagens das forrageiras nos sistemas de produção podem ser mensuradas indiretamente por meio dos efeitos benéficos provocados nas características físicas, químicas e biológicas do solo. Além disso, as forrageiras semeadas simultaneamente a cultura do milho pode gerar receita para o sistema, uma vez que, após a colheita da cultura do milho, pode-se produzir arrobas de carne ou litros de leite. O período de pastejo na área aconteceria nos meses de abril à outubro, período este que a oferta de massa de matéria seca das pastagens é muito baixa e o preço da arroba de carne é mais elevada. No mês de outubro retiram-se os animais e após uns 15 a 20 dias realiza-se a dessecação para possibilitar a semeadura da próxima cultura de verão sobre a palhada das forrageiras.

Em síntese, na recomendação da adubação nitrogenada para a cultura do milho e sorgo em sistema de cultivo consorciado torna-se importante considerar a escolha da espécie forrageira adotada, objetivando reduzir perdas, aumentar a produtividade da cultura produtora de grãos e a produção de forragem, conseqüentemente a lucratividade do produtor.

8 CONCLUSÕES

A utilização do sistema Santa Fé (cultivo consorciado), tanto para a cultura do milho como a do sorgo, desde que seja implantado e manejado adequadamente não afeta a produção de grãos em razão de não interferir na nutrição e no desenvolvimento das plantas.

Adubação nitrogenada na cultura do milho afeta a produtividade de grãos, independentemente do sistema de cultivo utilizado.

A produtividade da cultura do sorgo foi positivamente influenciada pela adubação nitrogenada.

O efeito residual da adubação nitrogenada aplicada no milho e no sorgo incrementa de forma linear a produção de forragem e o teor de nitrogênio da *B. brizantha* e *P. maximum* após a colheita dos cereais.

Face a alta fertilidade do solo os atributos químicos do solo tem mudanças pouco expressivas nos diferentes sistemas de cultivo.

Para a cultura do milho a maior rentabilidade de aplicação de N foi obtida com aplicação de 119, 135 e 138 kg ha⁻¹ de N, para os sistemas de cultivos solteiro, consorciado com *B. brizantha* e *P. maximum*, respectivamente.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

AGRIANUAL. Anuário da Agropecuária Brasileira, Instituto FNP. **Sorgo**. 2007. p.487

AIDAR, H.; RODRIGUES, J. A. S.; KLUTHCOUSKI, J. Uso da integração lavoura-pecuária para produção de forragem na entressafra. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.225-262.

ALCÂNTARA, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.277-288, 2000.

ALVES, A.G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, n.1, p.127-132, 1995.

ALVIM, M.J.; BOTREL, M.A.; VERNEQUE, R.S.; SALVATI, J.A. Aplicação de nitrogênio em acessos de braquiária. 1. Efeito sobre a produção de matéria seca. **PasturasTropicais**, Cali, v.12, n.2, p.2-6, 1990.

ARAÚJO, L.A.N.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.771-777, 2004.

¹ UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Coordenadoria Geral de Bibliotecas. Grupo de Trabalho Normalização Documentária da UNESP. **Normalização documentária para a produção científica da UNESP**: normas para apresentação de referências segundo a NBR 6023:2002 da ABNT. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.biblioteca.unesp.br/pages/normalizacao.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2003.

ASGHAR, M.; KANEHIRO, Y. Effects of sugar-cane trash and pine apple residue on soil pH, redox potential, extractable Al, Fe and Mn. **Tropical Agriculture Trinidad**, v.57, n.3, p.245-258, 1980.

AZEREDO, M.W.C.; FONTES, L.A.N.; ALMEIDA FILHO, J.A. Variação na composição protéica dos grãos de sorgo, em função da adubação nitrogenada e fosfatada e das épocas de plantio. **Revista Ceres**, Viçosa, v.23, n.127, p.198-208, 1976.

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

BLEVINS, R. L.; MURDOCK, L. W.; THOMAS, G. W. Effect of lime application on no tillage and conventionally tilled corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, p.322-326, 1978.

BOGDAN, A.V. *Panicum maximum*. In: BOGDAN, A.V. **Tropical pasture and fodder plants**. London, Longman, 1977. p.181-191.

BORGHI, E. **Integração agricultura-pecuária do milho consorciado com *brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto**. 2004. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p.365-372, 2000.

BROCH, D.L. Integração agricultura-pecuária no Centro-Oeste do Brasil. In: CABEZAS, W.A.R.L.; FREITAS, P.L (Ed.). **Plantio Direto na Integração Lavoura-pecuária**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p.53-62.

CAIRES, E.F. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiências no estado do Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3, 2000, Santa Maria. **Palestras...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 1 CD-ROM

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E.A.; COSTA, M.B.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro, AS-PTA, 1993. p.1-55.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F.; CASAGRANDE, J.C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq, Fapesp, Potafós, 2001. p.89-124.

CAMPBELL, C.A. Soil organic carbon, nitrogen and fertility. In: SCHNITZER, M.; KHAN, S.U. **Soil organic matter**. 4º ed. The Netherlands: Elsevier Science, 1989. p.173-265.

CAMPOS, A.X. **Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens***. 2004. 119f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e nutrição de plantas)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2004.

CANTARELLA, H., RAIJ, B. van, CAMARGO, C.E.O. **Cereais**. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 2ª edição, 1997. Campinas: IAC, 1997. p.45-71 (Boletim Técnico 100).

CARO-COSTAS, R.; ABRAUÑA, F.; VICENTE-CHANDLER, J. Comparasion of heavy fertilized pangola and star grass in terma beef production and carrying in the humid mountain region of Puerto Rico. **The J. of Agric. Of the Univ. of Puerto Rico**, v.56, p.104-109, 1972.

CARVALHO, W.A.; ESPINDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médici”. **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agronômicas**, Botucatu, n.1, p.1-95, 1983.

CASTRO, O.M.; CAMARGO, O.A.; CANTARELLA, H.; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C.F. Teores de zinco, cobre, manganês e ferro em dois latossolos sob plantios direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v.51, n.1, p.77-84, 1992.

CATI. **Plantio direto na palha em São Paulo**. Campinas: Departamento de Sementes, Mudanças e Matrizes, 2002. 21p.

CHIELLE, Z.G.; OSÓRIO, C.A.; GAUER, R.V.; ESTEFANEL, V. Composição química do grão de sorgo em relação a doses de nitrogênio aplicados em cobertura ao solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000, Uberlândia. **Resumos...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 1 - CD-ROM

CHIGNOLLI, A.E.; CRUSCIOL, C.A.C.; MATEUS, G.P. Comportamento de cultivares de sorgo de ciclos contrastantes em função do consórcio com a *Brachiaria brizantha*. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 15, Marília. **Resumos...** Marília: UNESP, 2003. 1 CD-ROM

CHOUERI, C.C.; CRUSCIOL, C.A.C.; MELLO, K.V.V.S.; MATEUS, G.P. Produção do sorgo granífero em consórcio com a *brachiaria brizantha* em função da adubação nitrogenada. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 15, Marília. **Resumos...** Marília: UNESP, 2003. 1 CD-ROM

COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé: produção de forragem na entressafra. In: WORKSHOP INTERNACIONAL PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA E PECUÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS SAVANAS SULAMERICANAS, 2001, Santo Antonio de Goiás. **Anais...** Santo Antonio de

Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p. 125-135, (embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 123).

COBUCCI, T.; PORTELA, C.M. de O. Manejo de herbicidas no sistema Santa Fé e na braquiária como fonte de cobertura morta. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.445-458.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. **Pastagens: Fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.121-54.

DANTAS, J.P.; MALAVOLTA, E. Resposta comparada do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e do milho (*Zea mays* L.) à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. **Anais da E.S.A. “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.40, p.865-889, 1983.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.17, p.471-77, 1993.

DERPSCH, R.; CALERGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 78p.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com cobertura verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, p.761-73, 1985.

DIAS-FILHO, M. B. Growth and biomass allocation of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2335-2341, 2000.

DIJKSTRA, F. **Integração agropecuária em plantio direto**. In: CABEZAS. W.A.R.L.; FREITAS, P.L. Plantio Direto na Integração Lavoura-pecuária. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p.47-52.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**: Rio de Janeiro: EMBRAPA / CNPS, 1999. 412 p.

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

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP. **Evolução do Plantio Direto no Brasil**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

FERNANDES, V.L.B.; NUNES, M. FILHO, M.; SOUZA, V.A.; FERNANDES, M.B. Absorção e utilização de nitrogênio em planta de sorgo cultivado em solução nutritiva. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.22, p.89-96, 1991.

FIORIN, J.E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1999, Cruz Alta. **Resumos de palestras...** Passo Fundo: Editora Aldeia Norte, 1999. p.39-55.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.533-42, 1999.

GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; CALONEGO, J.C. Balanço de potássio em sistema de produção usando milho consorciado com braquiária. II-Fertilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6, 2000, Bonito. **Anais...** Bonito: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1CD-ROM

GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; CARVALHO, D.D. de; SCHAMMASS, E.A. Avaliação de características agronômicas e morfológicas das gramíneas forrageiras marandu, setária e tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 947-954, 2000.

HAAS, F.D. Aspectos básicos de fertilidade sob plantio direto. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1999, Cruz Alta. **Resumos de palestras...** Passo Fundo: Editora Aldeia Norte, 1999. p. 19-31.

HERNANI, L.C.; SALTON, J.C. **Manejo do solo**. In: Recomendações técnicas para mato grosso do sul e mato grosso. Dourados: EMBRAPA, 1996. p.34-53.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p.145-154, 1999.

HOYT, P.B.; TURNER, R.C. Effects of organic materials added to very acid soils on pH, aluminium, exchangeable NH_4 and crop yields. **Soil Science**. Philadelphia, v. 119, n.3, p.227-37, 1975.

HUE, N.V. Correcting soil acidity of a highly weathered ultisol with chicken manure and sewage sludge. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.23, n.3&4, p.241-264, 1992.

HUE, N.V.; CRADDOCK, G.R.; ADAMS, F. Effect of organic acids on aluminum toxicity in subsoils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.50, p.28-34, 1986.

HUE, N.V.; AMIEN, I. Aluminum detoxification with green manures. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.20, n.15&16, p.1499-1511, 1989.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R. Efeitos do nitrogênio sobre o milho cultivado em consórcio com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.27, p.39-46, 2005.

JANK, L. Melhoramento e Seleção de Variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM., 12. **Anais...** Piracicaba: FEALQ.p.21-58.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P.; COSTA, J.L. da S.; SILVA, J.G. da; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé** – Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Circular Técnica, 38)

KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I.P.; YOKOYAMA, L. P.; CASTRO, T.A.P.; SILVA, F.R. Integração agricultura x pecuária, experiências na recuperação de pastagens utilizando a cultura do arroz de sequeiro – Sistema Barreirão. In: PAULINO, V.T.; FERREIRA, L.G. **Recuperação de Pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1999. p.79-86.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.185-223.

LAL, R., LOGAN, T.J., FAUSEY, N.R. Long-term tillage effects on a mollic ochraqualf in North-west Ohio. III. Soil nutrient profile. **Soil & Tillage Research**. Amsterdam, v.15, p.371-82, 1990.

LANGE, A.; CARVALHO, J.L.N.; DAMIN, V.; CRUZ, J.C.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J. Doses de nitrogênio e de palha em sistema plantio direto de milho no cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, v.53, n.306, p.171-178, 2006.

LANDERS, J.N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: APDC, 1995. 261p.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ALVES, B.J.R.; CABALLERO, S.S.U.; SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema de plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1005-1013, 2004.

LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; TARSITANO, M.A.A.; SÁ, M.E.; GOMES JÚNIOR, F.G. Viabilidade econômica da rotação de culturas e adubos verdes antecedendo o cultivo do milho

em sistema de plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, p.298-307, 2005.

LELES, E.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; MATEUS, G.P. Comportamento de híbridos de milho de ciclos contrastantes em função do consórcio com a *Brachiaria brizantha*. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 15, Marília. **Resumos...**Marília: UNESP, 2003. 1 - CD-ROM

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v.2, 168p.

LOPES, A.S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. Sistema plantio direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/>>. Acesso em 30 mai. 2005.

MACHADO, L. A. Z. et al. Integração agricultura-pecuária. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1998. p. 217-232.

MAGALHÃES, P.C.; DURAES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2000. 46p. (Circular Técnica, 3)

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Agronômica Ceres, 1980, 256p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MAR, G.D.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.267-74, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995, 889p.

MARTIN, N.B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M.D.M.; ÂNGELO, J.A.; OKAWA, H. **Sistema “CUSTAGRI”**: sistema integrado de custos agropecuários. São Paulo: IEA/SAA, 1997. 75p.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P.F.; TOLEDO, P.N.E.; DULLEY, R.D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I.A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.23, n.1, p.123-139, 1976.

McMAHON, M.A.; THOMAS, G. W. Anion leaching in two kentucky soils under coventional tillage and a killed-sod mulch. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, p. 437-42, 1976.

MELLO, L. M. M. Integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Palestras...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.17, p.411-16, 1993.

MUCHOW, R.C. Effect of nitrogen on partitioning and yield in grain sorghum under differing environmental conditions in the semi-arid tropics. **Field Crops Research**, v.25, p.265-278, 1990.

MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FANCELLI, P.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. (Ed.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.147-158.

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**, Viçosa, v.7, p.95-102, 1983.

NASCIMENTO, M.P.S.C.B.; RENVOIZE, S.A. **Gramíneas forrageiras naturais e cultivadas na região Meio-Norte**. EMBRAPA Meio Norte. Teresina, 2001. 196p.

NOETZOLD, R.; CONCHE, D.S.; CARVALHO, M.A.C.; MEURER, L.; SANTOS FILHO, R.V. NEIRO, E.S.; ALVES, A. Aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura em sorgo interespecífico forrageiro na Amazônia Mato-grossense. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26, Belo Horizonte **Anais...**Belo Horizonte: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 1CD-ROM

NUNES, S. G.; BOOK, A.; PENTEADO, M. I. O.; GOMES, D. T. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1985. 31p. (Documento, 21).

OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P.; DUTRA, L.G.; PORTES, T.de A.; SILVA, A.E. da; PINHEIRO, B.da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M.; GUIMARÃES, C.M.; GOMIDE, J.C.; BALBINO. **Sistema Barreirão: Recuperação / Renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: EMBRAPA – CNPAF – APA, 1996. 90 p. (Documentos, 64).

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. Volume 2. p.393-486.

OLIVEIRA, I. P.; YOKOYAMA, L. P. Implantação e condução do Sistema Barreirão. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 9, p. 265-302.

OLIVEIRA, R.P; FRANÇA, A.F. de S.; RODRIGUES FILHO, O.; OLIVEIRA, E.R.; ROSA, B.; SOARES, T.V.; MELLO, S.Q.S. Características agronômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob três doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.35, n.1, p.45-53, 2005.

PANTANO, A. C. **Semeadura de braquiária em consorciação com milho em diferentes espaçamentos na integração agricultura-pecuária em plantio direto**. 2003. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

PAVAN, M. A.; MIYASAWA, M. Mobilização de calcário no solo através de resíduo de aveia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 18. Londrina, 1998. **Palestras...** Londrina: IAPAR, 1998. p 72-79.

PENTEADO, M.A.C.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E. Integração agricultura-pecuária por meio do consórcio milho e *Brachiaria brizantha* no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 15, Marília. **Resumos...** Marília: UNESP, 2003. 1 - CD-ROM

PIMENTEL, M.S. Integração com a lucratividade. **Panorama Rural**, n.3, p.36-38, 1999.

PIONEER SEMENTES. **Híbridos de milho e sorgo**. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br>>. Acesso em: 21 out. 2005.

PORTELA, C.M.; COBUCCI, T. Interferência de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* cv. Mombaça consorciadas com a cultura do milho – Sistema Santa Fé. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Resumos...** Gramado: SBCPD, 2002. p.288.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C. de; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos fisiológicos das plantas cultivadas e análise de crescimento da braquiária consorciada com cereais. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p. 303-329.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C. de; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.675-684, 1998.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n.100, 1996. 285 p.

- RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H. Cereais: Milho para grãos e silagem. **Boletim Técnico Instituto Agronômico de Campinas**, n.100, p.56-59, 1997.
- RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.713-721, 1998.
- RITCHIE, G.S.P.; DOLLING, P.J. The role of organic matter in soil acidification. **Australian Journal Soil Research**, v.23, p.569-76, 1985.
- ROCHA, E.L.C. Plantio direto na integração lavoura-pecuária no cerrado. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio direto na palha**, 2000. p.118.
- ROOS, L.C. Impacto econômico da integração agricultura-pecuária em plantio direto. In: CABEZAS, W.A.R.L.; FREITAS, P.L. **Plantio Direto na Integração Lavoura-pecuária**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p.25-30.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BRINHOLI, O. Efeito de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica no sorgo sacarino em um Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.6, p.635-641, 1985.
- ROSOLEM, C.A.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. Algodão, amendoim e soja. In: FERREIRA, M.E. (ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq, Fapesp, Potafós, 2001. p.319-354.
- ROSOLEM, C.A.; PACE, L.; CRUSCIOL, C.A.C. Nitrogen management in maize cover crop rotations. **Plant and soil**, Dordrecht, v.264, p.261-271, 2004.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.355-362, 2003.
- SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E. e CARVALHO, J.G. (Eds.). **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS, 1999. p.267-319.
- SÁ, J.C. de M. Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, e estratégia de fertilização para produção de grãos no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NA UFV, 1, Viçosa, 1998. **Resumo das palestras**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.19-61.

SÁ, D.A.C.; AFFÉRI, F.S.; FIDELIS, R.R.; VIEIRA, L.M.; SANTOS, L.B.; MARTINS, E.P. Características Agronômicas de Cultivares de Sorgo (*sorghum bicolor*) Sob Três Doses de Nitrogênio em Tocantins. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6, 2000, Bonito. **Anais...** Bonito: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1CD-ROM

SALTON, J.C. Opções de safrinha para agregação de renda nos cerrados. In: CABEZAS, W.A.R.L.; FREITAS, P.L. **Plantio Direto na Integração Lavoura-pecuária**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p.189-200.

SANCHES, P.A.; BANOVA, D.E.; FILLACHICA, J.H.; NICHOLAIDES, J.J. Amazon basin soils: management for continuous crop production. **Science**, Washington, v.216, p.821-824, 1982.

SANTOS JÚNIOR, J. D. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio**. 2001. 88f. Dissertação (mestrado em Agronomia / Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, p.289-95, 1998.

SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Rotação de culturas. X. Efeitos de culturas de inverno e de soja na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.13, p.295-302, 1989.

SANTOS, H.P.; SIQUEIRA, O.J.W. Plantio direto e rotação de culturas para cevada: efeitos sobre a fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.163-169, 1996.

SANTOS, J. C. F. **Mobilização de cálcio e alumínio em solos ácidos por compostos orgânicos hidrossolúveis de resíduos vegetais**. 1997. 72p. Tese (Doutorado em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 1997.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo de solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.9, p.249-54, 1985.

SILVA, E.C.; BUZETTI, S.; LAZARINI, E. Aspectos econômicos da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, p.286-297, 2005.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M.E.; TRIVELIN, P.C.O. Absorção de nitrogênio nativo do solo pelo milho sob plantio direto em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.723-732, 2006.

SILVA, M.A.; NÓBREGA, J.C.A.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; MARQUES, J.J.G.S.M.; MOTTA, P.E.F. Frações de fósforo em Latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.10, p.1197-1207, 2003.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J.M.; CARVALHO, A.M. Rotação adubo verde – milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.6, 1997.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. **Tropical grasses**. Rome: FAO, 1990. 832p.
SOARES FILHO, C. V.; RODRIGUES, L. R. A.; PERRI, S. H. V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1377-1384, 2002.

SOUSA, V.V.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Épocas de consorciação do sorgo granífero com *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* em sistema plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26, Belo Horizonte **Anais...**Belo Horizonte: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 1CD.

TABORDA, J.M.C. Plantio direto e integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...**Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio direto na palha, 2000. p.119.

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**, Viçosa, v.16, p.107-14, 1992.

TIRITAN, C. S. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta do milho à calagem superficial e incorporada em região de inverno seco**. 2001. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

TSUMANUMA, G.M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba, SP**. 2004. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

VALPASSOS, M.A.R.; CAVALCANTE, E.G.S.; CASSIOLATO, A.M.R.; ALVES, M.C. Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.12, p.1539-1545, 2001.

VANDERLIP, R.L.; REEVES, H.E. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench). **Agronomy Journal**, Madison, v.64, p.13-6, 1972.

VEDOATO, R.A. Princípios básicos de plantio direto. In: FANCELLI, P.L.; TORRADO, P.V. & MACHADO, J. (Ed.) **Atualização em plantio direto**. Campinas, Fundação Cargill, 147-158, 1985.

VICENT-CHANDLER, J. **Intensive grassland management**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS, 1, 1973, Porto Alegre.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JR.; G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração Lavoura-Pecuária**. 1. ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p. 143-170.

VOSS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.7, p.775-82, 1985.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N.O.; QUAGGIO, J.A. **Forrageiras**. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 2ª edição, 1997. Campinas: IAC, 1997. p.263-273 (Boletim Técnico 100).

WIETHÖLTER, S. Experiências nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3, 2000, Santa Maria. **Palestras...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 1CD.

WUTKE, E.B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. (Coords.) **I CURSO SOBRE ADUBAÇÃO VERDE NO INSTITUTO AGRÔNOMICO**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p.17-29. (Documentos IAC, 35)

YOKOYAMA, L. P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, I. P. de; DUTRA, L. G.; SILVA, J. G. da; GOMIDE, J. C.; BUSO, L. H. **Sistema Barreirão**: Análise dos custo/benefício e necessidade de máquinas e implementos agrícolas. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1995. 31p. (Documentos, 56).

ZIGLIO, C.M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, p.257-62, 1999.

10 APÊNDICE

Custo de produção por hectare do milho em sistema consorciado com *B. brizantha* com aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

DESCRIÇÃO	Especificação	Valor Unitário	Quantidade	Total (R\$)	Total (US\$)
A. Operações mecanizadas					
Dessecação	HM	42,00	0,50	21,00	10,66
Semeadura	HM	40,00	1,50	60,00	30,46
Adubação de Cobertura	HM	40,00	0,70	28,00	14,21
Aplicação de Agroquímico	HM	42,00	0,50	21,00	10,66
Colheita	HM	128,00	0,70	89,60	45,48
Subtotal A				219,60	111,47
B. Material					
Glyphosate	L	23,60	2,50	59,00	29,95
Decis 50	g	88,00	0,10	8,80	4,47
Gesaprim 500	L	10,50	2,00	21,00	10,66
08 - 28 - 16	kg	0,90	300,00	270,00	137,06
Uréia	kg	1,33	222,20	295,53	150,01
Calcário	t	55,00	4,00	220,00	111,68
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	kg	6,50	10,00	65,00	32,99
Milho 30F90	saca	170,00	1,00	170,00	86,29
Subtotal B				1109,33	563,11
Custo operacional efetivo				1328,93	674,58
Outras despesas				66,45	33,73
Custo operacional total				1395,37	708,31
Receitas					
Milho	saca de 60 kg	16,00	147,60	2361,60	1198,78
Lucro Operacional				966,23	490,47
Índice de lucratividade (%)				40,91	

Custo de produção por hectare do sorgo em sistema consorciado com *P. maximum* com aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

DESCRIÇÃO	Especificação	Valor Unitário	Quantidade	Total (R\$)	Total (US\$)
A. Operações mecanizadas					
Dessecação	HM	42,00	0,50	21,00	10,66
Semeadura	HM	40,00	1,50	60,00	30,46
Adubação de Cobertura	HM	40,00	0,70	28,00	14,21
Aplicação de Agroquímico	HM	42,00	0,50	21,00	10,66
Colheita	HM	128,00	0,70	89,60	45,48
Subtotal A				219,60	111,47
B. Material					
Glyphosate	L	23,60	2,50	59,00	29,95
Decis 50	g	25,00	0,75	18,75	9,52
Gesaprim 500	L	10,50	2,00	21,00	10,66
08 - 28 - 16	kg	0,90	200,00	180,00	91,37
Uréia	kg	1,33	111,10	147,76	75,01
Calcário	t	55,00	4,00	220,00	111,68
<i>Panicum maximum</i> cv.					
Mombaça	kg	7,00	10,00	70,00	35,53
Sorgo 8118	saca	200,00	0,30	60,00	30,46
Subtotal B				776,51	394,17
Custo operacional efetivo				996,11	505,64
Outras despesas				49,81	25,28
Custo operacional total				1045,92	530,92
Receitas					
Sorgo	saca de 60 kg	11,20	39,00	436,80	221,73
Lucro Operacional				-609,12	-309,20
Índice de lucratividade (%)				-139,45	

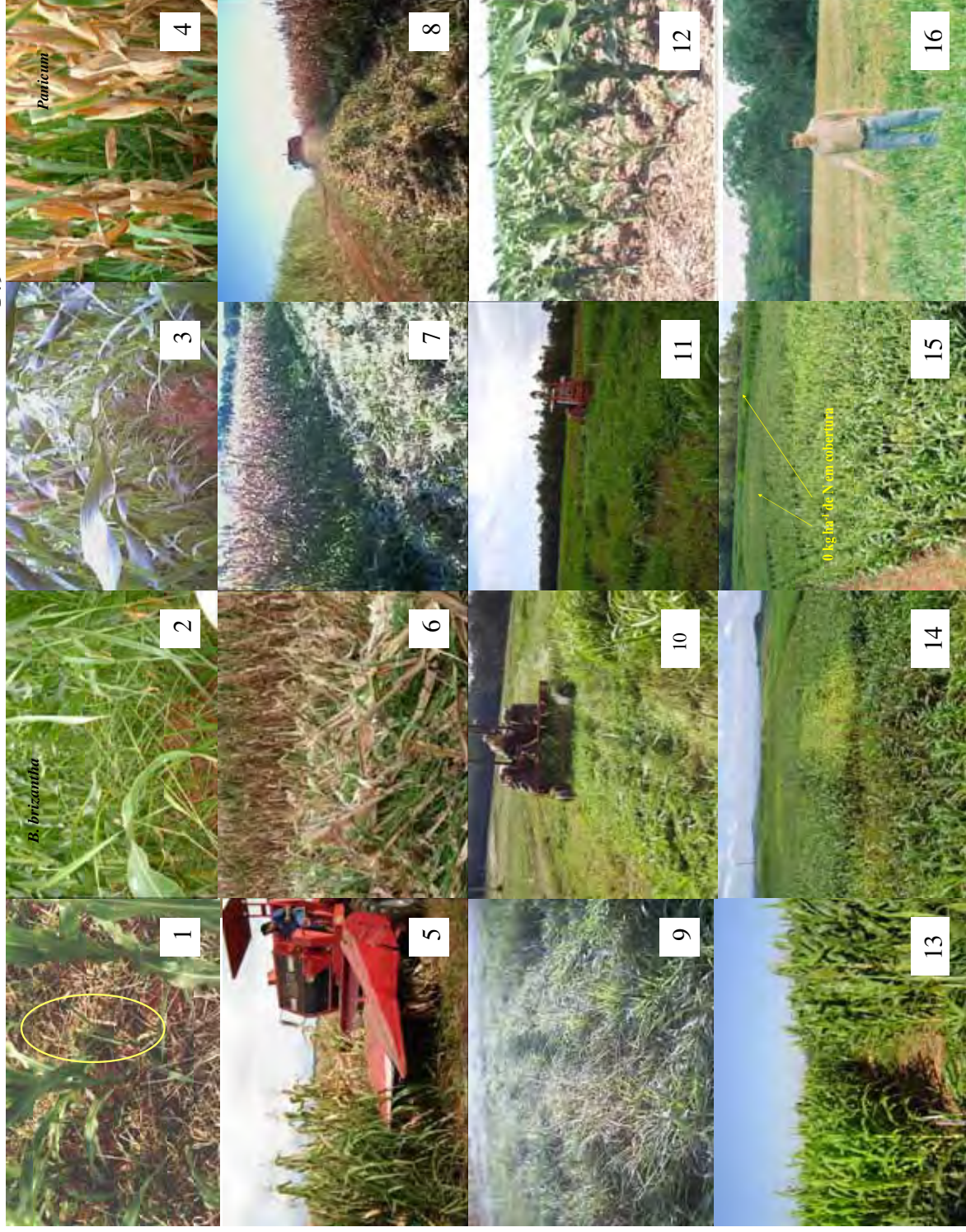


Figura 49 – Fotos dos experimentos; 1) Milho consorciado com braquiária em início de desenvolvimento; 2 e 3) Milho consorciado com braquiária; 4) Milho consorciado com mombaça; 5) Colheita do experimento; 6, 7 e 8) Resíduo após colheita; 9) Braquiária na entressafra; 10) Uniformização da área; 11) Dessecação; 12) Milho sobre palhada de braquiária; 13, 14 e 15) Clorose de plantas na ausência da adubação nitrogenada; 16) Efeito residual de N nas forrageiras.