

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

**UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA DO SORGO DE GUINÉ E EFEITOS
NA CULTURA DA SOJA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO**

GUSTAVO PAVAN MATEUS

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

BOTUCATU - SP

Janeiro – 2003

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

**UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA DO SORGO DE GUINÉ E EFEITOS
NA CULTURA DA SOJA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO**

GUSTAVO PAVAN MATEUS
Engenheiro Agrônomo

Orientador: **Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol**

Co-Orientador: **Prof. Dr. Ciniro Costa**

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

BOTUCATU - SP

Janeiro – 2003

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

M425u Mateus, Gustavo Pavan, 1976-
Utilização agropecuária do sorgo de Guiné e efeitos na
cultura da soja e atributos químicos do solo. / Gustavo
Pavan Mateus. -- Botucatu : [s.n.], 2003.
xiv, 142 f., gráfs., tabs.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas.
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol.
Co-orientador: Ciniro Costa.
Inclui bibliografia.

1. Sorgo 2. Soja 3. Resíduos vegetais 4. Plantio
direto I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa II. Costa,
Ciniro III. Universidade Estadual Paulista "Júlio
de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências
Agrônômicas IV. Título

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes; Produção massa vegetal
Produção de grãos

À meus avós

Santo Pavan e Abigail Pimentel Pavan,
pelo amor e exemplo de vida,

OFEREÇO**Ao meu irmão**

Christiano Pavan Mateus,
pelo exemplo de caráter e trabalho,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo Dom da vida;

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

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

Aos meus pais, Antonio Martins Mateus e Ana Rosa Pavan Mateus, pelo apoio e incentivo para a realização deste curso;

Em especial, a Carolina Fregonesi Barbosa, pela ajuda, atenção, companheirismo, amor, alegria e paciência durante a confecção deste trabalho;

À toda minha família, pela torcida ao meu sucesso profissional;

Ao Prof. Dr. Leandro Borges Lemos, pela grande atenção na minha chegada em Botucatu e pelos ensinamentos, incentivo e amizade durante o curso;

Ao professor Ciro Antonio Rosolem, pelo exemplo de trabalho e ensinamentos;

Ao Prof. Dr. João Nakagawa, pelas sugestões apresentadas;

Ao Prof. Dr. Ciniro Costa, pelas correções de parte do trabalho;

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

Aos funcionários do Departamento de Agricultura: Milton Marques Silva (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 e José Salvador Simonetti Foloni, pela grande ajuda nas prévias correções;

Aos colegas de república, Fabio Ferrari, João Renato Vaz da Silva e Neumarcio Vilanova da Costa;

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

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

quantidades extraídas	30
5.1.5.1.3 Relação carbono/nitrogênio (C/N).....	31
5.1.5.2 Avaliações no ponto de ensilagem	31
5.1.5.2.1 Característica da planta no ponto de ensilagem.....	31
5.1.5.2.1.1 Ciclo	31
5.1.5.2.1.2 Número de panículas por hectare	32
5.1.5.2.1.3 Fertilidade de colmos.....	32
5.1.5.2.1.4 Altura da planta (cm).....	32
5.1.5.2.1.5 Diâmetro do colmo (mm)	32
5.1.5.2.1.6 Números de internódios por planta.....	32
5.1.5.2.2 Produção de matéria verde, matéria seca e porcentagem de matéria seca, teores de nutrientes e quantidades extraídas.....	32
5.1.5.2.3 Porcentagem de colmo, folha e panícula	33
5.1.5.2.4 Análise bromatológica.....	33
5.1.5.2.5 Relação carbono/nitrogênio (C/N).....	33
5.1.5.3 Produção de grãos.....	34
5.1.5.3.1 Ciclo	34
5.1.5.3.2 Comprimento de panícula.....	34
5.1.5.3.3 Massa de 1000 grãos.....	34
5.1.5.3.4 Produtividade de grãos	34
5.1.5.3.5 Teor de N no grão.....	35
5.1.5.4 Análise estatística	35
5.2 Experimento com Soja.....	35
5.2.1 Localização da área experimental e caracterização do local	35
5.2.2 Delineamento experimental e tratamentos empregados	36
5.2.3 Cultivar	37
5.2.4 Instalação e condução do experimento	37
5.2.5 Obtenção de dados.....	39
5.2.5.1 Diagnose foliar da soja	39
5.2.5.2 Características agronômicas da soja e produtividade	39
5.2.5.2.1 Estande final	39

5.2.5.1.2	Altura da inserção da primeira vagem (cm)	40
5.2.5.1.3	Altura da planta (cm)	40
5.2.5.1.4	Número de vagens por planta	40
5.2.5.1.5	Número de grãos por vagem.....	40
5.2.5.1.6	Massa de 100 grãos.....	41
5.2.5.1.7	Produtividade de grãos	41
5.2.5.1.8	Teor de nitrogênio no grão	41
5.2.5.3	Alterações dos atributos químicos do solo	41
5.2.6	Análise estatística	42
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
6.1	Experimento com sorgo.....	43
6.1.1	Avaliação da capacidade de produção de palhada do sorgo de guiné para cobertura do solo.....	43
6.1.2	Produção e características químico-bromatológicas da silagem do sorgo de guiné.....	58
6.1.3	Produção de grãos.....	81
6.2	Influência da palhada de sorgo de guiné nos atributos químicos do solo.....	86
6.3	Experimento com soja	107
6.3.1	Diagnose foliar	107
6.3.2	Características agronômicas da soja e produtividade	114
7	CONCLUSÕES	120
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1. Atributos químicos do solo antes da instalação do experimento. Botucatu-SP, 2000	27
2. Teores de micronutrientes do solo antes da instalação do experimento. Botucatu-SP, 2000.....	27
3. Teor de água, número de sementes por grama, porcentagem de germinação e número de sementes depositadas por metro de sulco do sorgo de guiné.....	28
4. Número de colmos, altura de planta, diâmetro do colmo e produção de matéria seca do sorgo de guiné, no pleno florescimento, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	46
5. Teores de macronutrientes da parte aérea do sorgo de guiné, no pleno florescimento, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	50
6. Teores de micronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no pleno florescimento, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	50
7. Acúmulo de macronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no pleno florescimento, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	54
8. Acúmulo de micronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no pleno florescimento, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	54
9. Teor de carbono (C) e relação carbono nitrogênio (C/N) da parte aérea de sorgo de guiné, no pleno florescimento, em função da época de semeadura	57
10. Fertilidade de colmos e número de panículas do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função das épocas de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	60
11. Altura da planta, diâmetro do colmo, número de entrenó, matéria verde (MV), matéria seca (MS) e porcentagem de matéria seca da planta de sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	63

Quadro	Página
12. Porcentagem de colmo, folha e panícula da planta de sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura.....	65
13. Teores de macronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	69
14. Teores de micronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	69
15. Acúmulo de macronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	72
16. Acúmulo de micronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	72
17. Teor de carbono (C) e relação carbono nitrogênio (C/N) da parte aérea de sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura.....	76
18. Composição química em proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), minerais (M), fibra bruta (FB), carboidratos solúveis (CHO _s) e capacidade tampão (CT) da planta de sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	79
19. Comprimento de panícula, massa de 1000 grãos, produtividade e teor de nitrogênio (N) nos grãos do sorgo de guiné, na maturidade fisiológica, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	84
20. Valores de F e coeficiente de variação (C.V.) para os atributos químicos do solo em diferentes profundidades, em função da quantidade de palha de sorgo de guiné.....	88
21. Diagnose foliar de macronutrientes da soja (R2), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.	108
22. Diagnose foliar de micronutrientes da soja (R2), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.	108

Quadro	Página
23. Altura de inserção da primeira vagem, altura de planta e estande final da soja, em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.....	115
24. Número total de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos, produtividade e teor de nitrogênio no grão da soja, em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.....	115

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Precipitação pluvial mensal (mm) e temperaturas máximas e mínimas (°C) durante a condução do experimento. Botucatu-SP, 2000/01	26
2. Precipitação pluvial (mm) mensal e médias de temperaturas mensais máximas e mínimas (°C) durante a condução do experimento. Botucatu-SP, 2002.....	36
3. Ciclo do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	44
4. Número de colmos (a), altura da planta (b), diâmetro do colmo (c) e produção de matéria seca (d) do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	47
5. Teores de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) da parte aérea do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	51
6. Teores de cobre (a), zinco (b), manganês (c), ferro (d) e boro (e) da parte aérea do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	52
7. Acúmulo de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) da parte aérea do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	55
8. Acúmulo de cobre (a), zinco (b), manganês (c), ferro (d) e boro (e) da parte aérea do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	56
9. Teor de carbono (a) e relação carbono/nitrogênio (b) da parte aérea do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	58
10. Ciclo do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	59

11. Fertilidade de colmos (a) e número de panículas (b) do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	60
12. Altura da planta (a), diâmetro do colmo (b), número de entrenó por planta (c), produção de matéria verde (d), matéria seca (e) e porcentagem de matéria seca do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	64
13. Porcentagem de colmos, folhas e panículas do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.....	65
14. Teores de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) da parte aérea do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	70
15. Teores de cobre (a), zinco (b), manganês (c), ferro (d) e boro (e) da parte aérea do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	71
16. Acúmulo de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) da parte aérea do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	73
17. Acúmulo de cobre (a), zinco (b), manganês (c), ferro (d) e boro (e) da parte aérea do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	74
18. Teor de carbono (a) e relação carbono/nitrogênio (b) da parte aérea do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	76
19. Proteína bruta (a), Extrato etéreo (b), minerais (c), fibra bruta (d), carboidratos (e) e capacidade tampão (f) do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	80

Figura

Página

20. Ciclo do sorgo de guiné, na maturidade fisiológica, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	82
21. Comprimento de panícula (a), massa de 1000 grãos (b), produtividade de grãos (c) e teor de nitrogênio no grão (d), na maturidade fisiológica, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001	85
22. Valores de pH (CaCl ₂) do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	89
23. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os valores de pH CaCl ₂) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002	89
24. Teores de H + Al do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	91
25. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de H + Al do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002	91
26. Teores de matéria orgânica (M.O.) do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	92
27. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de matéria orgânica (M.O.) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002	92
28. Teores de cálcio (Ca) do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	94
29. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de cálcio (Ca) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002	94
30. Teores de magnésio (Mg) do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	95
31. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de magnésio (Mg) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002	95

32. Teores de potássio (K) do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	97
33. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de potássio (K) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002	97
34. Valores de soma de bases (SB) do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	98
35. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os valores de soma de bases (SB) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002	98
36. Valores de capacidade de troca catiônica (CTC) a pH 7,0 do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	99
37. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os capacidade de troca catiônica (CTC) a pH 7,0 do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002 ..	99
38. Valores de saturação por bases (V%) do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	101
39. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os valores de saturação por bases (V%) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002	101
40. Teores de cobre (Cu) do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	103
41. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de cobre (Cu) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002	103
42. Teores de zinco (Zn) do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	104
43. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de zinco (Zn) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002	104
44. Teores de manganês (Mn) do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	105

Figura

Página

45. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de manganês (Mn) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.....	105
46. Teores de ferro (Fe) do solo na camada de 0-20 cm, em função da quantidade de palhada do sorgo de guiné. Botucatu-2002	106
47. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de ferro (Fe) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.....	106
48. Diagnose foliar de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) da soja (R2), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002	109
49. Diagnose foliar de cobre (a), zinco (b), manganês (c), ferro (d) e boro (e) da soja (R2), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002	112
50. Estande final (a), altura de planta (b) e altura da inserção da primeira vagem (c), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 20.....	116
51. Número total de vagens por planta (a), número de grãos por vagem (b), massa de 100 grãos (c), produtividade da soja (d) e teor de nitrogênio no grão (e), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.....	119

1 RESUMO

O trabalho de pesquisa constou de dois experimentos em condições de campo. O primeiro experimento teve por objetivo avaliar o sorgo de guiné gigante (*Sorghum bicolor* subs. *bicolor* raça *guinea*) quanto a capacidade de produção de cobertura morta, silagem e grãos em função da época de semeadura. O segundo experimento teve por objetivo avaliar as alterações dos atributos químicos do solo e o comportamento da cultura da soja em plantio direto em função da quantidade de palha de sorgo de guiné na superfície do solo. Para tanto, o presente trabalho foi conduzido em duas etapas, no ano agrícola de 2000/01 e 2001/02, na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu/UNESP, em NITOSSOLO VERMELHO Estruturado. Na primeira etapa utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram seis épocas de semeadura do sorgo de guiné (25/09, 25/10, 24/11, 22/12, 22/02 e 03/04/2001). Com o atraso da semeadura, verificou-se antecipação dos estádios de desenvolvimento da planta, conseqüentemente, plantios tardios proporcionaram menores produções de matéria seca e maiores teores de nutrientes. No estágio de grão pastoso, a

medida em que a semeadura foi atrasada, constatou-se diminuição na altura da planta, diâmetro do colmo e número de entre nós por planta, com conseqüente redução na produção de matéria verde e seca por hectare. Verificou-se nas menores produções de matéria seca maiores teores de proteína bruta, minerais e carboidratos solúveis. O atraso da semeadura afetou também os componentes de produção, bem como, a produtividade de grãos. A espécie apresenta características que a faz uma boa opção de planta de cobertura para regiões de inverno seco, devido aos consideráveis valores de matéria seca e alta relação C/N. Sua forragem também apresenta bons teores químico-bromatológicos e características adequadas para a ensilagem. A segunda etapa do experimento consistiu da semeadura da soja sobre a palhada do sorgo de guiné, utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram sete níveis de palha de sorgo de guiné na superfície do solo (0, 6129, 7071, 19157, 26732, 28061 e 30224 kg ha⁻¹). Para a soja, constatou-se que com o incremento da palhada, os teores foliares de N e P aumentaram, e o inverso ocorreu para Ca, Mg, Cu, Zn e Fe. O aumento da palhada proporcionou incremento no estande de plantas e na massa de 100 grãos, refletindo na produtividade. O aumento da quantidade de palha de sorgo proporcionou redução do pH, dos teores de Ca, Mg, Cu, Zn e Mn, da soma de bases (SB) e da saturação por bases (V%), e incremento da acidez potencial (H⁺Al), do teor de matéria orgânica (M.O.) e da capacidade de troca catiônica (CTC).

FARMING USE OF GIANT GUINEA SORGHUM AND EFFECTS ON SOYBEAN CROP AND SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES. Botucatu, 2003. 142p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: GUSTAVO PAVAN MATEUS

Adviser: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Co-Adviser: CINIRO COSTA

2 SUMMARY

The research consisted of 2 experiments in field conditions. The first experiment had as aim to evaluate the capacity of mulch production, silage and grains in function of the time of sowing of guinea sorghum (*Sorghum bicolor* subs. *bicolor* race *guinea*). The second experiment had as aim to evaluate the alterations of the chemical attributes of the ground and the behavior of the crop of the soybean in no tillage in function of the amount of Guinea sorghum mulch in the surface of the ground. For this, the research was lead in two stages, in the agricultural year of 2000/01 and 2001/02, at Lageado Experimental Farm, of Agricultural Science College, campus of Botucatu/Unesp, in Red Nitosol (Alfisol). In the first stage it was used randomized blocks, with four repetitions. The treatments were six dates of sowing of Guinea sorghum (25/09, 25/10, 24/11, 22/12, 22/02 and 03/04/2001). With the delay of sowing, anticipation of the plant development stadiums was verified, consequently, delayed plantings provided smaller productions of dry matter and greater rates of nutrients. In the stadium of pasty grains, as the sowing was delayed, it was evidenced reduction in the height of the plant, diameter of stem and number between knots for plant, with consequent reduction in the production of fresh and dry matter hectare. It was verified in the

smallest productions of dry matter, bigger crude protein rates, minerals and soluble carbohydrates. The delay of the sowing also affected the components of production, as well as, the productivity of grains. The specie presents characteristics that becomes it a good option of a covering plant for regions of dry winter, in function of considerable values of dry matter and high relation C/N. Its mulch also presents good nutritional values and adjusted characteristic for the silage. The second stage of the experiment consisted in the sowing of the soy above the Guinea sorghum mulch, and it was outlined by randomized blocks, with four repetitions. The treatments were seven levels of Guinea sorghum mulch in the surface of the ground (0,6129, 7071, 19157, 26732, 28061 and 30224 kg ha⁻¹). For the soy, it was evidenced that with the increment of mulch, the leafb rates of N and P increased, and the inverse occurred for Ca, Mg, Cu, Zn and Fe. The increase of mulch provided increment in the standard of plants and in the mass of 100 grains, reflecting in the productivity. The increase of amount of Guinea sorghum mulch provided reduction of pH, Ca, Mg, Cu, Zn and Mn rates, sum of bases (SB) and bases saturation (V%), and increment of the potential acidity (H +Al), organic matter rates (M.O.) and the capacity of capacity exchange cation (CTC).

Keywords: *Sorghum bicolor*, quality and yield, *Glycine max*, nutrient cycling, residue plant, soil fertility.

3 INTRODUÇÃO

A agricultura atual passa por um momento de grande transformação, onde novos conceitos são discutidos e tentativamente aplicados aos agrossistemas como forma de reverter o processo de degradação ao qual têm sido submetidos os solos agrícolas em todo o mundo.

Neste sentido, o sistema plantio direto se constitui em uma das melhores formas de se conduzir a agricultura em direção à sustentabilidade, baseando-se em tecnologias que promovam a conservação e/ou melhoria da qualidade dos recursos naturais tendo como reflexo o aumento da eficiência da utilização de insumos e mão-de-obra. Assim, para atingir tais objetivos o sistema plantio direto tem como principais fundamentos o não revolvimento do solo, a cobertura permanente e a rotação de culturas. No entanto, a principal limitação à sustentabilidade deste sistema de produção é a rápida decomposição da palhada superficial em regiões tropicais.

Nesse contexto, a busca por técnicas que aumentem o potencial de aproveitamento das áreas produtoras de grãos que, em grande parte do Brasil, permanecem em

pousio, durante certo período do ano após o cultivo de verão, passa a ser estratégica na concepção de se obter maior rentabilidade na atividade agropecuária. Nessas regiões, o cultivo no período de fevereiro/março a maio/junho, dependendo da espécie utilizada, principalmente, no que tange a tolerância à deficiência hídrica, apresenta elevada probabilidade de insucesso, levando os agricultores ao menor aproveitamento dessas áreas.

A escolha de espécies que apresentem tolerância à deficiência hídrica e maior versatilidade na sua utilização, passa a ser preponderante no melhor aproveitamento dessas áreas. Essa versatilidade está diretamente relacionada quanto a capacidade de utilização, tanto para produção de palhada, como para alimentação animal, uma vez, que as limitações climáticas relatadas é característica da grande maioria das áreas da região do cerrado brasileiro.

Partindo dessa premissa, deve-se incluir nas características de uma espécie para integrar um sistema de produção nessa região, também, alta capacidade de ciclagem de nutrientes, de produção matéria seca e de rebrote, além de qualidade nutricional e palatabilidade, sem contudo, limitar a produção da cultura principal de verão. Assim, para sustentabilidade do sistema de plantio direto onde faz a integração agricultura-pecuária, a capacidade de rebrote tem elevado grau de importância para a manutenção de cobertura morta na área após o arração animal.

Nesse processo de escolha de novas espécies para integrar sistemas de produção agrícola em regiões de inverno seco, o Sorgo de Guiné pool vermelho (*Sorghum bicolor* subespécie *bicolor* raça *guinea*), denominado Sorgo de Guiné Gigante, vem se destacando como espécie promissora num sistema de rotação de culturas. Esse genótipo pode vir a ser cultivado com propósito de produzir palhada, para o plantio direto, proporcionando

melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo, bem como, forragem e grãos.

Em função do exposto, o presente trabalho teve por objetivo verificar a utilização do Sorgo de Guiné Gigante quanto a capacidade para produção de cobertura morta, silagem e grãos em função da época de semeadura, bem como, os efeitos da cobertura morta nos atributos químicos do solo e no desenvolvimento da cultura da soja em sucessão.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cultura do sorgo

O sorgo é uma planta utilizada para produção de forragem, grãos, açúcar e álcool. Como forrageira possui grande potencial de produção e alto valor nutritivo, podendo ser utilizado de várias formas, sendo assim, por meio de cortes, pastejos, feno, silagem e grãos. Sua forragem fresca pode estar disponível em várias épocas do ano, produzindo em regiões sujeitas a veranicos (Mezzena et al., 2000). Este cereal, diferencia dos demais, devido seu sistema radicular fibroso e muito extenso, tendo um ritmo de transpiração eficaz, assim retardando a perda de água da planta, também se adapta aos mais variados tipos de solos (Azeredo et al., 1975).

A planta de sorgo apresenta resposta fotoperiódica típica de dias curtos (Paul, 1990). No entanto, a grande maioria dos materiais genéticos comerciais de sorgo grânífero foram melhorados para a insensibilidade ao fotoperíodo, ficando somente os

genótipos forrageiros sensíveis (Demarchi et al., 1995). Devido a sua origem tropical, o sorgo é um dos cultivos agrícolas mais sensíveis a baixas temperaturas, sendo que a ótima para crescimento e desenvolvimento está por volta de 33°C (Magalhães et al., 2000).

Segundo Magalhães et al. (2000) a planta de sorgo se adapta a uma ampla variação de ambientes e produz sob condições desfavoráveis à maioria dos outros cereais. Em razão da sua resistência à seca, é considerado como um dos cultivos mais aptos para as regiões semi-áridas. Suas características lhe conferem uma maior faixa de adaptação à época de semeadura, que se estende desde o mês de setembro até março, para as condições do Centro-Sul brasileiro, despertando muito interesse pela semeadura em sucessão às culturas precoces de verão. As semeaduras efetuadas em fevereiro, no Brasil Central, tem proporcionado produções entre 9 a 12 toneladas de matéria seca, em três cortes sucessivos, sem irrigação, o que representa uma produção de 40 a 60 toneladas ha⁻¹ de forragem fresca (Zago, 1997).

Magalhães et al. (1994) identificando plantas tolerantes à seca, através da análise de mudanças morfofisiológicas durante o período de estresse hídrico e quantificando a recuperação das plantas mediante a irrigação, identificaram a existência de genótipos de sorgo que podem ser recomendados para a semeadura em sucessão de culturas.

Assim como já foi constatado para outras culturas, para o sorgo de acordo com Heckler (2002), numa mesma cultura, existem diferentes genótipos que, por sua vez, comportam-se de maneira diferenciada, um em relação ao outro, seja na produtividade de grãos, ciclo vegetativo e em outras características.

Com relação ao comportamento e utilização do Sorgo de Guiné pericarpo vermelho, conhecido vulgarmente por Sorgo de Guiné Gigante (*Sorghum bicolor*

subespécie *bicolor* raça *guinea*) as referências são escassas (Bairrão, 1989; Pace et al., 1999; Lima et al., 2000). No entanto, é uma planta que possui crescimento radicular vigoroso mesmo em solos compactados (Pace et al., 1999), desenvolvimento inicial lento (Lima et al., 2000), e grande produção de matéria seca, quando manejada no estágio de florescimento (Bairrão, 1989).

4.1.1 Utilização do sorgo como planta de cobertura do solo

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).

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; Fiorin, 1999; Haas, 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).

O efeito positivo dos resíduos vegetais é aumentado conforme seu tempo de permanência aumenta 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).

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 plantio direto (Fiorin, 1999).

Trabalhando com milheto comum e sorgo, Coser & Maraschin (1981) verificaram que o sorgo produziu 23% de matéria seca total a mais que o milheto. O mesmo foi encontrado por Silveira et al. (1984) onde os cultivares de sorgos produziram 68 % a mais de matéria seca que o milheto. Já Pereira (1990), estudando o cultivo de 16 espécies, visando a obtenção de cobertura vegetal do solo, na entressafra da soja na região do cerrado, verificou que entre as espécies testadas, o milho, o milheto e o sorgo foram as que obtiveram as maiores produções de fitomassa, não diferindo entre si.

Alcântara e Bufarah citados por Oliveira et al. (2002) relataram que o sorgo pode alcançar de 60 a 70 t ha⁻¹ de matéria fresca, demonstrando alto potencial de produção da espécie. Balbino et al. (1996) recomendaram o sorgo para cobertura vegetal do solo, mostrando produção de 28 t ha⁻¹.

Oliveira et al. (2002) estudando plantas para cobertura do solo, gramíneas e leguminosas, em cultivo exclusivo e consorciado, verificaram que a maior produção de matéria fresca foi obtida pelo sorgo em cultivo exclusivo, alcançando a produção de 77 t ha⁻¹.

Bairrão (1989) estudando o comportamento de espécies vegetais para cobertura do solo, no Estado do Paraná, constatou para o Sorgo de Guiné, no florescimento pleno, produção de matéria seca de 9,1 e 14,75 t ha⁻¹, quando cultivado na região de Cascavel e Palotina, respectivamente. Conforme relatos de Pace et al. (1999) essa espécie possui grande potencial, juntamente com o milheto, para manejo de solos compactados, apresentando desenvolvimento radicular superior ao girassol, *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*, e o dobro de produção matéria seca da parte aérea.

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 plantio direto, em razão da menor velocidade de decomposição (Calegari et al., 1993).

De acordo com Vasconcellos et al. (1999) a relação C/N do sorgo é de 27, 35 e 50, nos estádios de pleno florescimento, enchimento de grãos e maturação fisiológica, respectivamente.

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).

Lima et al. (2001) avaliaram a composição química da matéria seca da parte aérea do Sorgo de Guiné aos 60 dias após a semeadura e verificaram teores de: 19,2; 2,3; 25; 5,2; 3,5 e 1,3 g kg⁻¹, para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, em uma produção de 2,9 t ha⁻¹ de matéria seca.

Nascimento et. al. (1988) avaliando a produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo sorgo sacarino, cv. Brandes, para uma população de 140000 plantas ha^{-1} , constataram que o maior acréscimo de matéria seca da parte aérea ocorreu no período compreendido entre 56 e 70 dias após a emergência da cultura, sendo que a produção de matéria seca total da parte aérea aos 98 dias foi de 15,9 t ha^{-1} . Os mesmos autores verificaram que a extração de nutrientes pela parte aérea aos 98 dias foi da ordem de 127, 4,6, 118, 43, 33 e 20 kg ha^{-1} , respectivamente, para N, P, K, Ca, Mg e S, e de 2500, 1058, 218, 186 e 51,6 g ha^{-1} , respectivamente, para Fe, Mn, Zn, B e Cu.

Avaliando a composição química da matéria seca da parte aérea do sorgo, no florescimento, Oliveira et al. (2002) obtiveram os seguintes teores: 12,7; 1,74; 16,3; 5,3; 3,6; 0,83 g kg^{-1} , respectivamente, para N, P, K, Ca, Mg e S, e 100,2; 60,5; 17,9; 9,91 e 6,6 mg kg^{-1} , respectivamente, para Fe, Mn, Zn, B e Cu. As quantidades acumuladas foram de: 199, 26, 248, 79, 54 e 13 kg ha^{-1} , respectivamente, para N, P, K, Ca, Mg e S, e de 1426, 923, 280, 134 e 102 g ha^{-1} , respectivamente, para Fe, Mn, Zn, B e Cu.

4.1.2 Utilização do sorgo para produção de forragem

O milho e o sorgo vem sendo, tradicionalmente, as melhores opções de silagem para alimentação animal, devido à possibilidade de boas produções com excelentes características químico bromatológicas. Nos dias atuais, principalmente pela prática do confinamento, a utilização de silagem tem aumentado expressivamente em razão dos ganhos de produtividade animal (Nussio, 1995). Contudo, tem-se recomendado, na maioria dos sistemas de produção animal, o milho, tendo como segunda opção o sorgo. Essa preferência é

decorrente do milho apresentar silagem de valor nutritivo superior a de sorgo (Valente et al., 1984).

Embora o milho seja a matéria prima mais nobre nesse processo, o sorgo tem se mostrado como boa opção em substituição ao milho, principalmente nas regiões de climas semi-áridos. Nestas regiões o sorgo tem sido mais explorado, devido à maior resistência a veranicos e menor exigência quanto a fertilidade do solo (Dias et al., 2001). A silagem de sorgo, de modo geral, têm apresentado de 85 a 90% do valor nutritivo das silagens de milho. Porém, a produtividade de matéria seca ou verde do sorgo, no ponto de ensilagem, em média, supera a do milho (Valente, 1997; Dias et al., 2001).

Segundo Flaresso et al. (2000), as forrageiras mais empregadas para a ensilagem no Alto Vale do Itajaí são o milho, sorgo e capim-elefante, sendo as produtividades médias de matéria seca em um corte de 7,12, 13,29 e 9,78 t ha⁻¹, respectivamente.

Avaliando a produção de matéria seca de cultivares de milheto, milho e sorgo para silagem, Seiffert & Prates (1978) obtiveram produções, respectivamente, de 14,28, 10,24 e 17,50 t ha⁻¹. Contudo, vale ressaltar que há uma grande variação nos rendimentos da cultura do sorgo para produção de silagem (Demarchi et al., 1995). Como exemplo, Casela et al. (1986) trabalhando com os cultivares de sorgo, obtiveram respectivamente 56,7 e 36 t ha⁻¹ de matéria verde com os cultivares BR-506 e Contisilo, apresentando o experimento, 42,9 t ha⁻¹ matéria verde na media geral.

Nessa mesma linha de trabalho, Costa & Azevedo (1994) observando as características de 12 cultivares de sorgo para a produção de silagem, corte ou pastejo direto, constataram que as maiores produtividades de matéria seca foram obtidos com os cultivares

AG-2003 (14,44 t ha⁻¹) e Contisilo 02 (14,00 t ha⁻¹), assim como os maiores teores de proteína bruta, 9,34 % (Contisilo 02) e 8,70 % (AG-2003).

Silva et al. (1990) estudando o comportamento do sorgo Santa Eliza, quanto a produção e composição de sua silagem, verificaram produção de até 75 t ha⁻¹ de matéria verde, com ciclo de 217 dias, e altura de 3,8 m. O teor de proteína bruta e carboidratos solúveis, da forragem, foi de 3,9% e 12,0%, respectivamente.

A produção de matéria seca dos híbridos de sorgo está, geralmente, relacionada com a altura da planta. As porcentagens de folhas, colmo e panícula têm estreita ligação com a altura da planta. Híbridos mais altos atingirão maiores produtividades, no entanto, sua porcentagem de colmo será alta em relação a folhas e panículas, comprometendo seu valor nutritivo (Zago, 1997).

Neumann et al. (2002b) trabalhando com quatro híbridos de sorgo, verificaram que materiais mais tardios, como o AG-2002, com 140 dias, tenderam a apresentar maior altura (2,59 m) e maior produtividade (39,56 t ha⁻¹) comparado aos híbridos mais precoces, como o AG-2005, com 125 dias, menor altura (1,72 m) e menor produtividade (22,7 t ha⁻¹).

Neumann et al. (2002a) observaram aumento progressivo do teor de proteína bruta (PB) da silagem com o aumento da participação da panícula na estrutura física da planta. Já o avanço da idade da planta causa decréscimos no teor de proteína bruta (Valente et al., 1984; Silva et al., 1990), ao contrário da porcentagem de MS (Chaves, 1997).

O teor de matéria seca e o teor de carboidratos solúveis das forragens no momento da ensilagem são os fatores mais importantes a serem considerados, pois a qualidade da silagem depende diretamente destes (Demarchi et al., 1995).

A concentração de MS da planta para a obtenção de uma boa qualidade da silagem deve estar entre 28 e 38% (Faria, 1986). Teores menores que 28%, além de favorecer maior lixiviação de nutrientes solúveis propiciam ambiente favorável à proliferação de bactérias do gênero *Clostridium*, responsáveis pela putrefação do material, predominando a formação de ácido butírico. No caso da silagem com teores elevados de MS, a compactação torna-se ineficiente para garantir as condições anaeróbicas desejáveis, comprometendo sua qualidade (Chaves, 1997).

De acordo com Evangelista & Lima (2000), para alcançar o teor de MS adequado para a ensilagem, deve-se colher as plantas quando os grãos estiverem no estágio de pastoso/farináceo.

O teor de carboidratos solúveis das forragens é um dos mais importantes fatores para sua conservação na forma de silagem, uma vez que é a partir deles que os ácidos orgânicos são formados. O ácido láctico, produzido pelos *Lactobacillus* a partir dos carboidratos solúveis, é o principal responsável pela acidificação e preservação da massa ensilada (Chaves, 1997).

Um outro fator importante no processo de acidificação da massa ensilada é a capacidade tampão da cultura, pois quanto maior a capacidade tampão, maior quantidade de ácido láctico terá que ser formada para que o pH atinja níveis inibitórios à ação dos clostrídeos. A capacidade tampão (miliequivalente de ácido requerido para baixar o pH de 100 g de MS, de 6,0 para 4,0) determina, aproximadamente, a quantidade de fermentação ácida para se obter um dado pH.

Portanto, na cultura do sorgo, a caracterização de materiais genéticos é de fundamental importância, para se obter elevada produção de material ensilado com elevado valor nutritivo.

4.1.3 Utilização do sorgo para produção de grãos

Os principais fatores ambientais que condicionam os padrões de desenvolvimento da planta são: temperatura, umidade, fertilidade, intensidade de radiação e fotoperíodo. A época de semeadura é importante na obtenção de melhores produções, devido a sua interação com fatores ambientais, tendo maior ênfase em regiões tropicais, onde há pouca água disponível no solo para as plantas, o que vale dizer a distribuição das chuvas no decorrer do ano agrícola (Avelar & Moraes, 1986). Assim torna-se imprescindível identificar períodos críticos durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, quanto a disponibilidade hídrica (Giomo, 1996).

Em estudo de épocas de semeadura, no Estado de Minas Gerais, Azeredo et al. (1975), verificaram que semeaduras efetuadas em outubro-novembro condicionam maiores produtividade de grãos, produzindo, em média, 2,4 vezes mais que as semeaduras de fevereiro-março. Avelar & Moraes (1986), no mesmo Estado, relataram que semeaduras precoces (07/10) estão sujeitas a decréscimo de produção em virtude de deficiência hídrica na fase inicial de implantação da cultura e, semeaduras efetuadas a partir de dezembro apresentam acentuada redução de produtividade, principalmente devido a baixa disponibilidade de água no solo no período que decorre entre a floração e o estágio de grão leitoso.

Em São Paulo, Nakagawa et al. (1978), concluíram para a cultura do sorgo granífero que sementeiras efetuadas durante a primeira quinzena do mês de outubro, foram as melhores para produção de grãos, em razão, principalmente, do maior peso dos grãos da panícula. Ainda no Estado de São Paulo, Machado et al. (1987), constataram antecipação das fases de desenvolvimento da planta com o atraso da sementeira, em virtude ao fotoperiodismo. Desta maneira, sementeiras efetuadas mais cedo tenderam a proporcionar maiores produções de grãos que as mais tardias, sendo obtidas nestas épocas plantas com panículas maiores e mais pesadas.

Vieira (1984), em estudo de cultivares de sorgo em duas épocas de sementeira (20/10 e 20/12), no Estado do Rio Grande do Sul, constatou que a produtividade de grãos na sementeira de dezembro foi superior a de outubro, sendo de 4641 e 3615 kg ha⁻¹, respectivamente. A principal causa de decréscimo nos rendimentos da primeira época foi o ataque de pássaros, com danos de até 70% para algumas cultivares, sendo que a fase de enchimento de grãos na primeira época, coincidiu com o período de maior incidência de pássaros, entre janeiro e fevereiro, para a região. Na ausência de ataque de pássaros, Assis & Mendez (1981) verificaram, no Rio Grande do Sul, as maiores produções de grãos de sorgo nas sementeiras de novembro e dezembro, chegando a 3135 kg ha⁻¹.

Heckler (2002) estudando a potencialidade da utilização de sorgo, no período de outono-inverno, em sistema plantio direto, no Estado do Mato Grosso do Sul, constatou produtividade média de 7861 kg ha⁻¹ para dezoito cultivares estudados. No entanto, os genótipos BR 304, M 51 e AG 2005E apresentaram produtividade de grãos acima de 9000 kg ha⁻¹.

4.2 Cobertura vegetal no sistema de plantio direto

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 plantio direto comparados ao convencional, principalmente, na camada de 0-20 cm. Esta constatação é atribuída pelos autores, a 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 plantio direto 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 plantio direto 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 plantio direto, vegetação nativa, pasto degradado e preparo convencional, constataram também, que o sistema plantio direto apresentou os maiores teores de matéria orgânica.

A elevação dos teores de matéria orgânica na superfície é mais rápida através da 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 da 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 plantio direto, 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 (Caíres, 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 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).

Os aumentos do teor de matéria orgânica e do pH, podem provocar modificações na disponibilidade de micronutrientes (Malavolta, 1980).

Castro et al. (1992), estudando as alterações dos teores de Cu, Zn, Mn e Fe em dois latossolos, submetidos a plantio direto e convencional, por três anos, verificaram aumentos dos teores de Cu e Mn no sistema plantio direto. 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; Abreu 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 plantio direto (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 uma 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).

4.2.2 Cultura da soja em sistema de sucessão e rotação

A soja é uma das espécies comerciais mais utilizadas no sistema de plantio direto tanto em sucessão quanto em rotação de culturas.

No plantio direto, a cobertura vegetal do solo pode proporcionar tanto efeitos positivos como negativos sobre o crescimento das plantas, e esses efeitos estão

relacionados diretamente a quantidade e composição química da palhada da cultura anterior (Santos, 1991; Santos et al., 1994).

De acordo com Blevins & Cook (1970) e Caíres & Fonseca (2000), os solos com pouca movimentação superficial armazenam maior quantidade de água, devido à manutenção de uma maior capacidade de infiltração e uma menor evaporação. O maior teor de água na superfície do solo sob sistema de preparo mínimo tem significantes implicações nas reações do solo que controlam a disponibilidade de nutrientes às plantas.

Em função do exposto, Ruiz et al. (1990), estudando absorção de fósforo pela soja em relação ao conteúdo de água do solo, verificaram que acréscimos relativamente pequenos no conteúdo de água incrementaram significativamente o teor e o acúmulo de fósforo na planta.

Morote et al. (1990) observaram na presença de $6,6 \text{ t ha}^{-1}$ de palha de trigo, redução de perdas de água do solo e a manutenção da temperatura do mesmo em torno de 30°C nos primeiros dias após a implantação da soja; já no tratamento sem palha a temperatura alcançou 38°C a 5 cm de profundidade, prejudicando a germinação da cultura.

A importância da temperatura do solo está na influência que exerce principalmente no crescimento radicular, na absorção de íons e água, e nas atividades microbiológicas do solo (Sidiras & Pavan, 1986).

Voss & Sidiras (1985) comparando a nodulação das plantas de soja em sistema de semeadura direta e convencional, constataram nódulos em maior número e peso no sistema de plantio direto, o que foi atribuído aos menores valores e as menores oscilações da temperatura. No sistema convencional constataram que as temperaturas consideradas negativas para a fixação simbiótica do nitrogênio foram atingidas com maior frequência. Além

disso, observaram uma melhor distribuição dos nódulos na raiz de soja, no sistema plantio direto comparado ao convencional.

A maior absorção de nutrientes verificada no sistema plantio direto em relação ao convencional tem sido atribuída, também, a maior porcentagem de colonização de raízes por micorrizas (Fries & Aita, 1999).

Quanto a produtividade de grãos, Sidiras et al. (1983), verificaram que o sistema plantio direto proporcionou incremento de 33% em relação ao convencional, num período de três anos. Constataram, também, que a produtividade de grãos teve alta correlação com o número de plantas e, principalmente, com o peso de 1000 sementes. Segundo Bergamin et al. (1999) e Caíres & Fonseca (2000) o incremento no peso de 1000 grãos é atribuído a maior disponibilidade de água no solo durante o processo de enchimento das vagens.

Ao serem estudadas as características agronômicas e a produtividade de grãos da soja, em sucessão às culturas de aveia, colza, linho, tremoço e trigo, no sistema plantio direto, por cinco anos, Santos & Reis (1990) observaram que a produtividade de grãos e a altura de inserção da primeira vagem da soja não foram afetadas pelas culturas de inverno. Porém, os componentes de produção (população final, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de 100 grãos) e a altura das plantas foram influenciados pelas espécies de inverno. Neste trabalho, os autores concluíram que os efeitos do tipo de sucessão sobre a soja foram influenciados, principalmente, pelo fator ano.

Por outro lado, Santos et al. (1991) observaram que os componentes de produção de soja não foram influenciados pelas coberturas vegetais, ou quando se manifestaram não foram suficientes para alterar a produtividade de grãos. Estes autores também verificaram efeito do fator ano nas variáveis estudadas.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Experimento com Sorgo

5.1.1 Localização da área experimental e caracterização do local

O trabalho foi desenvolvido no ano agrícola de 2000/01, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente a Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, Campus de Botucatu/UNESP, localizada no Município de Botucatu-SP, tendo como coordenadas geográficas 22°51'S e 48°26'W. A altitude é de 740 m.

O solo da área experimental foi classificado por Carvalho et al. (1983) como NITOSSOLO VERMELHO Estruturado (EMBRAPA, 1999). O clima predominante na região é do tipo Cwa segundo a classificação climática de Köeppen, ou seja, tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (Lombardi Neto & Drugowich, 1994).

Na Figura 1 estão apresentados os dados de precipitação pluvial e as temperaturas máxima e mínima mensal durante o desenvolvimento do experimento, registrados na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Lageado.

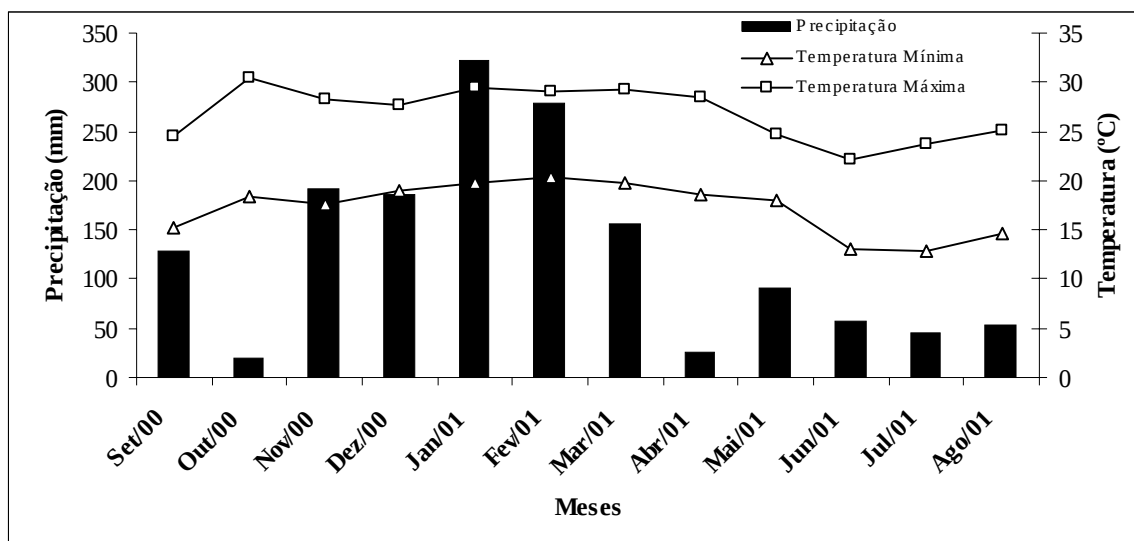


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máximas e mínimas (°C) mensal durante a condução do experimento. Botucatu-SP, 2000/01.

5.1.2 Delineamento experimental e tratamentos empregados

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de seis épocas de semeadura (E1 = 25/09/00, E2 = 25/10/00, E3 = 24/11/00, E4 = 22/12/00, E5 = 22/02/01 e E6 = 03/04/2001) de sorgo de guiné. Cada parcela foi constituída por oito linhas de 20 m de comprimento, espaçadas em 0,6 m. Para as avaliações foram consideradas as 6 linhas centrais, sendo que 0,5 m da extremidade de cada linha de plantas e as duas linhas externas constituíram-se na bordadura, perfazendo uma área útil de 68,40 m².

5.1.3 Espécie empregada

A espécie utilizada foi classificada por Snowden (1936) como *Sorghum guineense*. Posteriormente, Harlan & De Wet (1972) classificaram como *Sorghum bicolor* subespécie *bicolor* raça *guinea*. Esta apresenta em sua constituição panículas grandes e abertas, com grãos fortemente duros e vítreos.

5.1.4 Instalação e condução do experimento

Antes da instalação do experimento, foi realizada caracterização química do solo na profundidade de 0 a 20 cm conforme metodologia proposta por Raij et al. (1997). Para tal procedimento foram coletadas 20 amostras simples de solo, em área de 0,7 ha, formando-se uma única amostra composta, a qual foi analisada segundo metodologia de descrita por Raij et al. (2001), cujos resultados de fertilidade encontram-se nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1. Atributos químicos do solo antes da instalação do experimento. Botucatu-SP, 2000.

Prof.	PH	M.O.	P(resina)	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
cm	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%
0-20	5,1	24	16	38	1,5	31	17	49	87	56

Quadro 2. Teores de micronutrientes do solo antes da instalação do experimento. Botucatu-SP, 2000.

Prof.	Cu	Zn	Mn	Fe	B
cm	mg dm ⁻³				
0-20	7,8	1,3	26,6	24	0,18

De acordo com os resultados revelados pela análise química do solo, fez-se a calagem em área total, em 20/07/00, por meio de distribuidor do tipo cocho, utilizando a dose de $1,6 \text{ t ha}^{-1}$. O calcário aplicado foi o dolomítico com PRNT de 75 %, com o objetivo de elevar a saturação por bases a 70%, seguindo a recomendação para a cultura do sorgo no Estado de São Paulo (Cantarella et al. 1997).

Após a aplicação do calcário fez-se a incorporação através de uma aração, seguindo-se de uma gradagem de destorroamento. No dia anterior a cada semeadura efetuou-se uma nova gradagem de nivelamento, servindo também de controle mecânico às plantas daninhas.

Empregou-se 6 kg ha^{-1} de sementes, sendo utilizado os parâmetros massa de 1000 sementes e espaçamento, seguiu-se este método devido a espécie apresentar sementes pequenas (Quadro 3), paralelamente avaliou-se a porcentagem de germinação, segundo metodologia descrita em BRASIL (1992). A emergência ocorreu, de modo geral, oito dias após a semeadura, para todos os tratamentos.

A operação de semeadura, em todos os tratamentos, ocorreu de forma mecanizada, por meio de semeadora-adubadora modelo T2S1, com quatro linhas espaçadas de 0,60 m, visando atingir a densidade populacional de 200.000 plantas ha^{-1} .

Quadro 3. Teor de água, número de sementes por grama, porcentagem de germinação e número de sementes depositadas por metro de sulco do sorgo de guiné.

Teor de água	Número de sementes g^{-1}	Germinação	Número de sementes m^{-1}
.....%.....		%.....	
10,0	58	69	17

Juntamente com a semeadura foi aplicado 24 kg ha⁻¹ de N, 84 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O (Cantarella et al. 1997), correspondendo a aproximadamente 300 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 8-28-16.

As sementes foram previamente tratadas com fungicida a base de Thiram (Rhodiauran 700), na dose de 140 g i.a. 100 kg⁻¹ de sementes, visando o controle preventivo dos fungos de solo (*Rhizoctonia* spp e *Pythium* spp). Utilizou-se também o inseticida a base de Carbofuran (Furadan 350 TS), na dose de 525 g i.a. 100 kg⁻¹ de sementes, visando o controle de cupins (*Syntermes molestus*, *Syntermes insidians* e *Procorniterms striatus*) e da lagarta elasmô (*Elasmopalpus lignosellus*).

Para o controle de plantas daninhas aplicou-se, logo após a semeadura, herbicida pré-emergente a base de Atrazine + Simazine (Triamex), na dose de 1500 g i.a. ha⁻¹ de ambos compostos com volume de aplicação de 350 L ha⁻¹, por meio de pulverizador costal com pressão constante de 2 kgf/cm², com tanque de 8 L e barra equipada com 5 bicos do tipo leque espaçados em 0,50 m.

Quanto ao controle de pragas, foi efetuado o emprego de inseticida químico a base de Chlorpyrifos (Lorsban 480 BR), registrado para a cultura, na proporção de 360 g i.a. ha⁻¹ e volume de aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda, por meio de pulverizador costal com pressão constante, visando o controle do pulgão verde (*Schizaphis graminum*).

5.1.5 Obtenção dos dados

5.1.5.1 Avaliação da capacidade de produção de matéria seca para cobertura do solo e extração de nutrientes

5.1.5.1.1 Característica da planta no florescimento pleno

5.1.5.1.1.1 Ciclo

Número de dias transcorridos entre a emergência das plântulas e o florescimento de 50% das panículas das parcelas, correspondente ao estágio 6 na escala de Vanderlip & Reeves (1972).

5.1.5.1.1.2 Número de colmos por hectare

Contagem do número de colmos contidos em 8,0 m de fileira de cada parcela, sendo os valores extrapolados por hectare.

5.1.5.1.1.3 Altura da planta (cm)

Distância compreendida entre o nível do solo e a extremidade superior da planta, avaliando-se 10 plantas ao acaso por parcela.

5.1.5.1.1.4 Diâmetro do colmo (mm)

Diâmetro do colo da planta. Avaliou-se 10 plantas ao acaso por parcela pelo uso de paquímetro.

5.1.5.1.2 Produção de matéria seca da parte aérea, teores de nutrientes e quantidades extraídas

Foi realizada uma coleta de plantas, em 2,0 m de fileira, no florescimento pleno em cada parcela. 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. Posteriormente realizou-se a moagem do material, no qual foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). De posse desses resultados, foram determinadas as quantidades absorvidas desses nutrientes por área, através da multiplicação dos teores pela quantidade de matéria seca.

5.1.5.1.3 Relação carbono/nitrogênio (C/N)

Do material coletado no florescimento pleno e já seco em estufa, realizou-se análise química para obtenção do carbono orgânico, conforme metodologia de Tedesco et al. (1985). Estabelecendo-se assim as relações entre carbono e nitrogênio da parte aérea.

5.1.5.2 Avaliações no ponto de ensilagem

5.1.5.2.1 Característica da planta no ponto de ensilagem

5.1.5.2.1.1 Ciclo

Número de dias transcorridos entre a emergência das plântulas e 50% das panículas das parcelas em estágio de grão pastoso (3/4 da matéria seca acumulada), correspondendo ao estágio 8 na escala de Vanderlip & Reeves (1972).

5.1.5.2.1.2 Número de panículas por hectare

Contagem do número de panículas contidas em 8,0 m de fileira de cada parcela e calculado por hectare, no ponto de ceifa para ensilagem.

5.1.5.2.1.3 Fertilidade de colmos

Determinada no ponto de ceifa para ensilagem, através da relação: número de panículas pelo número de colmos, multiplicada por cem.

5.1.5.2.1.4 Altura da planta (cm)

Conforme descrito no item 5.1.5.1.1.3

5.1.5.2.1.5 Diâmetro do colmo (mm)

Conforme descrito no item 5.1.5.1.1.4

5.1.5.2.1.6 Número de internódios por planta

Contagem do número de internódios de 10 plantas por parcela, no ponto de ceifa para ensilagem.

5.1.5.2.2 Produção de matéria verde, matéria seca e porcentagem de matéria seca, teores de nutrientes e quantidades extraídas.

Foi realizada uma coleta de plantas, em 2,0 m de fileira, no ponto de ceifa para ensilagem em cada parcela. O material coletado foi pesado imediatamente, para obtenção da matéria verde e, em seguida foram secas em estufa de circulação forçada de ar à

60°C até peso constante, e pesadas novamente para a determinação da porcentagem e produção de matéria seca. Posteriormente realizou-se a moagem do material, no qual foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). De posse desses resultados, foram determinadas as quantidades absorvidas desses nutrientes por área, através da multiplicação dos teores pela quantidade de matéria seca.

5.1.5.2.3 Porcentagem de colmo, folha e panícula

No momento de ceifa para ensilagem, coletou-se 10 plantas por parcela, sendo separadas em colmo, folhas e panículas. Estas frações foram pesadas separadamente para obtenção do peso verde e, em seguida, foram secas em estufa de circulação forçada de ar à 60°C até peso constante, para a determinação da matéria seca parcial e total.

5.1.5.2.4 Análise bromatológica

Foi realizada uma coleta de plantas, em 2,0 m de fileira, no ponto de ceifa para ensilagem, em cada parcela. O material coletado foi picado, e amostrado da qual uma parte foi armazenada em freezer a -20°C e a outra, seca em estufa de circulação forçada de ar à 60°C até peso constante. A amostra congelada foi utilizada para a determinação de teor dos carboidratos solúveis totais, de acordo com a técnica proposta por Dubois et al. (1956). Na amostra seca quantificou-se a capacidade tampão ao ácido clorídrico, segundo o método de Playne & McDonald, adaptado por Tosi (1973), e os teores de fibra bruta, extrato etéreo, minerais e proteína bruta de acordo com a metodologia de Silva (1990).

5.1.5.2.5 Relação carbono/nitrogênio (C/N)

Conforme descrito no item 5.1.5.1.3

5.1.5.3 Produção de grãos

5.1.5.3.1 Ciclo

Número de dias transcorridos entre a emergência das plântulas e a maturidade de 50% as panículas de cada parcela, correspondente ao estágio 9 na escala de Vanderlip & Reeves (1972).

5.1.5.3.2 Comprimento de panícula

Determinada avaliando dez plantas ao acaso por parcela, medindo-se com uma régua da inserção da panícula até a extremidade superior

5.1.5.3.3 Massa de 1000 grãos

Determinada através da coleta ao acaso e da pesagem de oito amostras de 1000 grãos de cada parcela (13% umidade).

5.1.5.3.4 Produtividade de grãos

A colheita do sorgo foi efetuada manualmente, coletando-se todas as panículas na área útil de cada parcela. A seguir, foi realizada a trilha mecânica e determinado o peso dos grãos colhidos, sendo calculada a produtividade de grãos por hectare (13% umidade).

5.1.5.3.5 Teor de nitrogênio no grão

Dos grãos colhidos para determinar a produtividade, coletou-se amostras de 100 gramas, as quais foram secas em estufa de circulação forçada de ar à 60°C até peso constante. Posteriormente realizou-se a moagem desses materiais e a determinação do teor de nitrogênio, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

5.1.5.4 Análise estatística

Todos os dados de cada variável determinada foram submetidos a análise de variância. Realizou-se análise de regressão, na qual adotou-se valor 0, 30, 60, 88, 150 e 190 para as sementeiras de 25/09/00, 25/10/00, 24/11/00, 22/12/00, 22/02/01 e 03/04/2001, respectivamente. 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).

5.2 Experimento com soja

5.2.1 Localização do experimento e característica do local

A localização e as características do local são as descritas no item 5.1.1.

Na Figura 2 estão apresentados os dados de precipitação pluvial e as temperaturas mínima e máxima mensal durante o desenvolvimento do experimento, coletados na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Lageado.

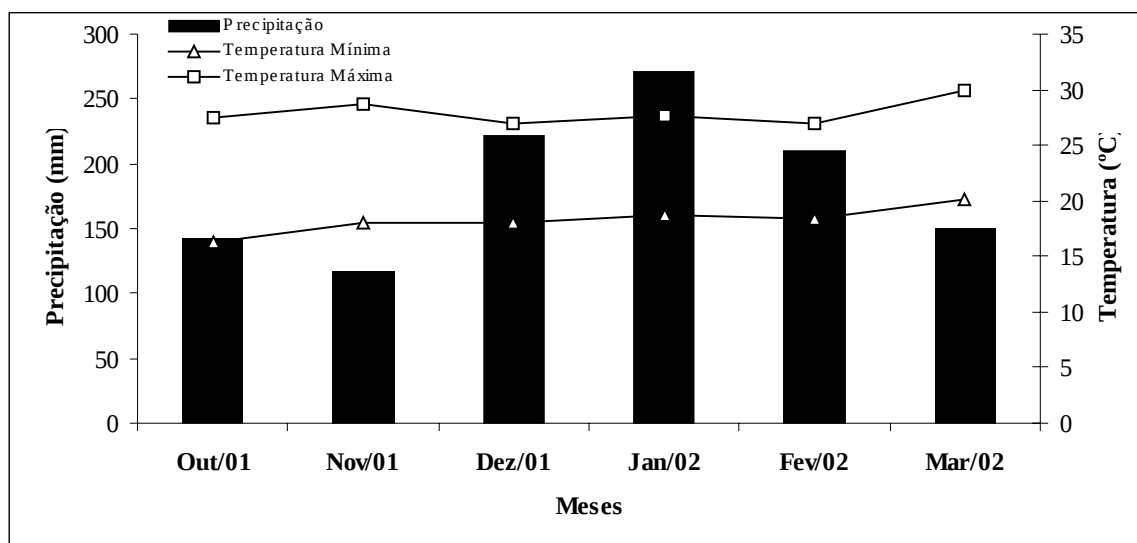


Figura 2. Precipitação pluvial (mm) e média de temperatura máxima e mínima (°C) mensal durante a condução do experimento. Botucatu-SP, 2002.

5.2.2 Delineamento experimental e tratamento empregado

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram sete níveis de palha de sorgo de guiné (0, 6129, 7071, 19157, 26732, 28061 e 30224 kg ha⁻¹), sendo esses valores são os obtidos na colheita do sorgo para a ensilagem, sendo que o nível sem palha foi onde não cultivou-se sorgo anteriormente. Cada parcela experimental foi constituída por 10 linhas de 20 m de comprimento, espaçadas em 0,45 m. Para as avaliações foram consideradas as 8 linhas centrais, sendo que 0,5 m da extremidade de cada linha de plantas e as duas linhas externas constituíram-se na bordadura, perfazendo uma área útil de 68,40 m².

5.2.3 Cultivar

A cultivar de soja utilizada foi a Monsoy 6101, tendo como principais características: hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce de maturação (100 a 110 dias), altura de planta de 105 a 120 cm, flor branca, hilo preto e pubescência marrom. Quanto ao nível de tolerância a doenças, apresenta-se resistente ao cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum* f.sp), mancha “olho de rã” (*Cercospora sojina*) e a pústula bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *glycines*), e moderadamente susceptível a cretamento bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*) e oídio (*Microsphaera diffusa*). Mostra-se susceptível a nematóide de galhas e cisto. A densidade populacional adequada varia de 300.000 a 400.000 plantas por hectare, sendo que o período mais favorável de semeadura está limitado entre os meses de outubro e novembro. A cv. Monsoy 6101 é indicada para solos de alta fertilidade dos Estados de SP, GO, MG e MS (Monsanto, 2002).

5.2.4 Instalação e condução do experimento

Em outubro de 2001, realizou-se a trituração das plantas de sorgo, por meio de triturador de palha (Triton 2300) acoplado em trator, deixando a biomassa na superfície do solo, constituindo desta forma as parcelas.

Momento antes da semeadura da soja, aplicou-se herbicida dessecante a base de Glyphosate (Roundup), na dose de 1920 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 bicos leques espaçados em 0,50 m.

O tratamento das sementes de soja, foi realizado no mesmo dia da semeadura, por meio do emprego de betoneira, sendo os produtos adicionados na seguinte ordem, primeiro empregou-se fungicida a base de Carboxin + Thiram (Vitavax + Thiran 200

SC), na dose de 60 g i.a. 100 kg⁻¹ de sementes, visando o controle preventivo dos fungos de solo (*Fusarium* spp, *Rhizoctonia* spp e *Pythium* spp), logo após foi aplicado cobalto e molibdênio (CoMo II), na dose de 2,5 e 15 g 100 kg⁻¹ de sementes de cada micronutriente, respectivamente, com o intuito de uma melhor fixação biológica de nitrogênio. E por último, inoculou-se as sementes com estipes selecionadas de *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 – CPAC 15 E SEMIA 5080 – CPAC 7), por meio de inoculante turfoso, com garantia mínima de 1 x 10⁹ células viáveis por grama, adicionando 250 g de inoculante por 50 kg de sementes, para assegurar uma adequada nodulação e garantir o suprimento de nitrogênio para a planta.

A soja foi semeada em 06/11/2001, por meio de semeadora de plantio direto, com cinco linhas, modelo Personale Drill 13 Semeato, na densidade de 20 sementes por metro de sulco e, espaçamento de 0,45 m entrelinhas, correspondendo aproximadamente 450.000 sementes ha⁻¹. A emergência ocorreu sete dias após a semeadura nas parcelas com palha e em 14 dias nas parcelas sem palha.

A adubação mineral de semeadura constou da aplicação de 24 kg ha⁻¹ de N, 84 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondendo a aproximadamente 300 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 8-28-16 (Mascarenhas & Tanaka, 1997).

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado 32 dias após a emergência (DAE) da soja (15/12/01), aplicando herbicida a base de Fomezafen + Fluazifop-p-butyl (Fusiflex), na dose de 187 g i.a. ha⁻¹ de ambos compostos com volume de aplicação de 250 L ha⁻¹, por meio de pulverizador tratorizado de barras, utilizando bicos do tipo leque espaçados em 0,50 m. Do mesmo modo realizou-se o controle de pragas, empregando o inseticida químico a base de Lambdacyhalothrin (Karate Zeon), na proporção

de 7,5 g i.a. ha⁻¹. Foram realizadas duas aplicações, aos 32 DAE (15/12/01) e aos 64 DAE (16/01/02). Na última aplicação de inseticida foi empregado, em mistura de tanque, fungicida a base de Tebuconazole (Folicur CE), na dose de 200 g i.a. ha⁻¹, sendo esta realizada com a utilização de pulverizador tratorizado do tipo canhão.

5.2.5 Obtenção dos dados

5.2.5.1 Diagnose foliar da soja

No florescimento pleno das plantas de soja, correspondente ao estágio R2 na escala de Fehr et al. (1971), foram realizadas amostragens de folhas com pecíolos, coletando-se as terceiras folhas a partir do ápice, em 30 plantas por parcela, visando a determinação da diagnose foliar (Ambrosano et al., 1997). Essas amostras foram lavadas em água corrente, 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, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B, foram determinados de acordo com os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

5.2.5.2 Características agronômicas da soja e produtividade

5.2.5.2.1 Estande final

Contagem do número de plantas contidos em 2,0 m de fileira de cada parcela e calculado por hectare, no momento da colheita.

5.2.5.2.2 Altura da inserção da primeira vagem (cm)

Distancia compreendida entre o nível do solo e a inserção da primeira vagem. Foi determinada no momento da colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por parcela e comparada aos padrões desejados para a colheita mecânica, ou seja, altura da inserção de 1º vagem > 10 cm (Bonetti, 1983).

5.2.5.2.3 Altura da planta (cm)

Distancia compreendida entre o nível do solo e a extremidade superior da planta. Foi determinada no momento de colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por parcela e comparada aos padrões desejados para a colheita mecânica, ou seja, altura da planta > 65 cm (Bonetti, 1983).

5.2.5.2.4 Número de vagens por planta

A contagem do número de vagens por planta, foi determinada no momento da colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por parcela.

5.2.5.2.5 Número de grãos por vagem

Essa variável foi determinada através da relação número de grãos por planta pelo número de vagens por planta. Essa determinação foi realizada no momento da colheita, avaliando-se 10 plantas ao acaso por parcela.

5.2.5.2.6 Massa de 100 grãos

Determinada através da coleta ao acaso e da pesagem de oito amostras de 100 grãos de cada parcela (13% umidade).

5.2.5.2.7 Produtividade de grãos

A partir da colheita mecânica das quatro linhas centrais de cada parcela, realizada com colhedora própria de experimentos, modelo Nurserymaster da Wintersteiger, determinou-se o peso dos grãos colhidos e foi calculada a produtividade de grãos por hectare (13% umidade).

5.2.5.2.8 Teor de nitrogênio no grão

Dos grãos colhidos para determinar a produtividade, coletou-se amostras de 100 gramas de grãos que foram secos em estufa de circulação forçada de ar à 60°C até peso constante. Posteriormente realizou-se a moagem desses materiais nos quais foi determinado o teor de nitrogênio, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

5.2.5.3 Alterações dos atributos químicos do solo

Foram coletadas amostras de solo após a colheita da soja, com a utilização de trado tipo calador, retirando-se seis amostras simples por parcela, escolhidas aleatoriamente na área útil, formando-se amostras compostas das camadas de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 e 0 a 20 cm de profundidade. Determinou-se pH (CaCl_2), M.O., H^+Al , K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, e calculou-se SB, CTC e V%, segundo a metodologia descrita por Raij et al. (2001).

5.2.6 Análise estatística

Todos os dados de cada variável determinada foram submetidos a análise de variância. Realizou-se análise de regressão, na qual adotou-se valor 0, 6129, 7071, 19157, 26732, 28061 e 30224, sendo a quantidade de palha na superfície do solo. 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).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento com sorgo

Durante a condução do experimento em todas as datas de semeadura as condições climáticas foram favoráveis à germinação e emergência, com disponibilidade de água e temperatura adequadas. Essas condições permaneceram em todas as épocas de semeadura na fase inicial de crescimento da cultura. No entanto, a partir do mês de abril ocorreu diminuição das temperaturas e da precipitação pluvial (Figura 1).

6.1.1. Avaliação da capacidade de produção de palhada do sorgo de guiné para cobertura do solo

Na Figura 3 observa-se antecipação dos estádios de desenvolvimento da planta com o atraso da semeadura, tendo como consequência a redução da fase vegetativa, refletindo no tempo de duração para as plantas entrarem em florescimento. Essa constatação

permite inferir que a espécie de sorgo utilizada apresenta sensibilidade ao fotoperíodo, uma vez que em baixas temperatura a tendência é aumentar o ciclo em função da redução do metabolismo da planta, o que não ocorreu no presente trabalho. Verificou-se que nas semeaduras de setembro, outubro, novembro e dezembro, o florescimento ocorreu simultaneamente no dia 25 de março, em virtude do decréscimo do comprimento do dia, como constatado também por Paul (1990). Na semeadura de abril o período de desenvolvimento foi curto e as plantas atingiram o florescimento com 76 DAE, em função de já estarem submetidas ao fotoperíodo indutivo, porém, não inferior ao observado em fevereiro, já que o metabolismo foi menor em função da redução das temperaturas (Figura 1). Assim, se as temperaturas tivessem permanecidas no mesmo patamar das semeaduras de setembro a fevereiro, a redução no período vegetativo teria sido maior na última época. A sensibilidade da cultura do sorgo ao fotoperíodo também foi relatada por Nakagawa et al. (1987), Paul (1990) e Alagarswamy et al. (1998).

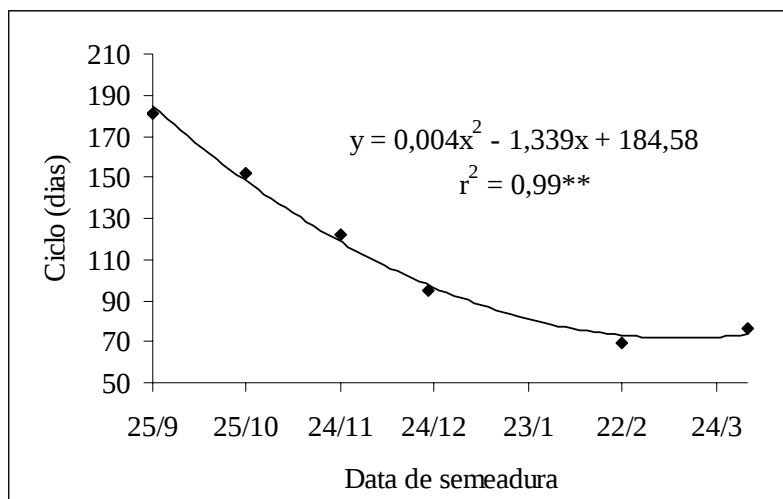


Figura 3. Ciclo do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

No Quadro 4 estão os resultados de número de colmos, altura de planta, diâmetro do colmo e produção de matéria seca que permitem constatar efeitos significativos de épocas de semeadura para todas as variáveis.

Observa-se através da Figura 4a que o número de colmos aumentou com o atraso da semeadura, apresentando resposta positiva e quadrática. Este efeito, pode ser explicado, em função das plantas de sorgo produzirem mais perfilhos em dias curtos e sob temperaturas mais baixas (Magalhães et al., 2000).

Quanto a altura da planta (Figura 4b), verificou-se resposta negativa e linear com o atraso da semeadura, sendo que na semeadura de setembro as plantas atingiram 402 cm e na de abril 143 cm, reduzindo o porte da planta em 64%.

Comportamento semelhante foi observado para diâmetro do colmo (Figura 4c), no qual ajustou uma equação negativa e quadrática, onde verificou-se uma redução de até 85%, quando comparada a semeadura de abril com a de setembro.

Os efeitos observados para a altura da planta e o diâmetro do colmo se devem, principalmente, a resposta da planta ao fotoperíodo, através da antecipação dos estádios fenológicos em razão do atraso da semeadura, refletindo em menor desenvolvimento. Conseqüentemente, a produção de matéria seca da parte aérea diminuiu a medida em que a semeadura foi atrasada (Figura 4d), mostrando resposta negativa e linear. No entanto, mesmo na semeadura mais tardia, as plantas apresentaram boa capacidade de produção de matéria seca (5,2 t ha⁻¹ observado no campo e 3,6 t ha⁻¹ estimado), 70 dias após a emergência, em um período de baixa precipitação pluvial e temperatura (Figura 1), sendo uma alternativa de cultivo para outono-inverno na região.

Vale ressaltar que entre as semeaduras de setembro a novembro, a produção de matéria seca foi superior a 15 t ha⁻¹, evidenciando a grande capacidade da espécie em produzir matéria seca. Portanto, esta espécie integrada em sistema de rotação de culturas, em áreas em pousio, poderia proporcionar boa cobertura do solo e, conseqüentemente, manter ou aumentar a fertilidade do solo e a produtividade das culturas comerciais, sendo possível o cultivo do feijão “da seca”, amendoim e soja safrinha, após o manejo da planta como cobertura.

Quadro 4. Número de colmos, altura de planta, diâmetro do colmo e produção de matéria seca do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de Semeadura	Nº Colmos Colmos ha⁻¹	Altura cm	Diâmetro mm	M.S. t ha⁻¹
Setembro/00	189587	379	13	25,1
Outubro/00	233338	365	13	18,5
Novembro/00	152087	372	17	21,8
Dezembro/00	410425	255	10	13,8
Fevereiro/01	329174	194	8	5,6
Abril/01	1331276	142	4	5,2
Valor de F para regressão				
R.L.	74,67**	287,52**	105,09**	52,83**
R.Q.	24,28**	1,98ns	13,76**	0,09ns
C.V. (%)	40,96	9,11	15,37	32,48

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

No Quadro 5 estão contidos os teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea. Verifica-se que houve efeito significativo de épocas de semeadura sobre os teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

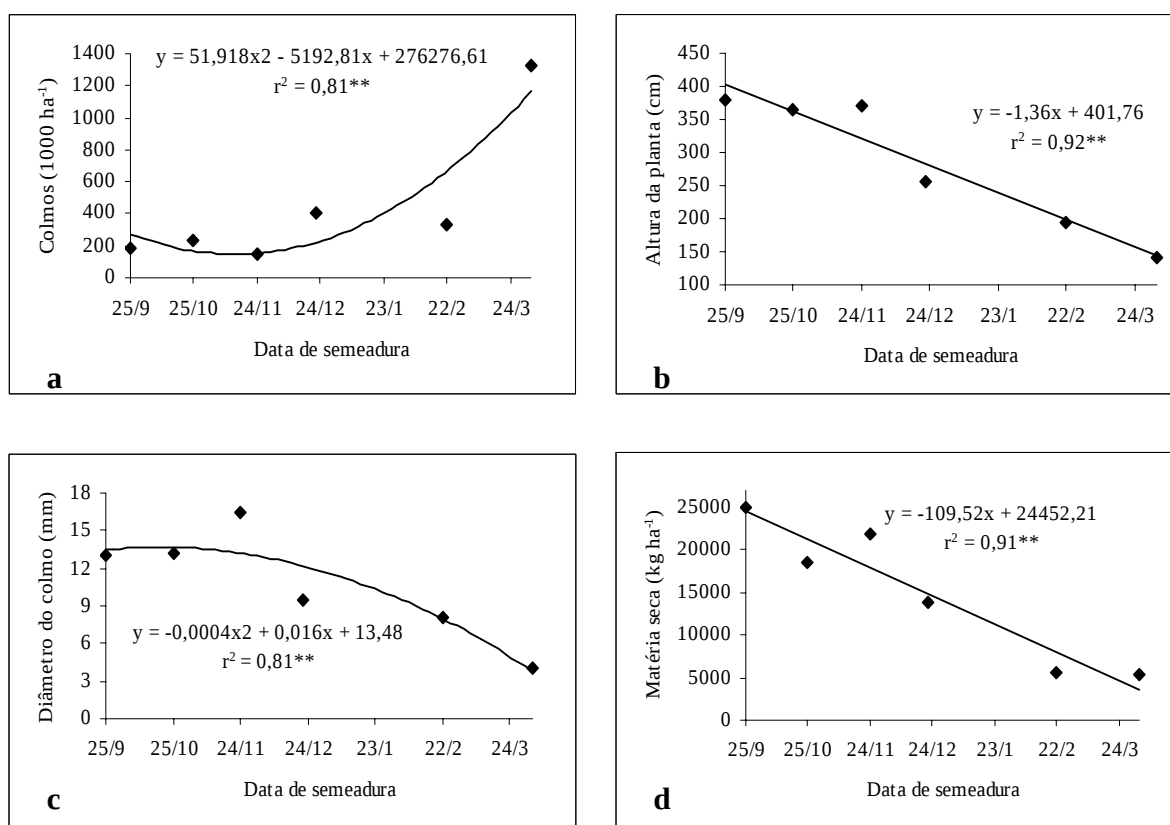


Figura 4. Número de colmos (a), altura da planta (b), diâmetro do colmo (c) e produção de matéria seca (d) do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Observa-se na Figura 5 (a,b,c,d,e,f) que, de maneira geral, os teores aumentaram com o atraso da semeadura, com exceção do P e S, cujas concentrações mantiveram praticamente constante em todas as épocas estudadas.

As concentrações de fósforo encontradas, em todas as épocas (Figura 5b), foram inferiores as observadas por Lima et al. (2001) e Oliveira (2001).

Para o teor de enxofre (Figura 5f), os valores obtidos não proporcionaram ajuste a uma função polinomial, entretanto, as concentrações destes, em todas as épocas de semeadura foram maiores quando comparados aos resultados obtidos por Lima et al. (2001) e Oliveira (2001).

Com relação aos teores de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio, verificou-se aumento desses a medida em que a semeadura foi atrasada, observando respostas lineares para os teores de N e Mg (Figuras 5a e 5e), e quadráticas para Ca e K (Figuras 5c e 5d). Esses resultados podem ser explicados pelo efeito diluição, ou seja, nas primeiras semeaduras as produções de matéria seca (Figura 4d) foram maiores o que resultou em menor concentração desses nutrientes.

De maneira geral, as concentrações de nutrientes obtidas em todas as épocas de semeadura, foram superiores às encontradas por Oliveira (2001), exceto para N, e inferiores as citadas por Lima et al. (2001).

Um aspecto a ser considerado é a concentração de potássio maior que a de nitrogênio na maioria das épocas estudadas, mostrando grande exigência da cultura pelo nutriente, podendo ser uma boa espécie recicladora deste elemento.

Os teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea estão contidos no Quadro 6. Verifica-se exceto para o cobre que houve efeito significativo das épocas de semeadura para os demais nutrientes.

Na Figura 6 (a,b,c,d,e) estão os teores de Cu, Zn, Mn, Fe e B na parte aérea em função da época de semeadura. Observa-se que os teores de cobre não ajustaram a uma função matemática (Figura 6a). Já o teor de Zn aumentou linearmente com o atraso da

semeadura (Figura 6b), enquanto foi observado comportamento inverso para o teor de Mn (Figura 6c).

Para os teores de Fe e B (Figura 6d e 6e), observa-se resposta positiva e quadrática em função da época de semeadura, com os teores máximos ocorrendo em janeiro e dezembro, respectivamente.

As concentrações de micronutrientes em todas as épocas de semeadura, de maneira geral, foram superiores às obtidas por Oliveira (2001), exceto para Zn.

Nos Quadros 7 e 8 estão contidos os resultados referentes a quantidades extraídas de nutrientes na matéria seca. Verificou-se efeito significativo de épocas de semeadura para todos elementos.

A quantidade extraída dos nutrientes em função da época de semeadura, estão apresentadas nas Figuras 7 e 8. Observa-se nestas Figuras que o acúmulo de todos os nutrientes foi reduzido com o atraso da semeadura, sendo que para N, P, Ca, S, Cu, Zn, Mn e B esse comportamento foi linear, e para K, Mg e Fe quadrático.

O comportamento de acúmulo de nutrientes foi inverso ao dos teores (Figuras 5, 6, 7 e 8), sendo justificado pelas maiores produções de matéria seca obtidas nas primeiras semeaduras (Figura 4d), onde, mesmo apresentando os menores teores, constatou-se o maior acúmulo.

Quadro 5. Teores de macronutrientes da parte aérea do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Setembro/00	9,3	0,83	6,2	3,7	2,4	1,6
Outubro/00	9,5	0,93	8,9	4,3	2,9	1,6
Novembro/00	11,5	1,08	20,3	6,3	4,6	1,8
Dezembro/00	12,0	1,08	22,3	5,8	4,4	1,7
Fevereiro/01	12,8	0,93	20,5	5,4	4,8	1,7
Abril/01	18,5	1,05	21,8	6,5	4,9	1,7
Valor de F para regressão						
R.L.	43,48**	1,49ns	59,09**	23,53**	14,89**	0,10ns
R.Q.	2,92ns	1,92ns	25,82**	6,20*	3,88ns	1,77ns
C.V. (%)	17,01	18,51	19,61	14,62	26,36	3,65

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

Quadro 6. Teores de micronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	Cu	Zn	Mn	Fe	B
	mg kg ⁻¹				
Setembro/00	6,0	16,0	83,5	144	9,75
Outubro/00	6,0	14,5	81,0	243	13,0
Novembro/00	8,0	17,0	89,0	362	16,5
Dezembro/00	8,0	16,5	69,5	317	22,0
Fevereiro/01	5,0	19,5	56,5	299	9,75
Abril/01	7,5	24,0	68,0	276	5,0
Valor de F para regressão					
R.L.	0,09ns	15,15**	16,68**	4,89*	3,49ns
R.Q.	0,94ns	2,39ns	0,23ns	13,91**	16,25**
C.V. (%)	24,94	19,72	13,62	25,71	43,54

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

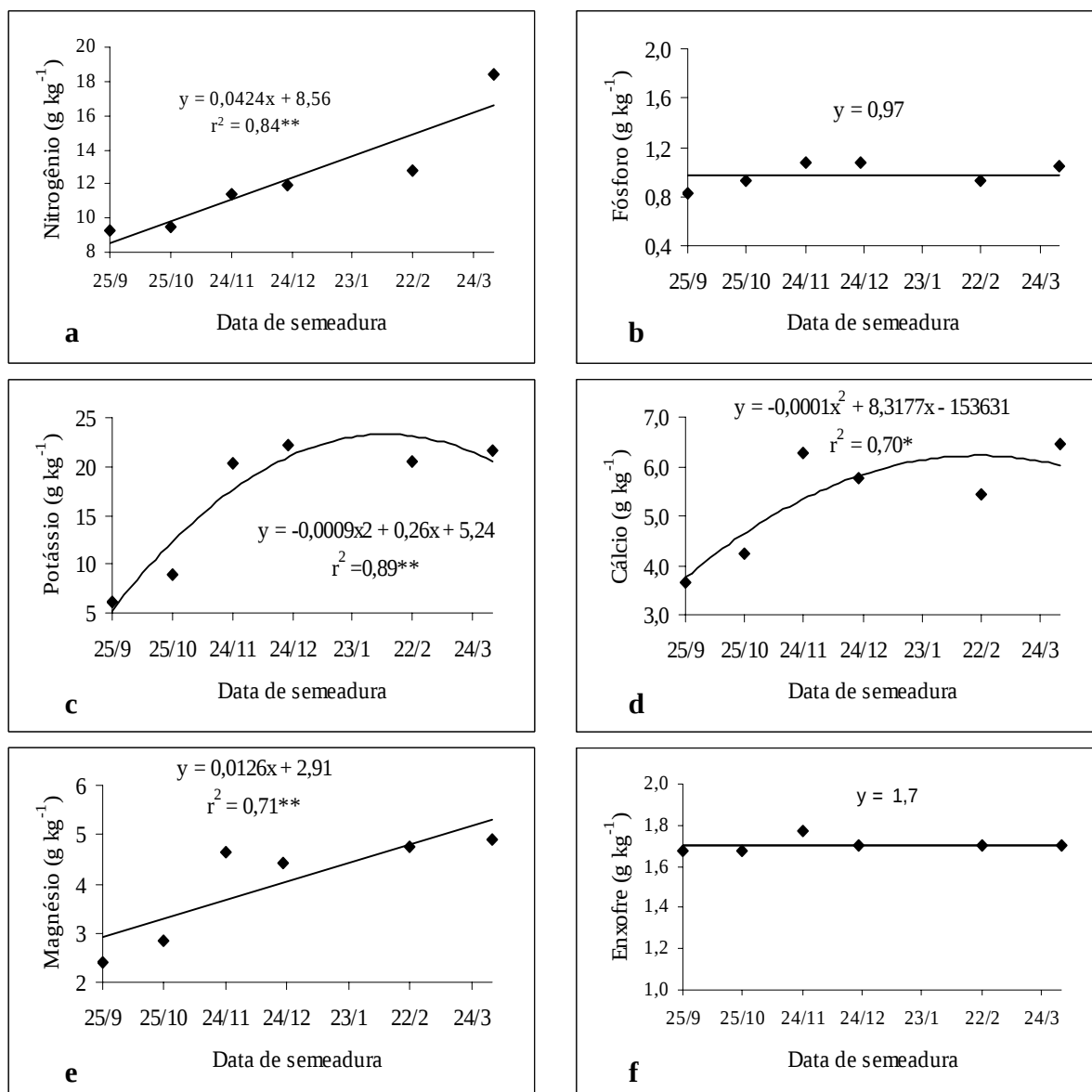


Figura 5. Teores de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) na parte aérea do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

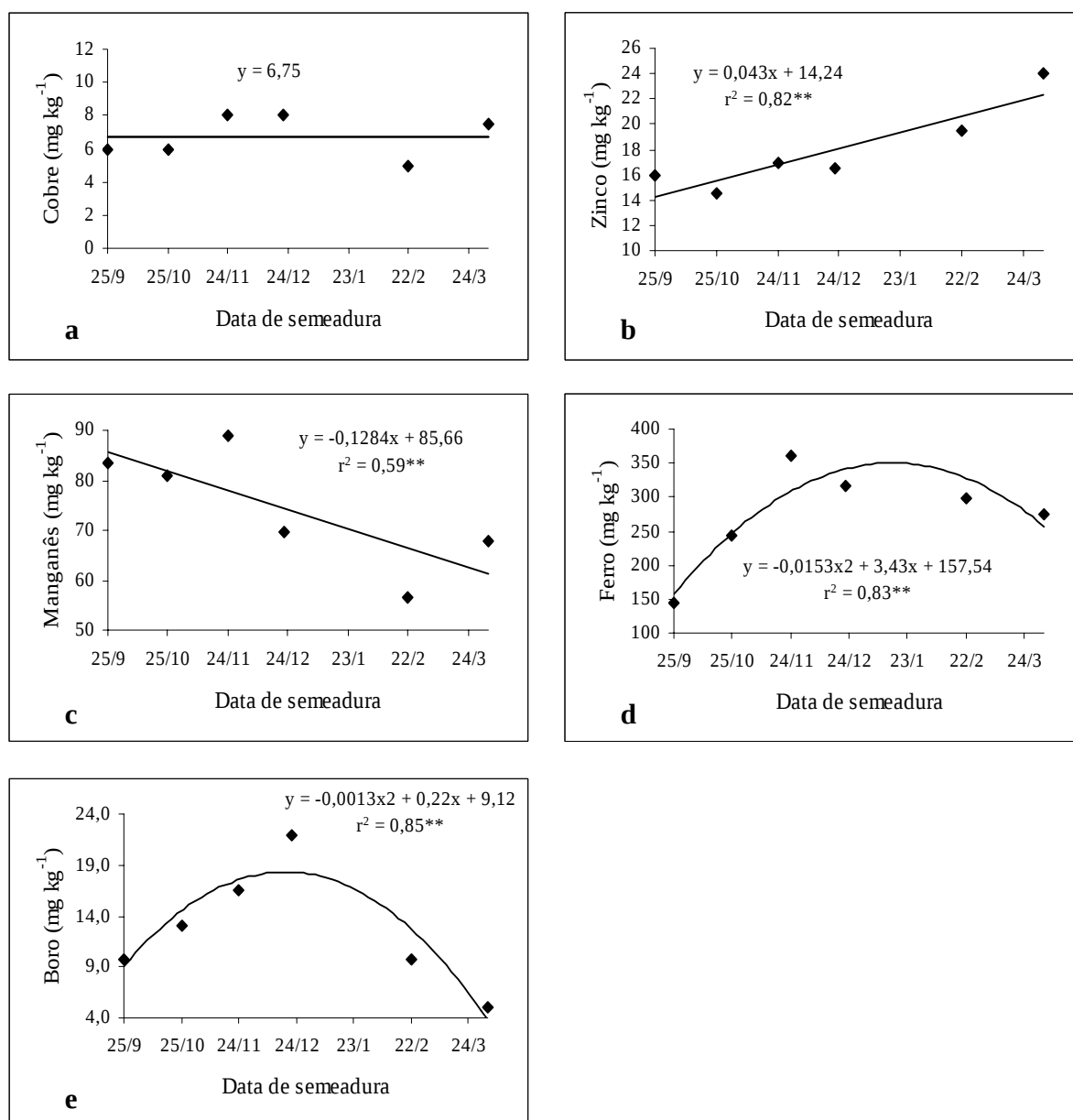


Figura 6. Teores de cobre (a), zinco (b), manganês (c), ferro (d) e boro (e) da parte aérea do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Na maioria das épocas estudadas, o acúmulo de nutrientes, até o florescimento, obedeceu à seguinte ordem decrescente: $K > N > Ca > Mg > S > P > Fe > Mn > Zn > B > Cu$, concordando com os resultados obtidos por Oliveira (2002). No entanto, apresenta alguma discordância dos resultados obtidos por Nascimento (1988), que foi $N > K > Ca > Mg > S > P > Fe > B > Mn > Zn > Cu$, e aos macronutrientes de Lima (2001), que foi $K > N > Ca > P > Mg = S$.

Diante dos resultados apresentados (Figuras 7 e 8), a produção de matéria seca como fonte de cobertura morta para o sistema de plantio direto proporcionaria uma reciclagem com a deposição na superfície do solo de grande quantidade de nutrientes. Dessa forma, para os macronutrientes, nas semeaduras de setembro e abril, estaria sendo depositado na superfície do solo o equivalente a 553 e 175 kg ha⁻¹ de uréia para o N, 288 e 74 kg ha⁻¹ de superfosfato simples para o P, 331 e 126 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio para o K, 566 e 178 kg ha⁻¹ de calcário (equivalente ao utilizado no presente trabalho) para o Ca, 491 e 146 kg ha⁻¹ de calcário para o Mg, e 415 e 66 kg ha⁻¹ de superfosfato simples para o S, respectivamente. A comparação da reciclagem de nutrientes com a adubação mineral, só é válida a nível de ilustração da grande quantidade de nutrientes reciclados, uma vez que esta não leva em consideração o fator aproveitamento e disponibilidade do nutriente no solo proveniente da adubação mineral.

No Quadro 9 estão contidos os resultados de teor de carbono e a relação carbono/nitrogênio (C/N). O teor de carbono não apresentou diferenças significativas para as épocas de semeadura, bem como os valores não ajustaram a uma função matemática polinomial (Figura 9a). Já para a relação C/N verificou-se efeito de épocas.

Quadro 7. Acúmulo de macronutrientes na parte aérea de sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Setembro/00	237,7	21,3	161,3	90,3	58,7	42,2
Outubro/00	177,1	17,4	164,3	77,1	51,6	30,7
Novembro/00	263,7	24,0	439,2	139,2	100,8	38,8
Dezembro/00	164,2	14,9	300,7	79,6	61,9	23,6
Fevereiro/01	67,3	5,1	111,3	30,0	27,4	9,6
Abril/01	96,7	5,5	112,1	33,6	25,6	9,0
Valor de F para regressão						
R.L.	10,32**	19,30**	7,29*	21,04**	15,28**	45,67**
R.Q.	0,06ns	0,51ns	27,86**	4,48ns	8,12*	0,01ns
C.V. (%)	52,51	48,49	33,14	36,98	35,74	34,35

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

Quadro 8. Acúmulo de micronutrientes na parte aérea de sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	Cu	Zn	Mn	Fe	B
	g ha ⁻¹				
Setembro/00	158,8	426,0	2107,0	3643,0	252,1
Outubro/00	111,8	270,3	1479,4	4492,5	239,3
Novembro/00	186,6	376,0	1943,7	8289,0	385,4
Dezembro/00	110,2	228,4	942,0	4389,5	305,8
Fevereiro/01	24,8	108,0	330,6	1652,8	67,2
Abril/01	38,1	123,2	355,2	1410,3	26,5
Valor de F para regressão					
R.L.	14,80**	12,41**	49,39**	9,35**	11,79**
R.Q.	0,38ns	0,14ns	0,25ns	7,01*	5,12*
C.V. (%)	58,89	57,63	37,93	53,60	64,14

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

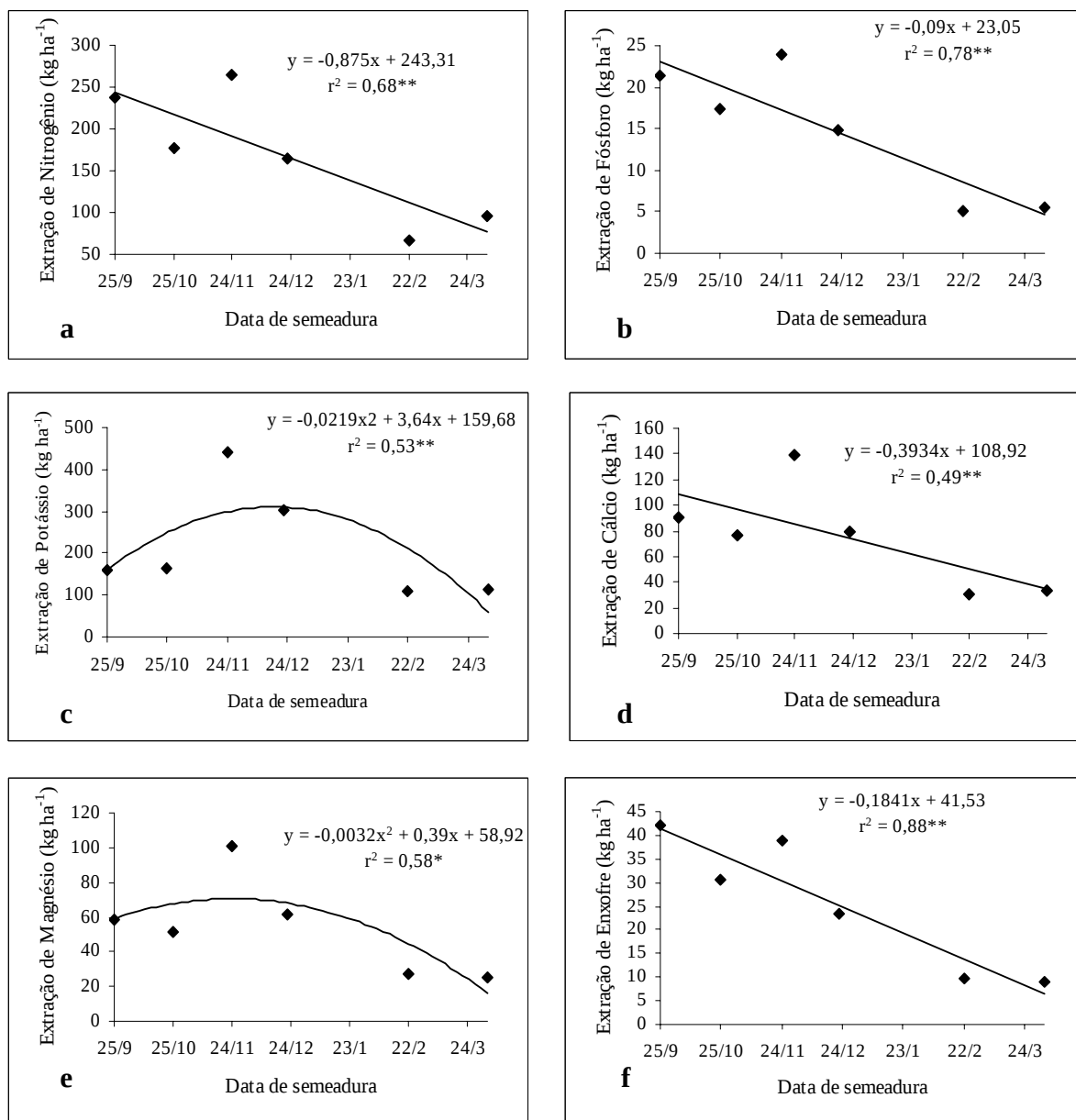


Figura 7. Acúmulo de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) na parte aérea do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

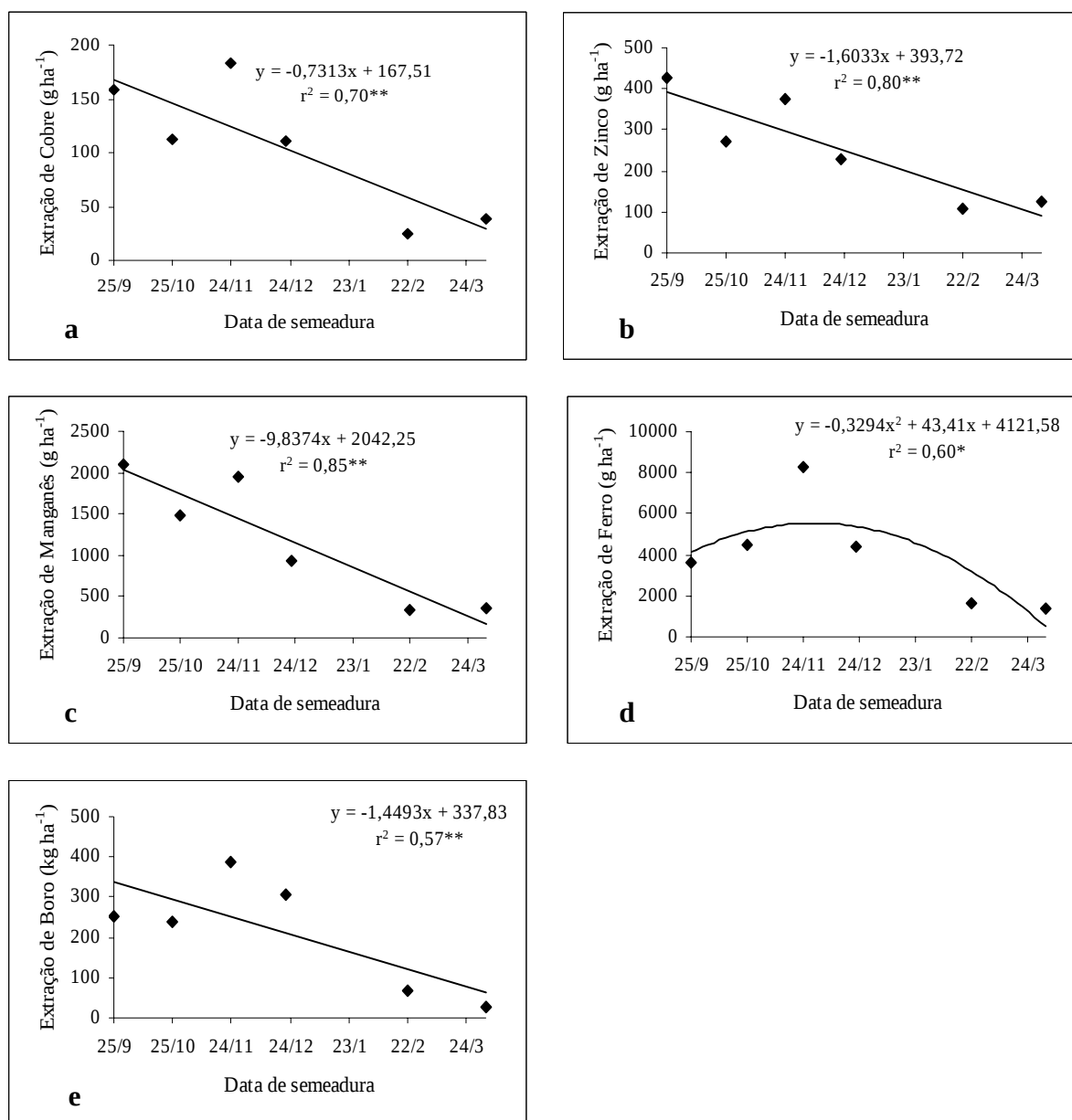


Figura 8. Acúmulo de cobre (a), zinco (b), manganês (c), ferro (d) e boro (e) na parte aérea do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Observa-se na Figura 9b que a relação C/N reduziu linearmente com o atraso da semeadura, encontrando-se valores de 52 e 25, para as semeaduras de setembro e abril, respectivamente. A grande variação na relação C/N está diretamente relacionada aos teores de nitrogênio, uma vez que não houve efeito das épocas de semeadura sobre os teores de carbono (Figura 5a). Os valores encontrados no presente trabalho, com exceção da semeadura de abril, são superiores ao observado por Vasconcellos (1999), no florescimento pleno. Assim, verifica-se que as semeaduras realizadas até o mês de fevereiro proporcionaria palhada, no florescimento pleno, com relação C/N maior que 30, sendo um fator importante para a manutenção da palhada na superfície do solo, pois quanto maior essa relação, mais lenta a decomposição dos resíduos e maior os benefícios ao solo e a cultura subsequente, devido a maior da proteção do solo e da liberação gradativa de nutrientes.

Quadro 9. Teor de carbono (C) e relação carbono nitrogênio (C/N) da parte aérea de sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura.

Épocas de semeadura	Cg kg ⁻¹	C/N
Setembro/00	457,5	54,1
Outubro/00	450,0	48,9
Novembro/00	442,5	40,0
Dezembro/00	455,0	38,4
Fevereiro/01	452,5	36,1
Abril/01	420,0	22,8
Valor de F para regressão		
R.L.	4,28ns	20,51**
R.Q.	1,18ns	0,03ns
C.V. (%)	4,55	25,60

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

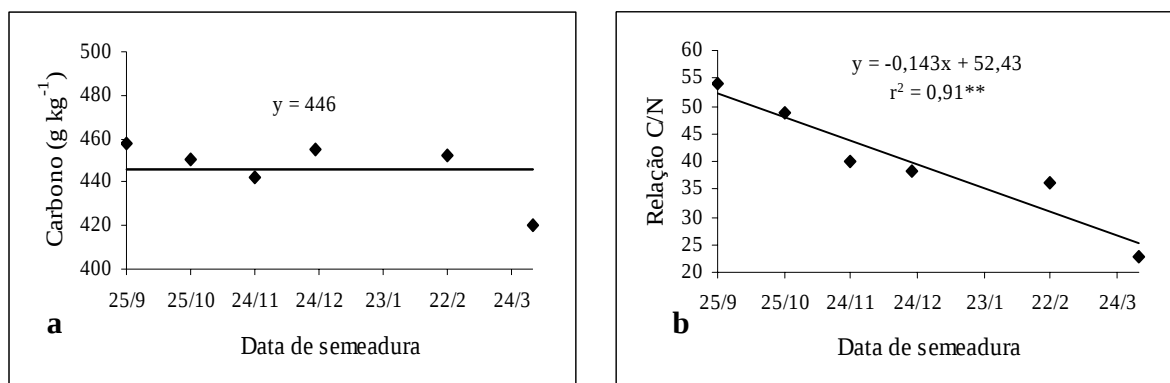


Figura 9. Teor de carbono (a) e relação carbono/nitrogênio (b) da parte aérea do sorgo de guiné, no florescimento pleno, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

6.1.2. Produção e características químico-bromatológica da silagem do sorgo de guiné

Como já mencionado, o fotoperíodo influenciou o número de dias para as plantas atingirem o florescimento pleno (Figura 3) e, conseqüentemente, o número de dias para as plantas atingirem o estágio de grão pastoso (Figura 10). Analisando as Figuras 3 e 10 em conjunto, verifica-se comportamento semelhante para florescimento pleno e estágio de grão pastoso. Este comportamento pode ser justificado em virtude das plantas atingirem o estágio de grão pastoso com a mesma duração após o florescimento, independente da época de semeadura. Dessa forma, a antecipação do florescimento com o atraso da semeadura refletiu no estágio de grão pastoso.

Na semeadura de setembro, outubro, novembro, dezembro e fevereiro o estágio de grão pastoso foi atingido com 31 dias após o florescimento. Na semeadura de abril, esse período de enchimento de grãos foi maior e as plantas atingiram o estágio de grão

pastoso 36 dias após o florescimento, provavelmente devido ao menor metabolismo em função da redução das temperaturas (Figura 1). Esses resultados corroboram com os relatados por Vanderlip & Reeves (1972), que encontraram período de 25 dias entre o florescimento e estágio de grão pastoso para um cultivar de sorgo com ciclo de 100 dias.

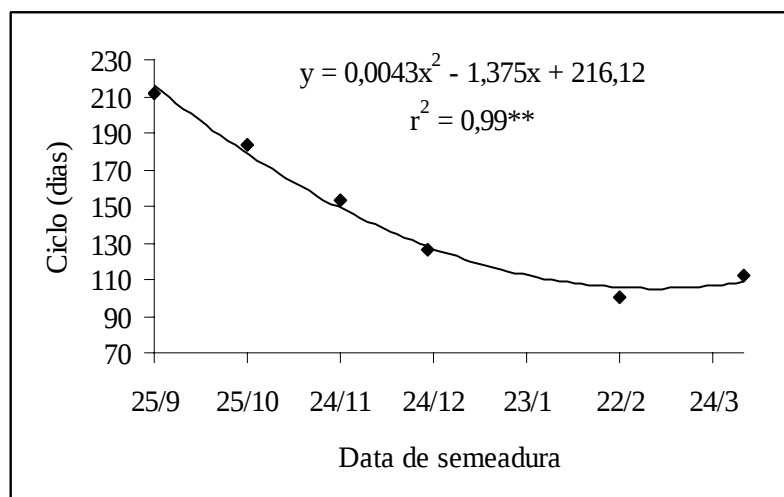


Figura 10. Ciclo do sorgo de guiné até o estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

A época de semeadura afetou de forma significativa o número de panículas (Quadro 10).

Nota-se no Quadro 10e que os valores de fertilidade de colmos não ajustaram a uma equação polinomial. Para número de panículas (Figura 11 b) constatou-se aumento com o atraso da semeadura, respondendo de forma quadrática. Esse comportamento está diretamente relacionado com o aumento do número de colmos com o atraso da semeadura (Figura 4a), uma vez que a espécie apresenta maior perfilhamento em condições de dias curtos e de redução de temperatura (Magalhães et al., 2000).

Quadro 10. Fertilidade de colmos e número de panículas do sorgo de guiné, no estágio de grãos pastoso, em função da épocas de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	Fertilidade	Panículas
	%	nº ha ⁻¹
Setembro/00	86	160420
Outubro/00	62	143375
Novembro/00	83	127086
Dezembro/00	50	204171
Fevereiro/01	81	264589
Abril/01	64	812516
Valor de F para regressão		
R.L.	1,83ns	265,74**
R.Q.	2,45ns	105,17**
C.V. (%)	16,58	20,24

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

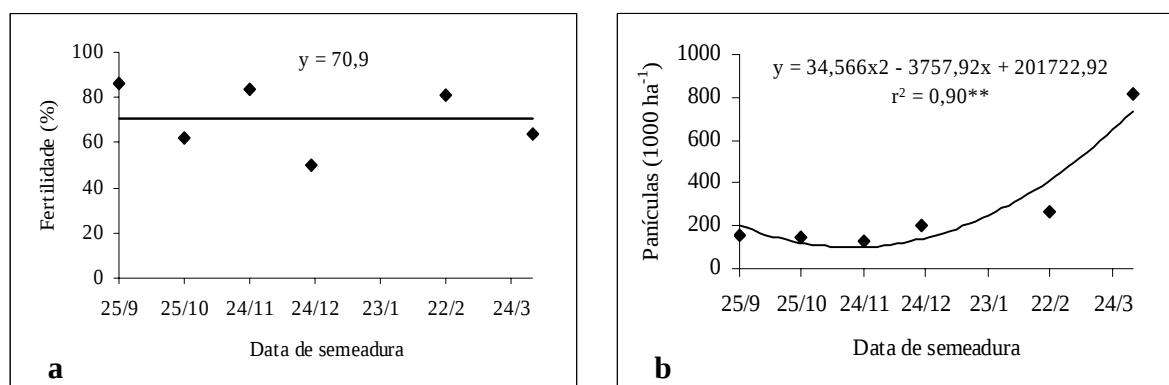


Figura 11. Fertilidade de colmos (a) e número de panículas (b) do sorgo de guiné, no estágio de grãos pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Verificou-se efeito significativo de épocas de semeadura para altura de plantas, diâmetro do colmo, número de entrenó, produção de matéria verde, produção de matéria seca e porcentagem de matéria seca (Quadro 11). Constata-se pela Figura 12 (a,b,c,d,e,f) que os valores dessas variáveis reduziram linearmente com o atraso da semeadura.

O fotoperíodo acelerou o ciclo biológico das plantas com o atraso da semeadura, refletindo em menor desenvolvimento, como pode ser constatado através dos resultados de altura de plantas, diâmetro do colmo e número de entrenó (Figuras 12a, 12b e 12c), respectivamente. Os valores dessas variáveis atingiram taxas de redução de 67, 65 e 77%, respectivamente, para altura de planta, diâmetro do colmo e número de entrenó, quando comparadas a semeadura de setembro em relação a de abril. Esses resultados corroboram com os obtidos por Machado et al. (1987), trabalhando com sorgo sacarino.

Por conseguinte, a produção de matéria verde e matéria seca da parte aérea diminuiu com o atraso da semeadura (Figura 12d e 12e), verificando valores superiores, respectivamente, a 41 e 19 t ha⁻¹, respectivamente, nas semeaduras de setembro, outubro e novembro, enquanto que, nas semeaduras de fevereiro e abril, os valores das duas variáveis foram inferiores a 26 e 10 t ha⁻¹, respectivamente. Com exceção de fevereiro e abril, em todas as semeaduras as produções de matéria verde foram superiores as observadas por Casela et al. (1986), que obtiveram produtividade média de 42,9 t ha⁻¹ de diversos sorgos forrageiros, e por Neumann et al. (2002), que constatou produtividade entre 22,7 a 39,6 t ha⁻¹ trabalhando com híbridos de sorgo. Por outro lado, os dados dessas semeaduras são inferiores aos de Silva et al. (1990), que avaliando o sorgo Santa Eliza para produção de forragem, obtiveram produções variando entre 59 a 75 t ha⁻¹ de matéria verde. A grande variação na produção de silagem para a cultura do sorgo é relatada por Demarchi et al. (1995).

A porcentagem de matéria seca da planta (Figura 12f) foi reduzida com o atraso da semeadura, observando valores de 54% e 33%, para as semeaduras de setembro e abril, respectivamente. Tais resultados, evidenciam o avançado processo de senescência das primeiras semeaduras, nas quais apresentaram o colmo muito fibroso e porcentagem considerável das folhas completamente secas. Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (1990) e Valente et al. (1984), que verificaram aumento do teor de matéria seca do sorgo “Santa Eliza” com o avanço da idade da planta. A julgar a recomendação de Faria (1986) que aponta teores entre 28 a 38% como adequados para ensilagem, somente os materiais semeados em fevereiro e abril seriam ensilados com bons teores de matéria seca. Assim, para não haver comprometimento na conservação do material na forma de silagem poderia antecipar o momento da colheita das plantas, visando adequado teor de matéria seca, principalmente nas primeiras épocas de semeadura.

No Quadro 12 encontram-se os resultados obtidos para porcentagem de colmo, folha e panícula que foram afetados pela época de semeadura. A porcentagem de colmo diminuiu linearmente com o atraso da semeadura (Figura 13). Pode-se notar ainda, que a porcentagem de folha, apresentou comportamento inverso ao colmo, sendo que esta aumentou linearmente a medida em que a semeadura foi atrasada. Esses resultados concordam com os de Zago (1997), e estão diretamente relacionados com a altura da planta, mostrando que plantas de porte mais alto atingem maiores produções, no entanto, a porcentagem de colmo aumenta enquanto a de folhas diminui.

Com relação a porcentagem de panículas (Figura 13), apesar do baixo coeficiente de determinação ($r^2=0,21$), constata-se tendência de aumento com o atraso da semeadura, verificando o maior valor na semeadura de fevereiro. Essa tendência só não foi

observada na semeadura de abril, em parte, devido as condições climáticas no florescimento, que propiciaram o aparecimento da doença açucarada do sorgo (*Claviceps africana*), que causou redução significativa na quantidade de grãos produzidos. No entanto, o aumento verificado nas semeaduras anteriores está diretamente relacionado ao maior perfilhamento que ocorreu com o atraso da semeadura (Figura 11) como já comentado. Além disso, é explicado também pelo menor alongamento dos internódios.

Quadro 11. Altura da planta, diâmetro do colmo, número de entrenó, matéria verde (MV), matéria seca (MS) e porcentagem de matéria seca da planta de sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	Altura Cm	Diâmetro Mm	Internódios Nº planta ⁻¹	MVkg ha ⁻¹	MS %	MS
Setembro/00	464	13	17	55805	30224	54
Outubro/00	443	13	14	53934	28061	52
Novembro/00	452	14	14	56818	26732	47
Dezembro/00	342	9	10	46714	19517	42
Fevereiro/01	216	8	7	19209	7071	37
Abril/01	165	4	4	17600	6129	35
Valor de F para regressão						
R.L.	235,75**	96,64**	192,29**	53,07**	81,89**	205,00**
R.Q.	3,86ns	3,27ns	0,41ns	2,28ns	0,14ns	2,66ns
C.V. (%)	10,57	15,99	14,42	25,38	26,31	5,46

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

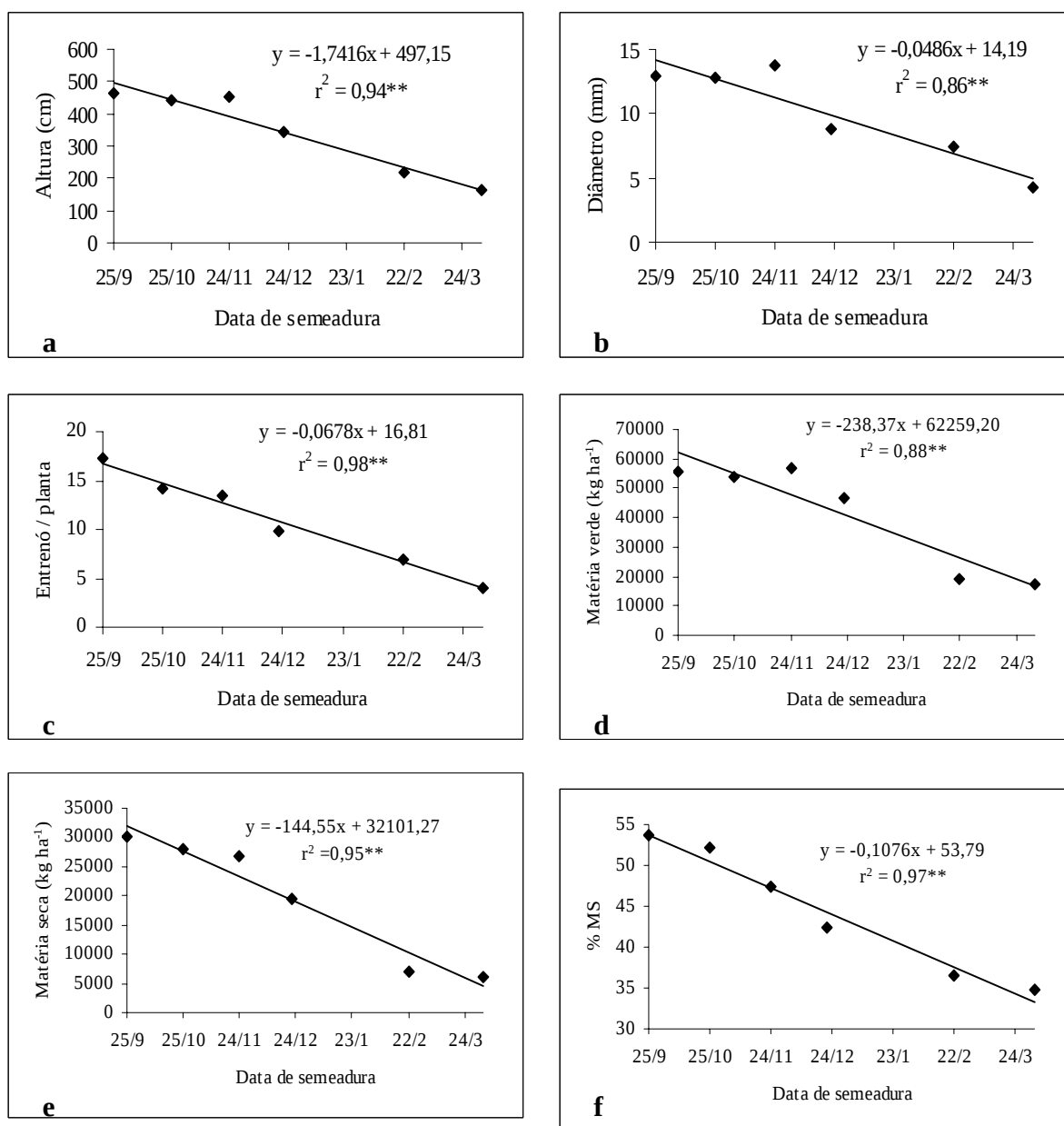


Figura 12. Altura da planta (a), diâmetro do colmo (b), número de entrenó por planta (c), produção de matéria verde (d), matéria seca (e) e porcentagem de matéria seca do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Quadro 12. Porcentagem de colmo, folha e panícula da planta de sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura.

Épocas de semeadura	Colmo	Folha	Panícula
	%		
Setembro/00	75,4	11,7	12,9
Outubro/00	72,7	14,8	12,5
Novembro/00	65,0	17,8	17,2
Dezembro/00	68,3	19,4	12,3
Fevereiro/01	60,3	16,9	22,8
Abril/01	63,4	26,9	9,7
Valor de F para regressão			
R.L.	55,79**	37,18**	0,85ns
R.Q.	8,17*	0,08ns	12,29**
C.V. (%)	4,40	18,03	18,43

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

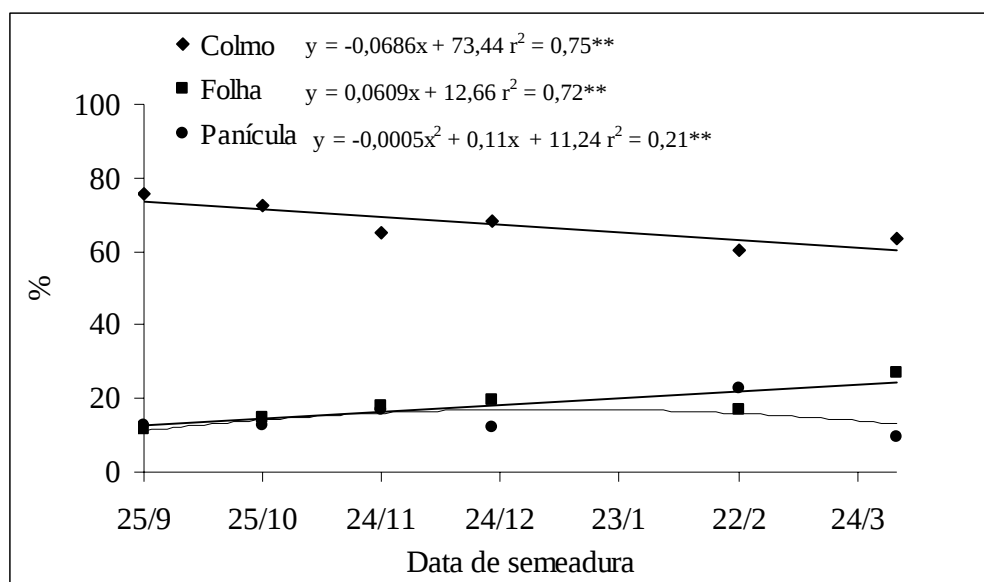


Figura 13. Porcentagem de colmos, folhas e panículas do sorgo de guiné, no estágio de grãos pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

No Quadro 13 encontram-se os resultados obtidos para teores de macronutrientes. Verifica-se que houve efeito significativo de épocas de semeadura apenas sobre os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S).

A exemplo do observado no florescimento pleno (Figura 5a) ocorreu aumento dos teores de N com o atraso da semeadura (Figura 14a). Este resultado, pode ser explicado pelo efeito diluição, onde maiores produções de matéria seca apresentam menores concentrações do nutriente. No entanto, analisando simultaneamente as Figuras 5a e 14a nota-se, para todas as épocas de semeadura, com exceção de fevereiro, que os teores de N foram menores no estágio de grão pastoso, isto se deu, provavelmente, a translocação do elemento para os grãos (Fontes & Moura Filho, 1979; Rosolem & Malavolta, 1981).

Para o teor de P verificou-se aumento com o atraso da semeadura (Figura 14b). Os teores encontrados neste estágio de desenvolvimento foram semelhantes aos observados no florescimento pleno (5b), tal fato se justifica, devido a absorção do elemento ser praticamente linear durante o crescimento da cultura (Fontes & Moura Filho, 1979; Rosolem & Malavolta, 1981). Desta maneira, mesmo com maior acúmulo de matéria seca a concentração do nutriente manteve-se constante.

Para o K (Figura 14c), verificou-se aumento desse à medida em que a semeadura foi atrasada, obedecendo a uma equação quadrática. Assim como para o N a explicação é o efeito diluição. Quando confrontadas as Figuras 14c e 5c constata-se teores menores no estágio de grão pastoso quando comparado com teores no florescimento. Tal fato, se justifica, devido a acumulação de potássio ser mais rápida nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, sendo que 70% do elemento acumulado até a maturidade já se

encontra na planta antes da emissão da panícula (Fontes & Moura Filho, 1979). Desta maneira a produção subsequente de matéria seca diluiu os teores no estágio de grãos pastoso.

Com relação aos teores de cálcio e magnésio (Figura 14d e 14e), verifica-se que as equações de regressão não se ajustaram com os dados obtidos. Ainda nas mesmas Figuras verifica-se que os teores desses nutrientes mantiveram-se constante, nas datas de semeadura estudadas. Porém, os valores apresentados são inferiores, com exceção do Mg na semeadura de setembro, aos obtidos no florescimento pleno (Figura 5d e 5e). Esse resultado, pode ser atribuído ao maior acúmulo de Ca e Mg nos primeiros estádios até florescimento da planta (Rosolem & Malavolta, 1981), sendo posteriormente influenciados pelo acúmulo de matéria seca.

Vê-se na Figura 14f que o teor de enxofre aumentou com o atraso da semeadura. Esse comportamento, pode ser, atribuído ao efeito diluição, já que nas semeaduras com maiores produções encontram-se menores concentrações deste elemento. Verifica-se também que os teores de S obtidos no estágio de grãos pastoso foi maior ao obtido no florescimento pleno (5f). Esse fato, pode ser justificado, pela tendência de maior absorção de S nos estádios finais de desenvolvimento da planta (Nussio, 1995).

No Quadro 14 estão contidos os resultados de micronutrientes na matéria seca da parte aérea. Com exceção do manganês, verificou-se efeito significativo de épocas de semeadura para os demais micronutrientes.

Na Figura 15 (a,b,c,d,e) estão os teores de Cu, Zn, Mn, Fe e B da parte aérea em função da época de semeadura. Observa-se que os teores de Mn não ajustaram a uma função matemática (Figura 15c). Já os teores de Zn e B aumentaram linearmente com o atraso da semeadura (Figuras 15b e 15e).

Para os teores de Cu e Fe (Figuras 15a e 15d), verifica-se que estes se ajustaram a uma equação quadrática, tendo resposta negativa o Cu e positiva o Fe.

Através da análise dos Quadros 15 e 16 constata-se que, com exceção do Zn, a extração de todos os nutrientes foram afetadas pelas épocas de semeadura.

Nas Figuras 16 e 17 estão apresentadas as quantidades extraídas dos nutrientes por área em função da época de semeadura. Observa-se nestas Figuras que todos os nutrientes responderam de forma negativa com o atraso da semeadura, sendo que para N, P, Ca, Mg, S, Mn, Fe e B obteve-se resposta linear, e para K, Cu e Zn quadrática. Esse resultado, é justificado pela grande produção de matéria seca obtida nas primeiras épocas de semeadura, na qual, mesmo apresentando os menores teores de nutrientes, apresentaram maior acúmulo.

De maneira geral, a extração de nutrientes no estágio de grão pastoso, obedeceu à seguinte ordem decrescente: $N \geq K > S \geq Ca > Mg > P > Fe > Mn > Cu > B > Zn$, concordando com os dados relatados por Pitta et al. (1997). Entretanto, discorda da sequência apresentada por Faria (1986) principalmente com relação aos macronutrientes, que seguiu $K > N > Ca > Mg > P > S > Mn > Cu > Zn$.

Diante dos resultados apresentados (Figuras 16 e 17), a produção de forragem acarretaria uma exportação de nutrientes em grandes proporções, uma vez que toda a forragem colhida é retirada da área, não restando praticamente nada para ser incorporado ao solo, levando ao empobrecimento do mesmo e, conseqüentemente, prejudicando futuras colheitas na mesma área. Dessa forma, a reposição dos nutrientes é de suma importância. Fazendo uma projeção de reposição, apenas dos macronutrientes, teria que ser adicionado ao solo, em função da produção de forragem obtida nas semeaduras de setembro e abril, respectivamente, o equivalente a 466 e 221 kg ha⁻¹ de uréia para o N, 368 e 88 kg ha⁻¹ de

superfosfato simples para o P, 307 e 43 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio para o K, 551 e 74 kg ha⁻¹ de calcário (equivalente ao utilizado no presente trabalho) para o Ca, 698 e 91 kg ha⁻¹ de calcário para o Mg, e 944 e 338 kg ha⁻¹ de superfosfato simples para o S.

Quadro 13. Teores de macronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no estágio de grãos pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	N	P	K	Ca	Mg	S
.....g kg ⁻¹						
Setembro/00	5,4	0,8	4,8	3,2	2,8	2,4
Outubro/00	5,7	0,8	5,9	3,5	2,7	3,2
Novembro/00	9,1	1,3	9,3	3,2	2,3	3,3
Dezembro/00	9,6	1,1	12,1	3,3	2,6	4,1
Fevereiro/01	13,9	1,4	11,4	2,8	2,5	4,7
Abril/01	13,7	1,3	7,8	3,4	2,8	5,1
Valor de F para regressão						
R.L.	67,80**	10,50**	12,19**	0,09ns	0,05ns	40,44**
R.Q.	0,89ns	1,19ns	26,23**	0,09ns	1,61ns	1,05ns
C.V. (%)	20,29	22,64	23,17	19,03	19,81	18,23

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

Quadro 14. Teores de micronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no estágio de grãos pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	Cu	Zn	Mn	Fe	B
.....mg kg ⁻¹					
Setembro/00	2	3	32	297	8
Outubro/00	17	4	32	271	8
Novembro/00	9	6	26	192	9
Dezembro/00	17	10	32	311	11
Fevereiro/01	13	7	28	347	20
Abril/01	8	21	32	915	18
Valor de F para regressão					
R.L.	0,29ns	18,95**	0,01ns	24,35**	78,59**
R.Q.	7,21*	1,77ns	1,04ns	13,60**	0,78ns
C.V. (%)	65,12	69,05	18,94	46,17	20,97

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

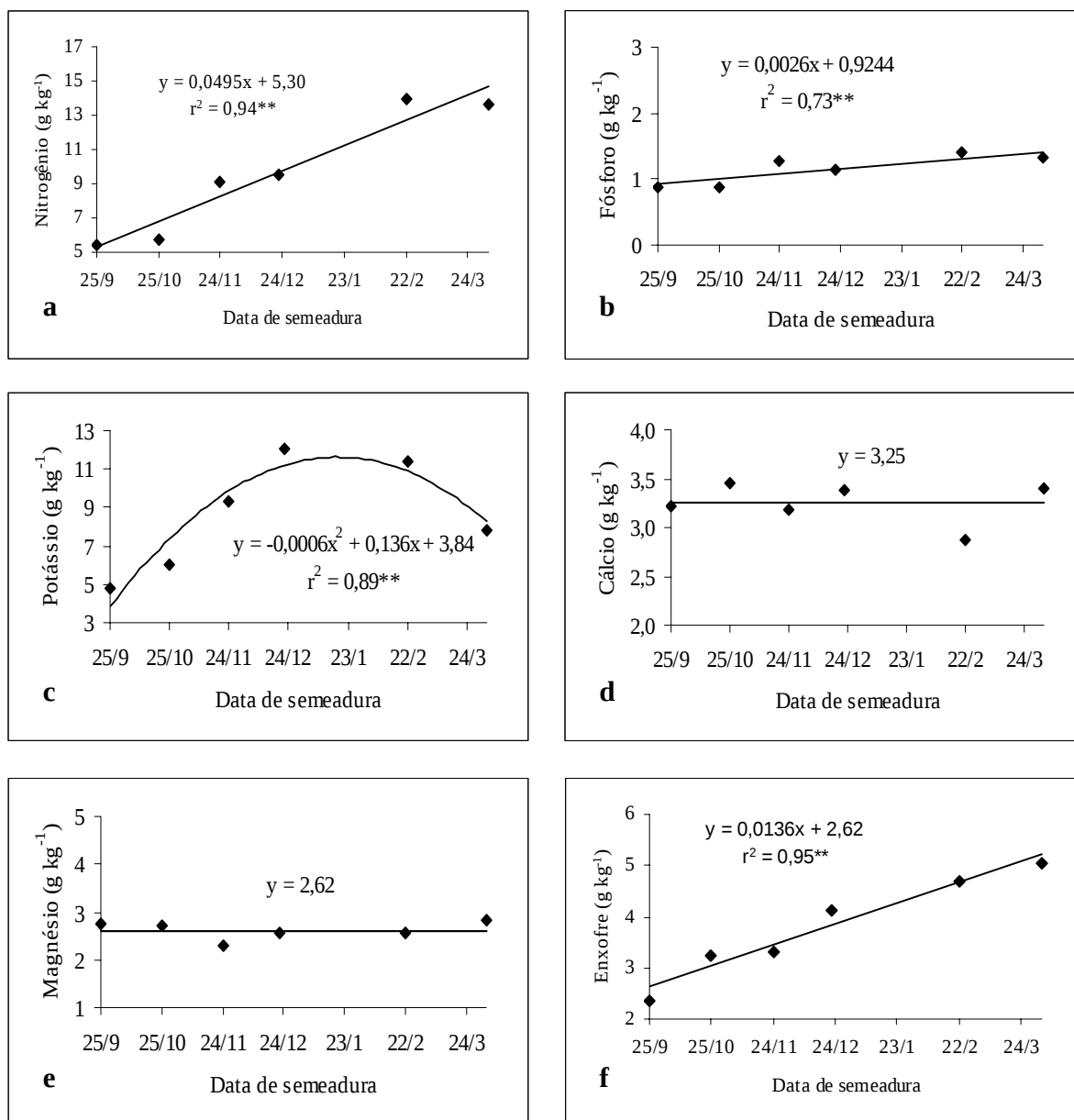


Figura 14. Teores de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) na parte aérea do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

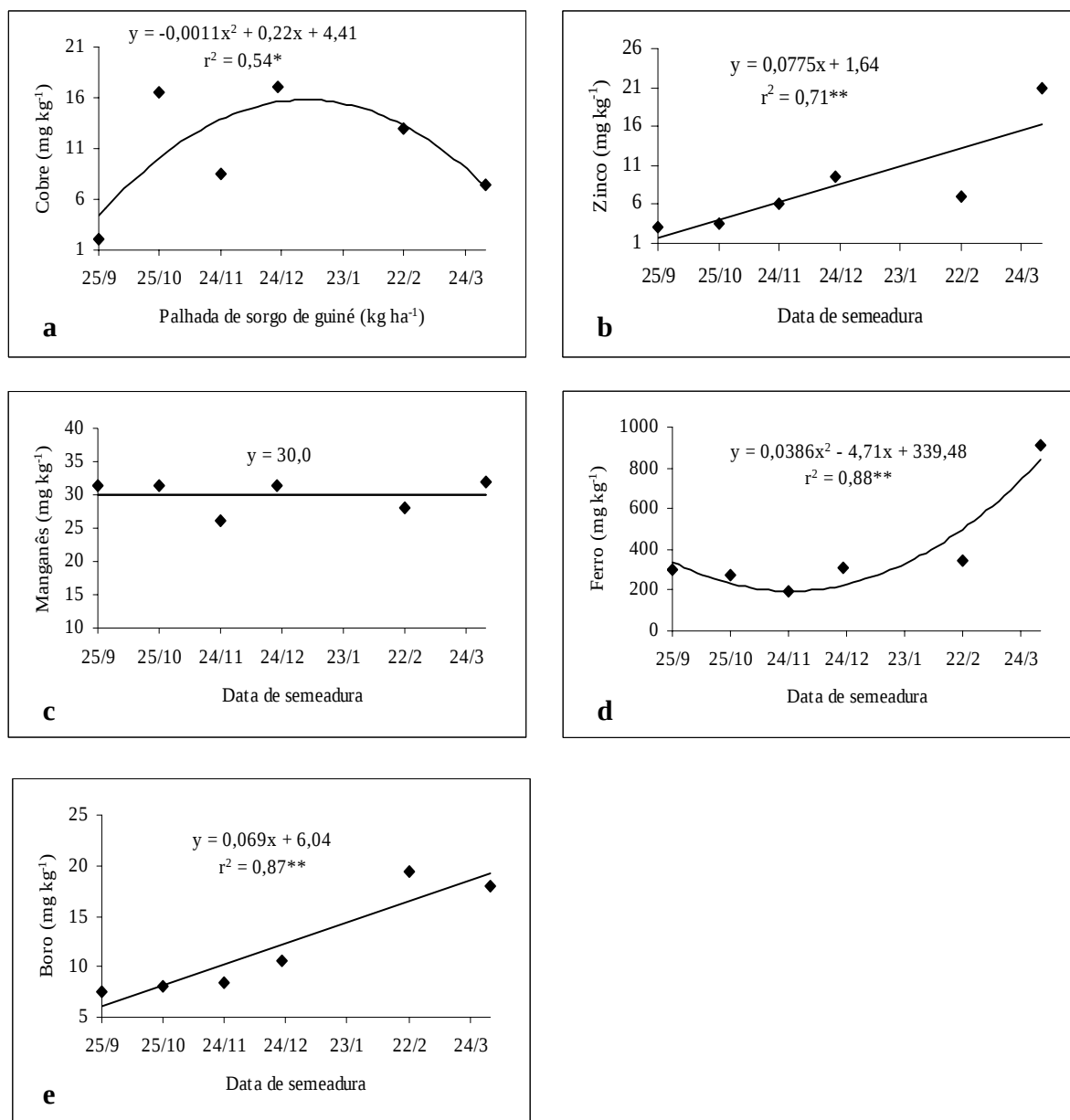


Figura 15. Teores de cobre (a), zinco (b), manganês (c), ferro (d) e boro (e) na parte aérea do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Quadro 15. Extração de macronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no estágio de grãos farináceo, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Setembro/00	177	29	156	100	84	73
Outubro/00	163	25	167	96	76	92
Novembro/00	242	34	250	83	60	91
Dezembro/00	187	22	238	64	48	81
Fevereiro/01	104	10	80	22	19	34
Abril/01	84	8	47	21	18	31
Valor de F para regressão						
R.L.	9,98**	17,96**	10,09**	56,21**	80,69**	15,68**
R.Q.	4,25ns	1,04ns	9,83**	0,01ns	0,68ns	3,48ns
C.V. (%)	37,25	45,33	47,46	32,44	27,20	38,96

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

Quadro 16. Extração de micronutrientes da parte aérea de sorgo de guiné, no estágio de grãos farináceo, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	Cu	Zn	Mn	Fe	B
	g ha ⁻¹				
Setembro/00	60	132	989	9253	236
Outubro/00	449	101	890	7592	224
Novembro/00	237	162	685	5011	222
Dezembro/00	327	178	610	6141	198
Fevereiro/01	80	48	197	2385	144
Abril/01	49	128	195	5465	113
Valor de F para regressão					
R.L.	4,99*	0,94ns	35,19**	9,53**	12,39**
R.Q.	8,61*	0,48ns	0,19ns	4,02ns	0,42ns
C.V. (%)	72,07	48,11	42,05	42,26	32,54

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

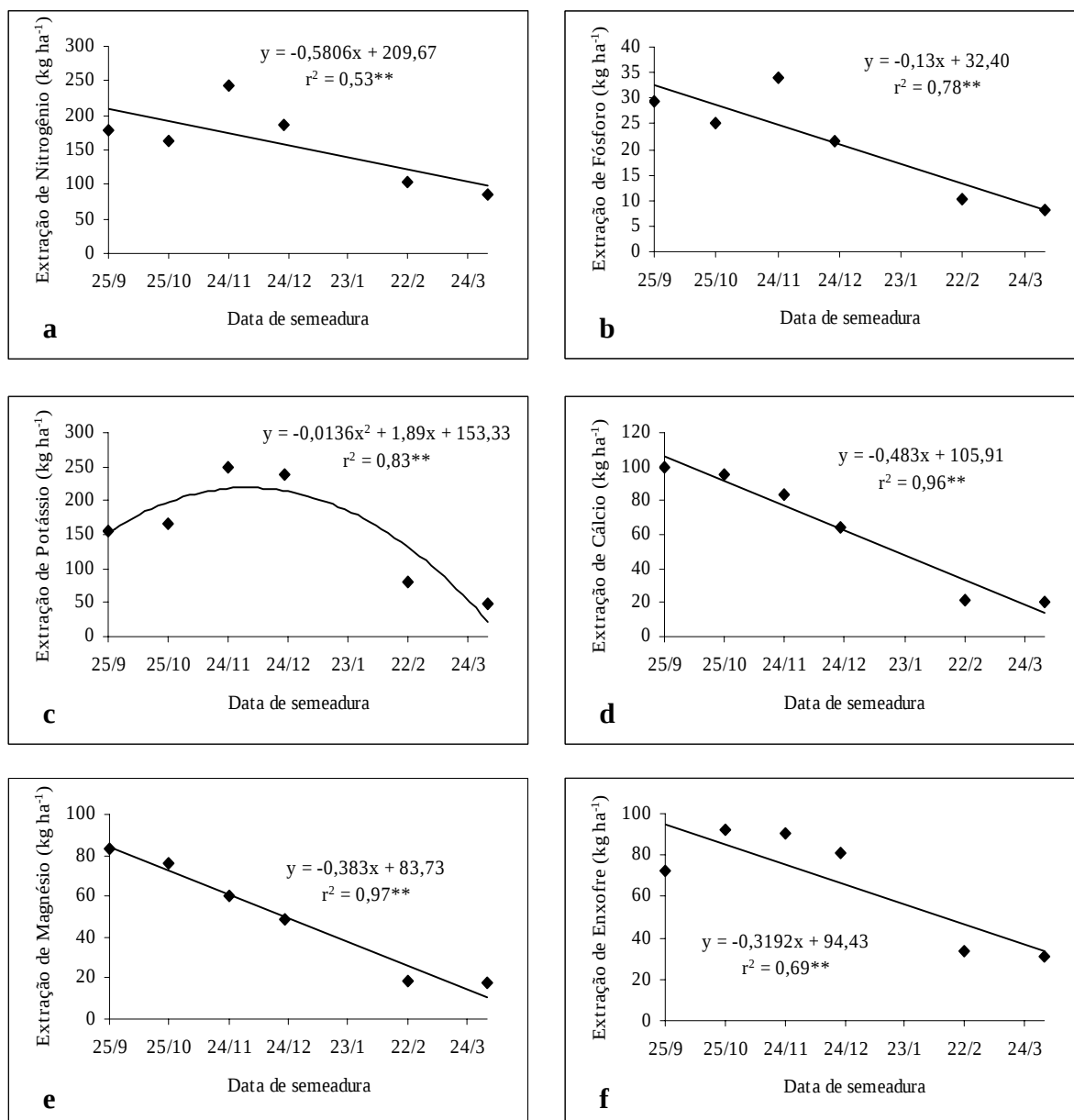


Figura 16. Extração de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) na parte aérea do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

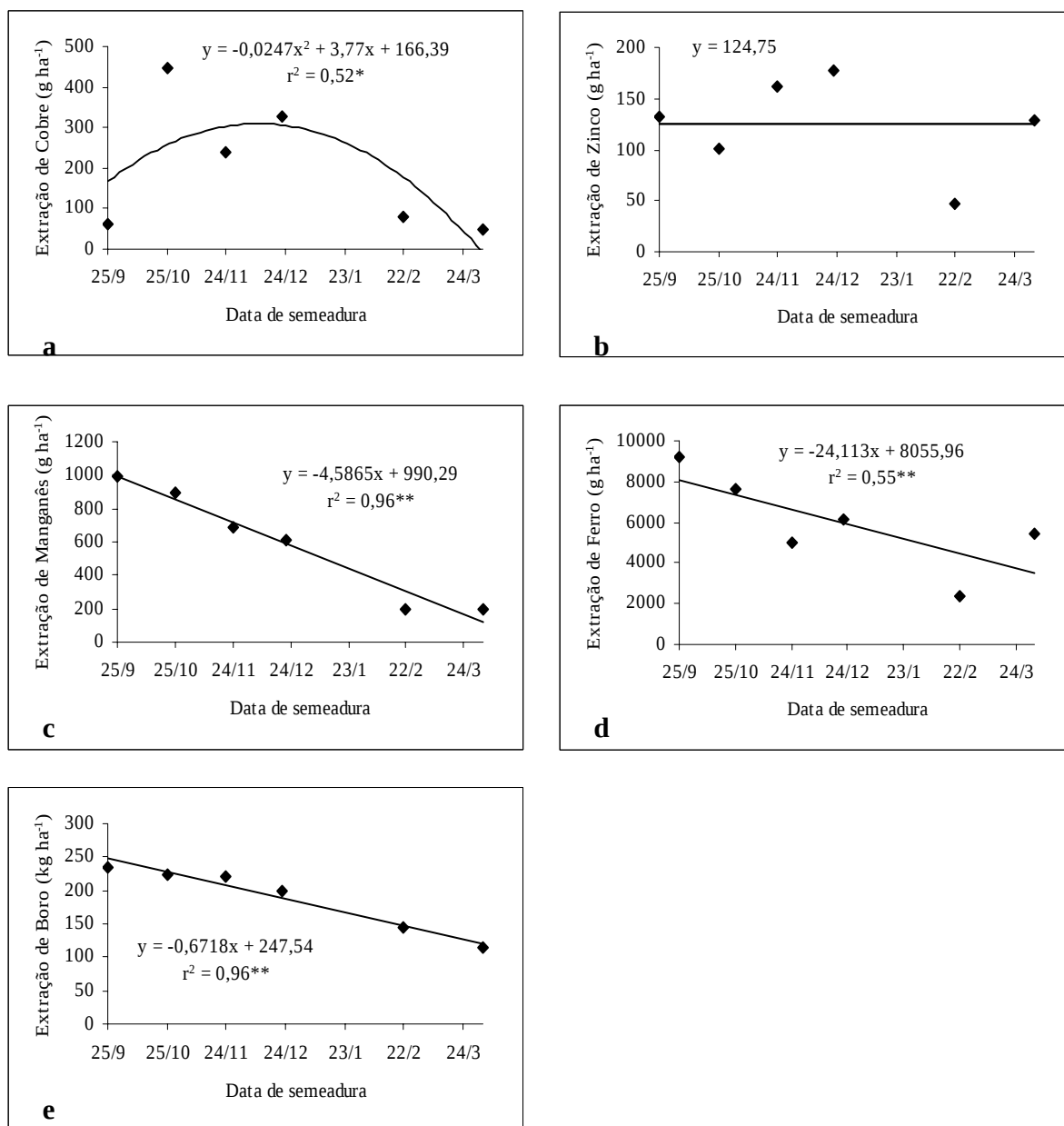


Figura 17. Extração de cobre (a), zinco (b), manganês (c), ferro (d) e boro (e) na parte aérea do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

No Quadro 17 estão contidos os resultados de teor de carbono e a relação carbono/nitrogênio (C/N) no estágio de grãos pastosos. Ao contrário do verificado no florescimento pleno o teor de carbono apresentou diferenças significativas para as épocas de semeadura, ajustando-se os dados se ajustaram a uma função linear (Figura 18a), na qual observa-se teores de 466 e 437, para as semeaduras de setembro e abril, respectivamente.

Constata-se pela Figura 18b que a relação C/N reduziu com o atraso da semeadura, obedecendo a uma função quadrática, onde verificou-se valores de 84 e 23, para as semeaduras de setembro e abril, respectivamente. A grande variação na relação C/N está diretamente relacionada aos teores de nitrogênio, uma vez que a variação dos teores de carbono foi, proporcionalmente menor (Figura 18a) em relação a dos teores de nitrogênio (Figura 14a), na qual verificou-se o triplo do teor de N, na semeadura de abril quando comparada a de setembro.

Analisando simultaneamente as Figuras 9b e 18b, verifica-se, para a maioria das épocas, relação C/N maior no estágio de grãos pastoso, tal fato, se justifica a menor concentração de N neste estágio (Figura 14a). Resultados semelhantes foram obtidos por Vasconcellos (1999).

Quadro 17. Teor de carbono (C) e relação carbono nitrogênio (C/N) da parte aérea de sorgo de guiné, no estágio de grãos pastoso, em função da época de semeadura.

Épocas de semeadura	Cg kg ⁻¹	C/N
Setembro/00	466	93
Outubro/00	459	82
Novembro/00	451	50
Dezembro/00	463	48
Fevereiro/01	457	34
Abril/01	426	32
Valor de F para regressão		
R.L.	6,99*	63,77**
R.Q.	1,46ns	8,59*
C.V. (%)	4,04	23,05

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

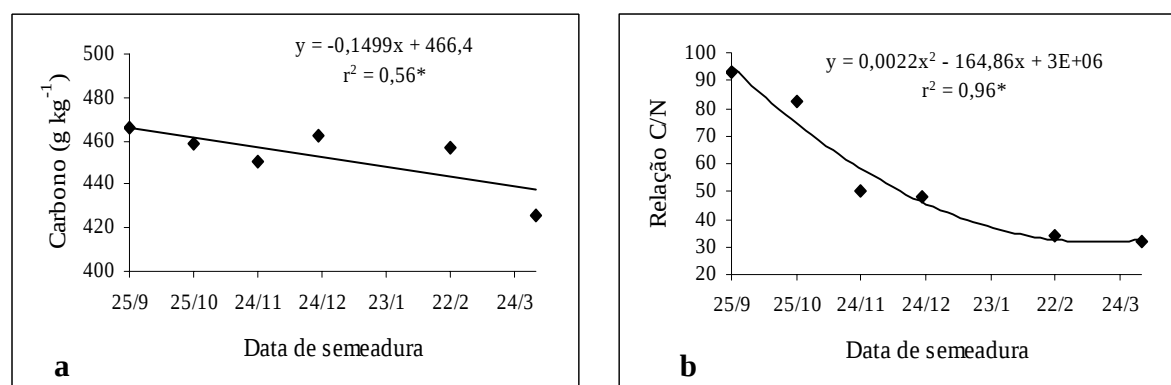


Figura 18. Teor de carbono (a) e relação carbono/nitrogênio (b) da parte aérea do sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

No Quadro 18 encontram-se os resultados obtidos para teor de proteína bruta, extrato etéreo, minerais, fibra bruta, carboidratos solúveis e capacidade tampão. Com exceção do extrato etéreo e capacidade tampão, todas as variáveis apresentaram diferenças significativas com as épocas de semeadura.

Pela Figura 19a pode-se observar que o teor de proteína bruta aumentou linearmente com o atraso da semeadura. Esta resposta, pode ser atribuída ao efeito diluição, verificando nas primeiras semeaduras maiores produções de matéria seca (Figura 12e) e menores teores de N (Figura 14a) o que resultou menores concentrações de proteína bruta. Os resultados concordam com os obtidos por Silva et al. (1990) e Valente et al. (1984), que verificaram tendência de decréscimo de proteína bruta com o aumento da matéria seca. No entanto, os valores observados, com exceção da semeadura de abril, foram inferiores aos obtidos por Pesce et al. (2000), que registraram teor médio de 7,7%, em vinte genótipos de sorgo no estágio de grão pastoso. De acordo com Flaresso et al. (2000) uma silagem de sorgo de boa qualidade deve conter de 7,1 a 8% de proteína bruta. Desta maneira, verifica-se que somente a partir da semeadura de fevereiro as plantas teriam níveis satisfatórios de proteína bruta.

Os teores de extrato etéreo não ajustaram-se a função polinomial (Figura 19b), ficando na média com o teor de 2,6 %. Os valores encontrados neste trabalho corroboram com os de Chaves (1997), que avaliando cinco cultivares de sorgo para produção de silagem, verificou teores entre 1,67 a 2,75% de extrato etéreo. Entretanto, foram superiores aos de Neumann et al. (2002a), que observaram teores entre 1,51 a 2,28 %. É importante destacar que forragens com maior teor de extrato etéreo (gordura) têm valores mais altos de nutrientes digestíveis totais, pelo fato de a gordura fornecer 2,25 vezes mais energia que os

carboidratos. Assim, é de suma importância buscar alimentos energéticos para se conseguir manter a produção animal equivalente ao seu potencial (Chaves, 1997).

Para os teores de minerais (Figura 19c) observa-se aumentos desses à medida em que a semeadura foi atrasada, obedecendo a uma função linear, onde verificou-se teor de 3,23 e 4,82% para as semeaduras de setembro e abril, respectivamente. Esses dados são semelhantes aos obtidos por Chaves (1997), que obteve teores variando entre 3,17 a 4,77%. No entanto, com exceção de fevereiro e abril, são inferiores aos observados por Neumann et al. (2002), que alcançaram teores variando entre 4,63 a 6,29.

Com relação ao teor de fibra bruta (Figura 19d), verificou-se decréscimo desse à medida em que a semeadura foi atrasada. Esse resultado pode ser explicado pela participação dos componentes colmo, folhas e panícula na estrutura física da planta, verificando maiores teores de fibra bruta em plantas com elevadas porcentagens de colmos (Figura 13). Os valores obtidos em todas as semeaduras foram superiores aos de Neumann et al. (2002), que observaram teor médio de 31,2 % em quatro híbridos de sorgo.

Os teores de carboidratos solúveis (Figura 19e) aumentaram de forma quadrática com o atraso da semeadura, encontrando valores de 3,2 e 12,6, para as semeaduras de setembro e abril, respectivamente. Os valores encontrados neste trabalho se assemelham aos de Silva et al. (1990), que obtiveram teores variando de 4,5 a 12,6 %. Pesce et al. (2000) avaliando vinte genótipos de sorgo, verificaram teor médio de 8,5 %. Considerando que teores de 6 a 8 % de substratos fermentáveis são suficientes para desencadear fermentações lácticas (Gourley & Lusk, citado por Pesce et al., 2000), constata-se que somente as semeaduras de fevereiro e abril apresentariam teores suficientes para a ensilagem. No entanto, o teor de

carboidrato solúvel, não pode ser analisado isoladamente, deve-se verificar que a capacidade tampão não seja elevada (Costa et al., 2000).

Assim, por meio da Figura 19f, constata-se que os dados de capacidade tampão da forragem não ajustaram-se a uma função matemática. No entanto, os valores obtidos foram semelhantes aos relatados por Costa et al. (2000), para a cultura do milho (17,60 emg HCl 100g MS) e do capim elefante (25,20 emg HCl 100g MS). Em função dos resultados, é possível inferir que todas as épocas de semeadura apresentaram baixa capacidade tampão da forragem, evidenciando que a espécie estudada apresenta potencial para a ensilagem.

Quadro 18. Composição química em proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), minerais (M), fibra bruta (FB), carboidratos solúveis (CHO_s) e capacidade tampão (CT) da planta de sorgo de guiné, no estágio de grão pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	PB	EE	M	FB	CHO _s	CT e mg HCl 100g MS
	% da MS.....					
Setembro/00	3,55	2,68	3,23	44,95	2,64	16,56
Outubro/00	3,94	2,62	2,92	45,05	3,60	17,19
Novembro/00	5,86	2,75	3,78	43,31	3,36	18,87
Dezembro/00	5,88	2,59	4,23	42,39	3,80	20,00
Fevereiro/01	6,30	2,55	4,67	37,22	6,81	13,53
Abril/01	8,60	2,72	4,82	35,75	12,40	19,60
Valor de F para regressão						
R.L.	94,77**	0,02ns	28,04**	96,12**	109,01**	0,04ns
R.Q.	0,01ns	0,46ns	0,35ns	1,95ns	20,52**	0,28ns
C.V. (%)	13,86	7,72	15,44	4,30	26,30	11,08

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

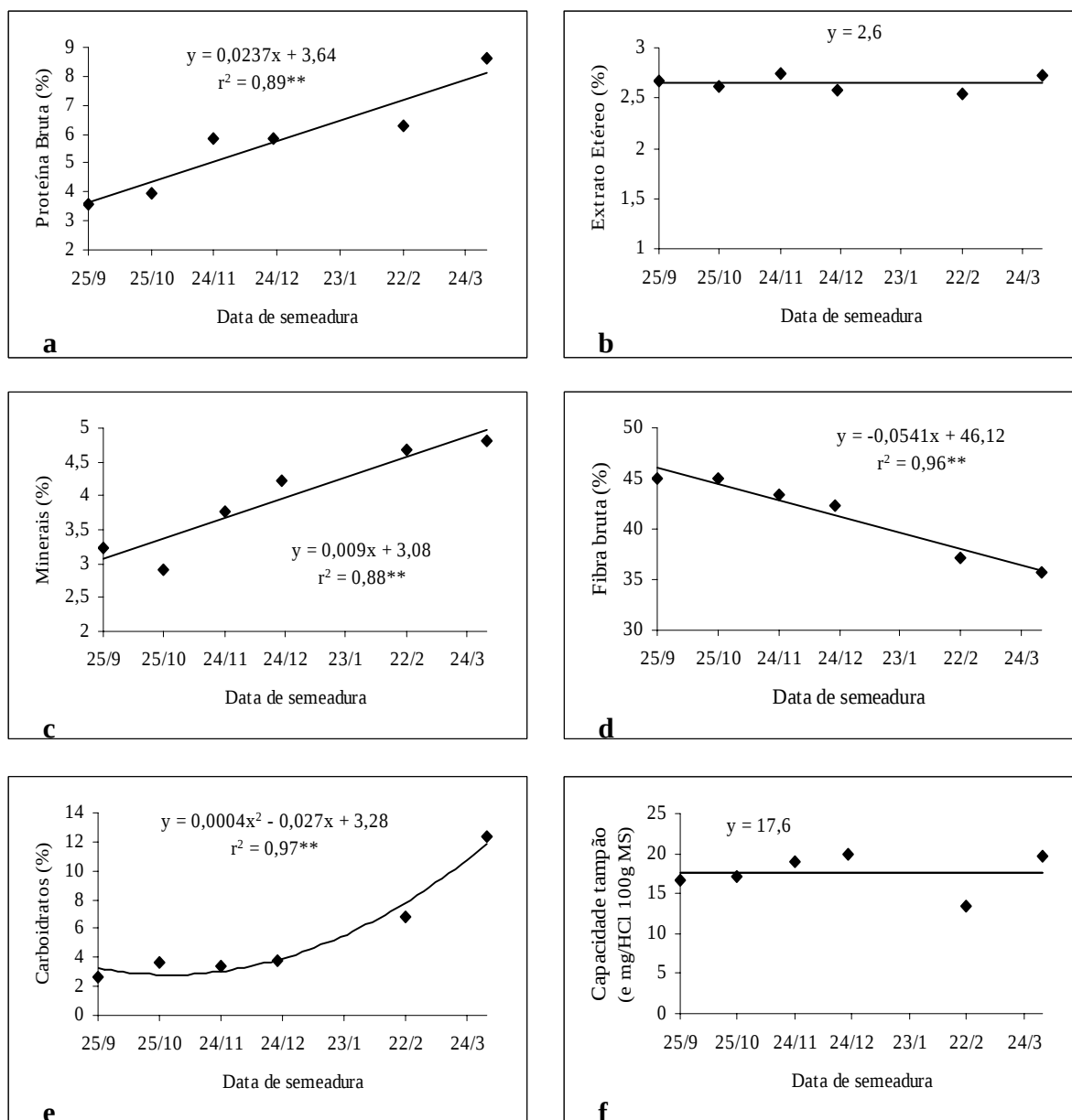


Figura 19. Proteína bruta (a), Extrato etéreo (b), minerais (c), fibra bruta (d), carboidratos (e) e capacidade tampão (f) do sorgo de guiné, no estágio de grãos pastoso, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

6.1.3. Produção de grãos

Observa-se na Figura 20 que o número de dias para as plantas atingirem a maturidade fisiológica foi significativamente influenciado pela época de semeadura, verificando 250 e 119 dias, para a semeadura de setembro e fevereiro, respectivamente, ou seja, ocorreu redução do ciclo com o atraso da semeadura. Esse comportamento é decorrente da sensibilidade fotoperiódica desse genótipo de sorgo, já comentado anteriormente. Dessa forma, há correlação entre o florescimento pleno (Figura 3) e a maturação fisiológica (Figura 20) para as épocas de semeadura. Isto se deve as plantas terem alcançado a maturidade fisiológica com a mesma duração de tempo após o florescimento.

Verificou-se nas semeaduras de setembro, outubro, novembro e dezembro que a maturação fisiológica foi atingida com 68 dias após o florescimento. Na semeadura de fevereiro esse período foi de 50 dias. Os resultados são superiores ao descrito por Vanderlip & Reeves (1972), que encontraram período de 35 dias entre o florescimento e a maturação, para um cultivar de sorgo com ciclo de 100 dias. O aumento do período entre florescimento pleno e maturidade fisiológica, pode ser atribuído às baixas temperaturas encontradas nesta fase (Figura 1), o que também foi observado por Heckler (2002).

No Quadro 19 estão os resultados de comprimento de panícula, massa de 1000 grãos, produtividade e teor de N no grão. Constata-se efeito significativo de épocas de semeadura para todas variáveis.

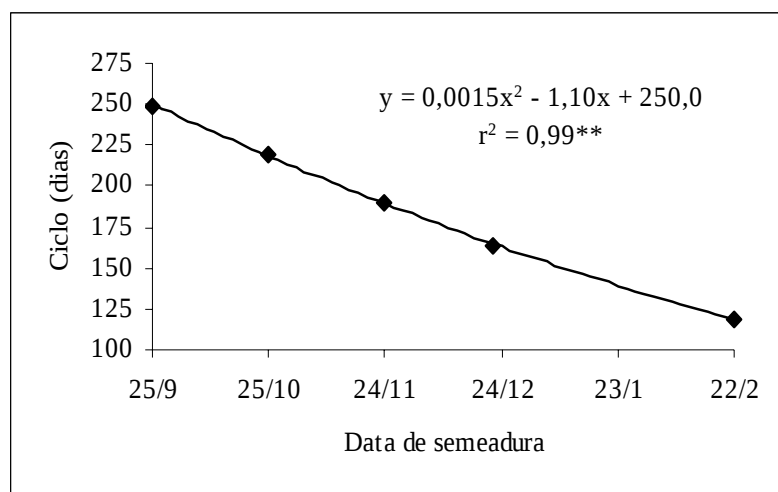


Figura 20. Ciclo do sorgo de guiné, na maturidade fisiológica, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Por meio da Figura 21a observa-se que o comprimento de panículas diminuiu com o atraso da semeadura, verificando que na semeadura de setembro as panículas mediram 38 cm, e em fevereiro 29 cm. Este resultado corrobora com os obtidos por Machado et al. (1987) que verificaram panículas com 23,8 e 17,7 cm em plantas semeadas em setembro e janeiro, respectivamente. Esse comportamento, também, está relacionado a sensibilidade fotoperiódica do sorgo utilizado no presente trabalho. Assim, com o atraso na semeadura há menor desenvolvimento da planta em termos de crescimento e esse efeito influencia durante a formação da panícula, resultando em plantas com esse órgão menos desenvolvido.

Na Figura 21b constata-se que a massa de 1000 grãos diminuiu linearmente com o atraso da semeadura, apresentando valores de 18,5 para a semeadura de setembro e 15,5 na de fevereiro. Azeredo et al. (1975), também verificaram tendência de decréscimo nesta variável com o atraso da semeadura. Tal efeito pode ser atribuído ao menor tempo de formação do grão e a menor disponibilidade hídrica no solo na fase de enchimento de grãos, nas semeaduras tardias.

Para a produtividade de grãos (Figura 21c) constatou-se diminuição a medida em que a semeadura foi atrasada, obedecendo a uma função quadrática. Verifica-se que a maior produção de grãos, foi alcançada na semeadura efetuada em novembro com 824 kg ha⁻¹, e a partir dessa houve redução chegando a 122 kg ha⁻¹ na semeadura de fevereiro. A redução na produtividade de grãos em função do atraso da semeadura pode ter ocorrido em virtude, principalmente, do menor tempo de desenvolvimento das plantas, que conseqüentemente acumularam menor matéria seca e menor comprimento de panícula, em razão do fotoperíodo, além, da baixa disponibilidade hídrica e de baixas temperaturas na fase de enchimento de grãos (Figura 1) que afetaram a massa de 1000 grãos. Na semeadura de abril, as condições climáticas no florescimento, propiciaram o aparecimento da doença açucarada do sorgo (*Claviceps africana*), causando esterilidade das espiguetas com perda total da produtividade de grãos.

A baixa produtividade de grãos observadas em todas as épocas foi decorrente do intenso ataque de pássaros. Vieira (1984) também destaca como fator limitante à produção, o ataque de pássaros, inferindo que as plantas atacadas possivelmente possuem baixo teor de tanino no grão.

No entanto, a redução na produtividade de grãos na cultura do sorgo devido o atraso da semeadura foi relatada por vários autores (Azeredo et al., 1975; Azeredo et al., 1976; Nakagawa et al., 1978; Assis & Mendez, 1981; Viana et al., 1980; Avelar & Moraes, 1986; Machado et al., 1987).

Quanto ao teor de N no grão (Figura 21d) verificou-se aumento a medida em que a semeadura foi atrasada, mostrando resposta positiva e linear. Constata-se que o maior valor foi obtido na semeadura de fevereiro (24,7 g kg⁻¹), e o menor valor na

semeadura de setembro ($18,3 \text{ g kg}^{-1}$), o que pode estar relacionado ao efeito diluição em função da maior produtividade na semeadura de setembro. Resultado semelhante foi obtido por Azeredo et al. (1976) verificando comportamento inverso entre teor de N no grão com produtividade, em função das épocas de semeadura.

Quadro 19. Comprimento de panícula, massa de 1000 grãos, produtividade e teor de nitrogênio (N) nos grãos do sorgo de guiné, na maturidade fisiológica, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

Épocas de semeadura	Comprimento panícula cm	Massa de 1000 g	Produtividade kg ha^{-1}	Teor de N no grão g kg^{-1}
Setembro/00	38	18	700,0	18,8
Outubro/00	34	17	739,2	18,9
Novembro/00	39	19	890,0	20,9
Dezembro/00	30	16	707,5	21,8
Fevereiro/01	29	16	120,0	24,7
Abril/01	-----	-----	-----	-----
Valor de F para regressão				
R.L.	14,91**	5,44*	13,78**	20,83**
R.Q.	0,31ns	0,56ns	9,82**	0,16ns
C.V. (%)	10,46	8,81	38,03	9,93

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

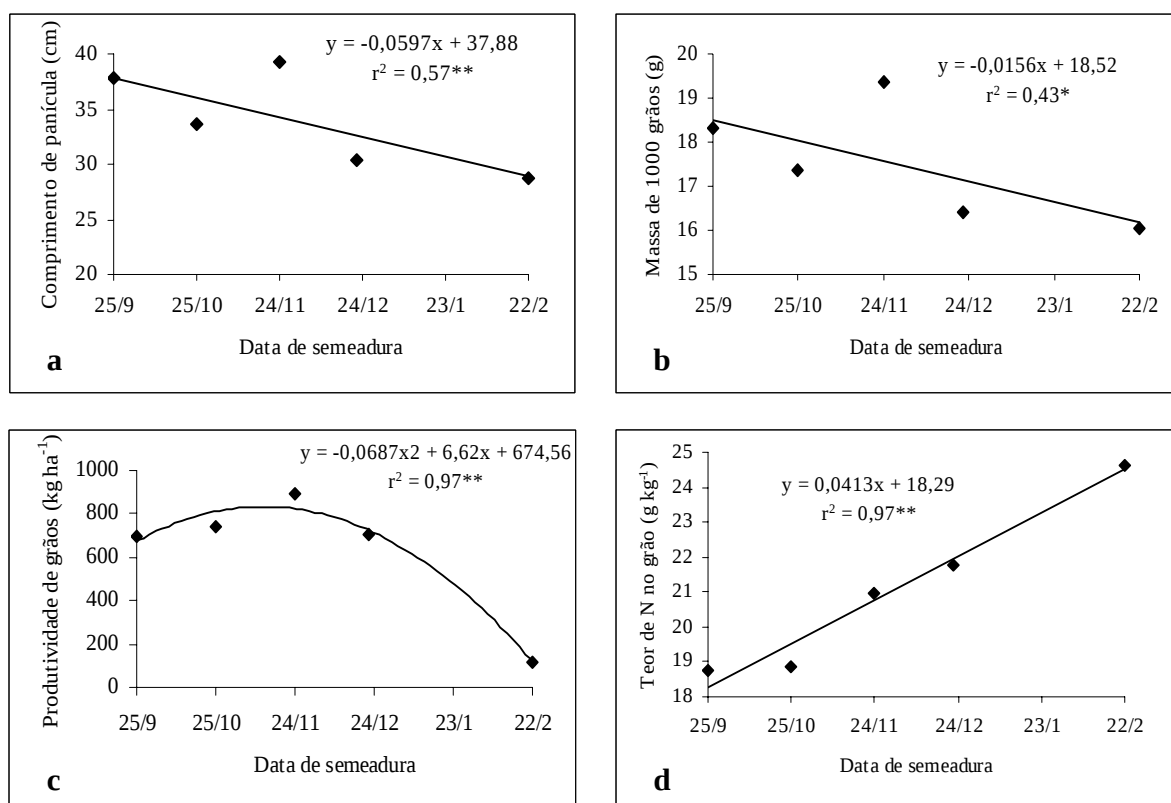


Figura 21. Comprimento de panícula (a), massa de 1000 grãos (b), produtividade de grãos (c) e teor de nitrogênio no grão (d), na maturidade fisiológica, em função da época de semeadura. Botucatu-SP, 2001.

6.2 Influência da palhada de sorgo de guiné nos atributos químicos do solo

Apesar da coleta de solo ter sido realizada após a colheita da soja, os resultados dos atributos químicos do solo serão discutidos antes dos referentes à cultura da soja. Essa sequência na apresentação dos resultados, referente ao segundo experimento, deve-se a importância destes na interpretação e compreensão dos efeitos dos tratamentos na soja.

Assim, no Quadro 20 estão contidos os valores de F e do coeficiente de variação (CV) para os atributos químicos do solo, em diferentes profundidades, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Verifica-se que houve efeito significativo da quantidade de palhada para a maioria das variáveis. As exceções foram pH de 0 a 5 cm, Mg de 5 a 10 cm, K de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm, CTC de 0 a 5 e 10 a 20 cm, Zn de 0 a 5 e 5 a 10 cm e Fe de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm. Contudo, a discussão para os efeitos significativos se restringirão as variáveis na camada de 0-20cm. Os resultados obtidos nas profundidades estratificadas serão apresentados, para cada variável, em um único gráfico de forma a facilitar o entendimento do efeito dos tratamentos no perfil do solo.

Pela Figura 22 pode-se observar, na profundidade de 0-20 cm, que o pH diminuiu linearmente com o incremento da palhada de sorgo de guiné na superfície do solo. Esse efeito poderia ter ocorrido somente em superfície, porém, analisando a Figura 23, constata-se que em todas as profundidades amostradas até 20 cm ocorreu redução dos valores de pH com o aumento da palhada na superfície do solo, sendo observado o maior nível de acidez nas áreas com a maior quantidade de palhada.

Uma das explicações para esse comportamento do pH seria a decomposição da palhada de sorgo sobre a superfície do solo gerando acidez (Caíres, 2000),

uma vez que a cada átomo de N convertido em NO_3^- formam-se 2 H^+ (Wietholter, 2000). Porém a explicação mais cabível seria a acidez gerada pela remoção das bases pela cultura do sorgo, cujos os hidrogênios tomam os lugares, por troca, do cálcio, magnésio, potássio, amônio, sódio e outras bases retidas nas argilas e na matéria orgânica.

Na realidade, em função do tempo decorrido da deposição da palhada, sobre a superfície, até a amostragem do solo, que foi de cinco meses, esperava-se que a deposição desse material vegetal promovesse aumento dos valores de pH, como foi constatado por Sidiras & Pavan (1985), Miyazawa et al. (1993) e Valpassos et al. (2001). 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).

Contudo, essas reações, que resultariam na correção da acidez do solo, não ocorreram em proporções que promovessem o aumento do pH, em função da elevada relação C/N (Figura 18b) que acarretou baixa velocidade de decomposição da cobertura morta proveniente do sorgo.

Quadro 20. Valores de F e coeficiente de variação (C.V.) para os atributos químicos do solo em diferentes profundidades, em função da quantidade de palha de sorgo de guiné.

.....Profundidade.....				
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-20 cm
pH (CaCl₂)				
Valor de F	1,86ns	7,68**	12,08**	7,13**
C.V. (%)	15,43	8,71	9,35	10,28
M.O. (g dm⁻³)				
Valor de F	7,59**	3,19*	5,55**	4,84**
C.V. (%)	3,26	4,12	3,28	5,19
H + Al (mmol_c dm⁻³)				
Valor de F	5,13**	6,78**	22,63**	20,08**
C.V. (%)	30,42	27,43	20,23	16,45
Ca (mmol_c dm⁻³)				
Valor de F	19,15**	3,57*	9,84**	11,05**
C.V. (%)	25,74	45,21	42,86	37,64
Mg (mmol_c dm⁻³)				
Valor de F	6,01**	1,51ns	4,37**	5,73**
C.V. (%)	15,58	34,18	30,13	18,99
K (mmol_c dm⁻³)				
Valor de F	0,77 ns	0,59 ns	1,35 ns	4,32**
C.V. (%)	42,62	69,10	95,86	33,41
SB (mmol_c dm⁻³)				
Valor de F	17,31**	3,08*	9,55**	9,88**
C.V. (%)	20,54	41,23	37,18	31,00
CTC (mmol_c dm⁻³)				
Valor de F	1,25ns	3,35*	2,45ns	7,02**
C.V. (%)	17,87	10,51	16,10	10,85
V (%)				
Valor de F	11,04**	5,31**	20,64**	13,94**
C.V. (%)	24,61	35,37	27,63	30,62
Cu (mg dm⁻³)				
Valor de F	12,98**	29,42**	34,14**	16,56**
C.V. (%)	16,57	12,44	10,22	12,86
Zn (mg dm⁻³)				
Valor de F	1,51ns	1,77ns	2,92*	2,11ns
C.V. (%)	119,41	91,92	76,84	77,49
Mn (mg dm⁻³)				
Valor de F	29,52**	53,48**	120,44**	14,35**
C.V. (%)	35,11	31,07	21,41	50,56
Fe (mg dm⁻³)				
Valor de F	1,39ns	2,34ns	0,87ns	1,88ns
C.V. (%)	36,84	22,08	25,42	21,21

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

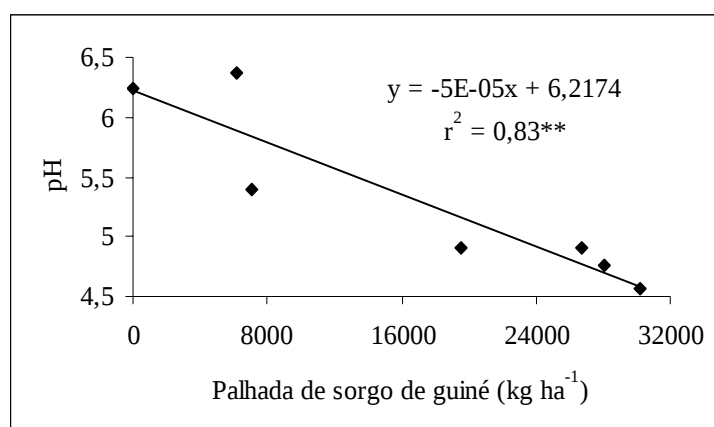


Figura 22. Valores de pH (CaCl₂) do solo na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

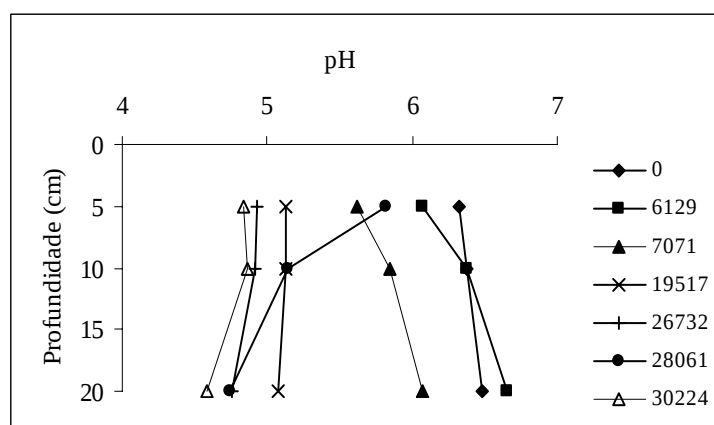


Figura 23. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os valores de pH (CaCl₂) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

Em função dos resultados observados para pH, a acidez potencial ($H^+ + Al$), na profundidade de 0-20 cm, aumentou linearmente com o incremento da palhada de sorgo de guiné (Figura 24).

A análise simultânea das Figuras 22 e 24, e, 23 e 25, permitem inferir que, para todas as quantidade de palhada, a acidez potencial correlacionou inversamente com o pH.

Os teores de matéria orgânica aumentaram, na profundidade de 0-20 cm, com o incremento de palhada na superfície do solo (Figura 26). Constata-se que na presença de 30224 kg ha⁻¹ de palhada o teor foi aumentado em 0,3 pontos percentuais em relação ao tratamento sem cobertura vegetal, porém, pouco expressivo pela quantidade de material vegetal depositado, o que subsidia os argumentos relatados para o comportamento do pH, ou seja, a alta relação C/N acarretou baixa velocidade de decomposição, mesmo após 5 meses de permanência da palhada na superfície do solo.

Pela Figura 27 constata-se aumento do teor de matéria orgânica em todo o perfil do solo a partir da quantidade de 7071 kg ha⁻¹. Esse comportamento, provavelmente, está relacionado a grande quantidade de raízes que esse material produz, sendo relatado por Pace et al. (1999). Apesar de produzir grande quantidade de matéria seca de raiz, esse valor é significativamente inferior, quando levado em consideração apenas a profundidade de 0-20 cm, comparada com a produção da parte aérea, o que ocasionou, como já comentado, pequeno incremento no teor de matéria orgânica dessa camada de solo.

Vários autores, também, verificaram aumento em proporções diferenciadas dos teores de matéria orgânica do solo (Muzilli, 1983; Sidiras & Pavan, 1985; Santos & Siqueira, 1996; Valpassos et al., 2001).

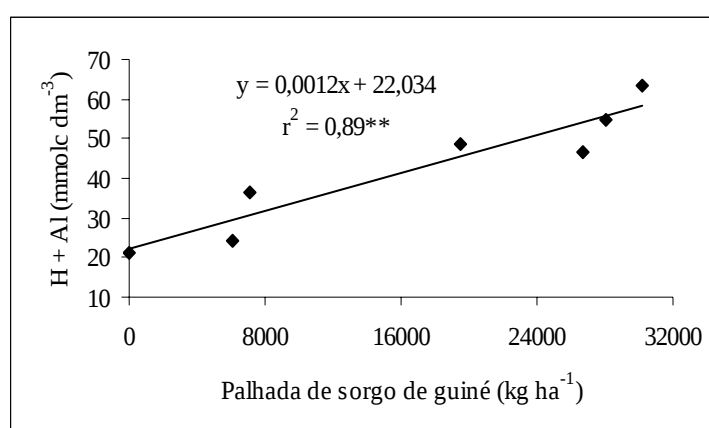


Figura 24. Teores de H + Al do solo na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

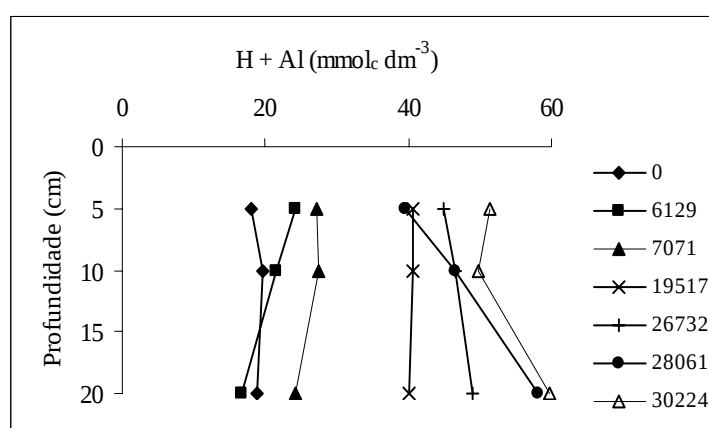


Figura 25. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de H + Al do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

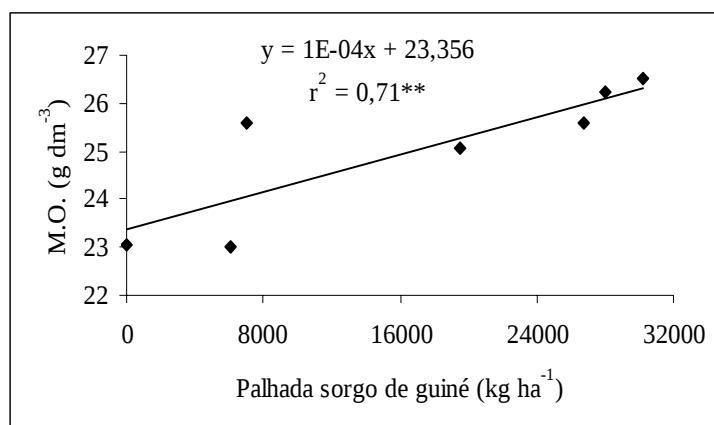


Figura 26. Teores de matéria orgânica (M.O.) do solo na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

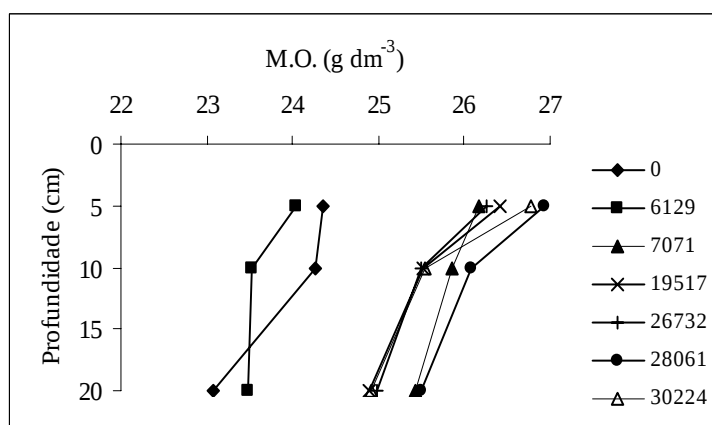


Figura 27. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de matéria orgânica (M.O.) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

Os teores de cálcio e magnésio diminuíram com o incremento da quantidade de palhada na superfície do solo (Figuras 28 e 30).

Por meio da Figura 29 constata-se que o teor de cálcio foi maior na ausência de palhada e nas quantidades de 6129 e 7071 kg ha⁻¹, em todas as camadas. No entanto, a partir da quantidade de 19517 kg ha⁻¹ houve diminuição nos teores em todas as camadas. O comportamento do Mg no perfil do solo (Figura 31) foi muito semelhante ao verificado para o Ca. Em todas as camadas o incremento na quantidade de palhada promoveu diminuição do teor de magnésio, sendo este efeito mais acentuado, também, a partir da dose de 19517 kg ha⁻¹.

A redução dos teores de cálcio e magnésio (Figuras 28 e 30) em função do aumento da quantidade de cobertura morta tem como uma das explicações a grande extração desses nutrientes pelas plantas de sorgo (Figura 16d e 16e), estando ainda imobilizados pela fitomassa. Um outro fator que poderia estar atuando na redução dos teores desses elemento nas profundidades analisadas, porém, acredita-se que em menor proporção em relação ao efeito da extração, seria a movimentação dessas bases pela ação dos resíduos, mais precisamente, dos ácidos orgânicos.

Esta segunda hipótese é baseada nos relatos de que a movimentação de bases no solo em sistema de plantio direto (McMahon e Thomas, 1976; Blevins, et al., 1978), pode também decorrer, da ação dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo. Na presença desses resíduos tem-se verificado uma marcante mobilidade de cálcio e magnésio 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 L⁰, Ca L⁻) e, como o complexo de troca

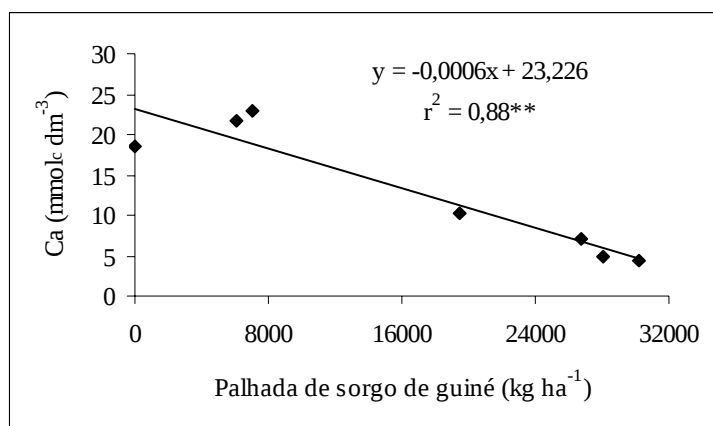


Figura 28. Teores de cálcio (Ca) do solo na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

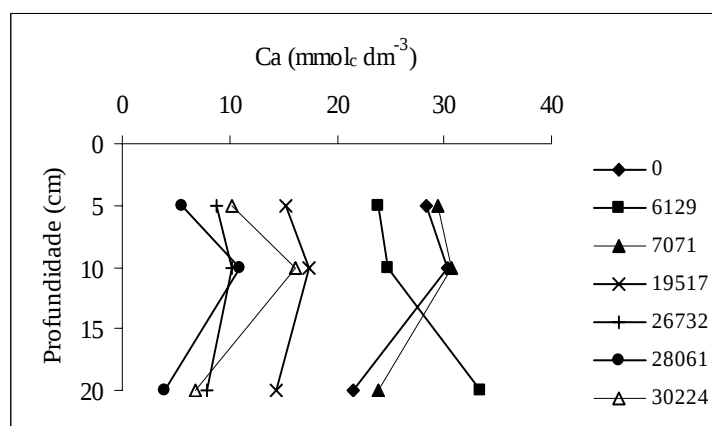


Figura 29. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de cálcio (Ca), em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

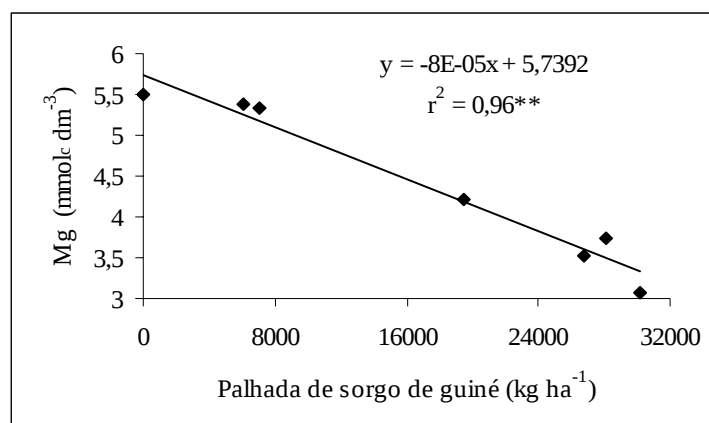


Figura 30. Teores de magnésio (Mg) do solo na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

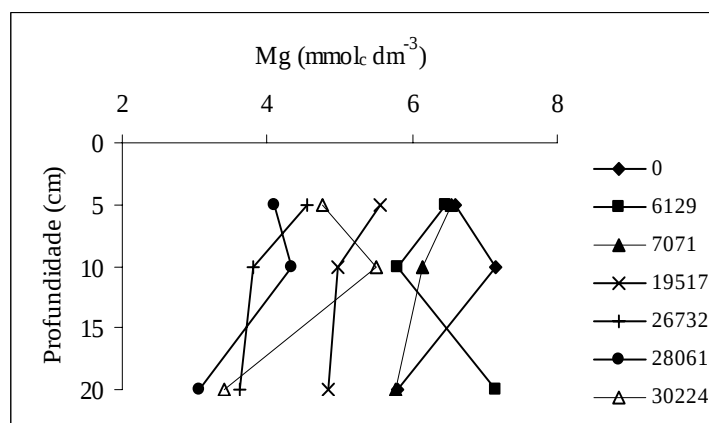


Figura 31. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de magnésio (Mg), em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

do solo possui predominantemente cargas negativas, a retenção dessas moléculas é baixa (Santos, 1997; Pavan e Miyasawa, 1998; Ziglio et al., 1999).

Com relação ao teor de K do solo, na camada de 0-20 cm (Figura 32) verifica-se que os dados não ajustaram a uma função matemática e, na análise extratificada, também, não houve efeito dos tratamentos (Figura 33). A ausência de efeito da palhada sobre os teores de K, contrário ao verificado para Ca e Mg, é explicada por esse elemento encontrar-se na planta na forma iônica (K^+) e não participar na constituição de compostos orgânicos estáveis. Desta forma, este nutriente pode ser facilmente extraído dos resíduos vegetais, tanto pela água da chuva como pela própria umidade do solo, o que explicaria os resultados obtidos no presente trabalho, onde mesmo com grande acúmulo de K na palhada de sorgo (Figura 16c), o elemento pode ter sido rapidamente disponibilizado.

Os valores de soma de bases, na camada de 0-20 cm, diminuíram com o incremento da palhada de sorgo na superfície do solo (Figura 34). No perfil do solo (Figura 35), para todas as camadas, o incremento da palhada de sorgo na superfície promoveu diminuição do valor da soma de bases, sendo que a partir da dose de 19517 kg ha⁻¹ a redução foi mais pronunciada.

Este resultado está diretamente relacionado com a diminuição do Ca (Figura 28) e Mg (Figura 30), uma vez que esses nutrientes tem, proporcionalmente, maior participação na constituição desta variável.

Pela Figura 36 pode-se observar que a CTC, na profundidade de 0-20 cm, aumentou linearmente com o incremento da palhada de sorgo. As alterações da CTC em diferentes profundidades, estão apresentadas na Figura 37, e constata-se, exceção a dose de

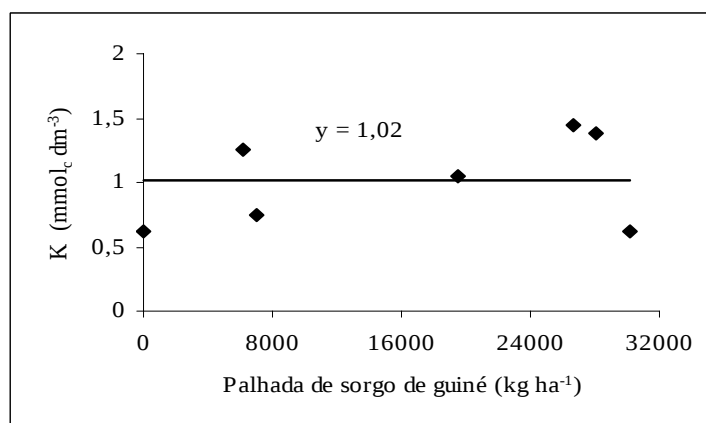


Figura 32. Teores de potássio (K) do solo na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

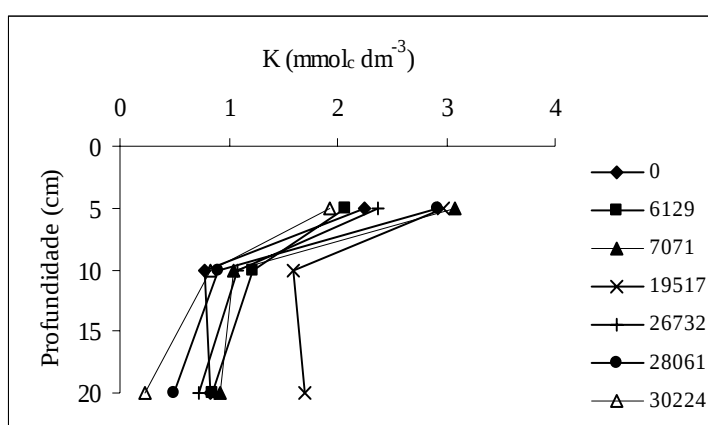


Figura 33. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de potássio (K), em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

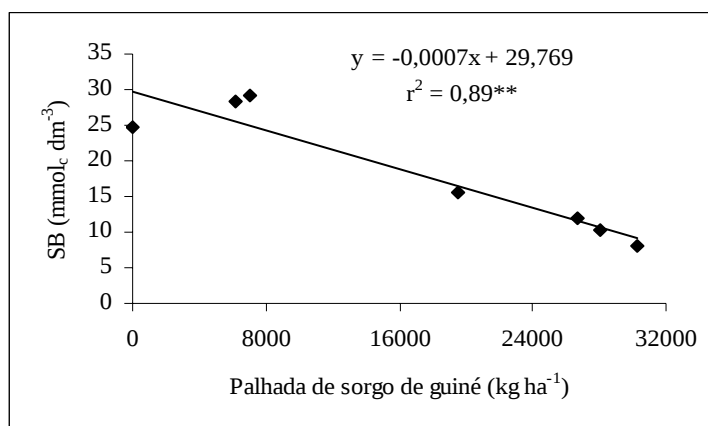


Figura 34. Valores de soma de bases do solo (SB) na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

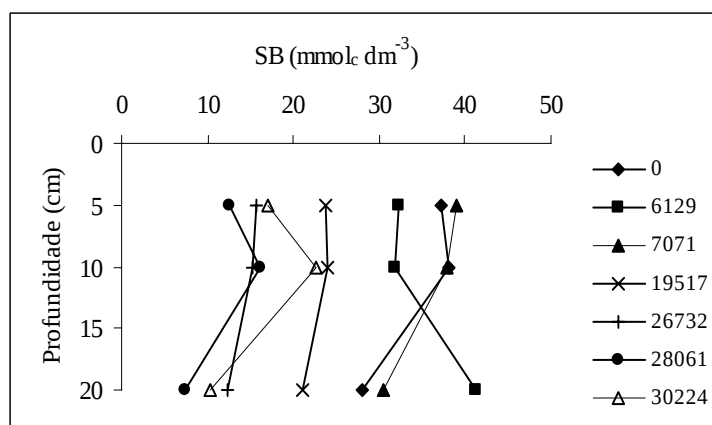


Figura 35. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os valores de soma de bases do solo (SB), em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

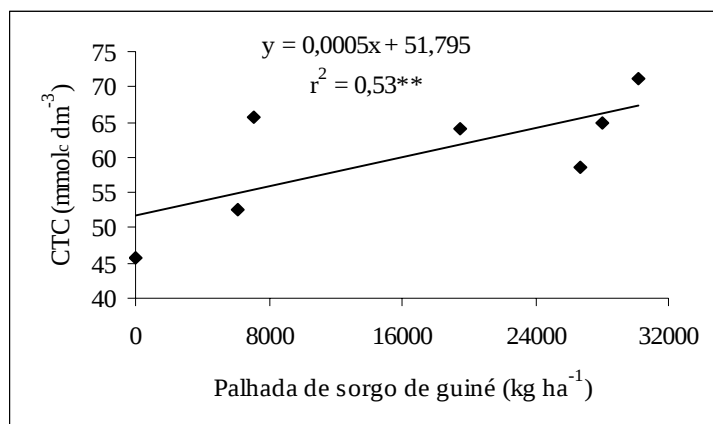


Figura 36. Valores de capacidade de troca catiônica do solo (CTC) a pH 7,0 na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

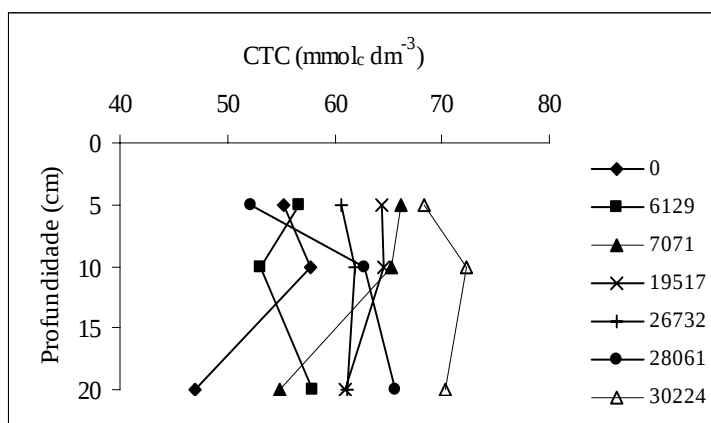


Figura 37. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os valores de capacidade de troca catiônica do solo a pH 7,0 (CTC), em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

28061 kg ha⁻¹ na camada de 0-5 cm e 6129 kg ha⁻¹ na camada de 5-10 cm, que os menores valores foram obtidos na ausência de palhada.

O incremento nos valores da CTC está diretamente relacionado ao aumento da acidez potencial (Figura 24). Isso porque a redução da soma de bases (Figura 34) foi menor do que o aumento ocorrido na acidez potencial. Assim, a diferença, em mmol_c dm⁻³, entre o aumento ocorrido para acidez potencial e a diminuição constatada para a soma de bases foi de 15 mmol_c dm⁻³, sendo este valor o incremento proporcionado pela maior quantidade de palhada em relação ao tratamento sem cobertura vegetal para CTC.

Em função dos efeitos provocados pela quantidade de palha sobre a soma de bases e a CTC, constatou-se diminuição da saturação por bases, tanto na profundidade de 0-20 cm (Figura 38) como no perfil do solo (Figura 39).

Quanto ao teor de Cu, na profundidade de 0-20 cm, verificou-se diminuição com o incremento da palhada de sorgo de guiné na superfície do solo (Figura 40). Essa redução foi muito expressiva, chegando a 8,4 kg ha⁻¹, por meio da diferença entre o tratamento com maior quantidade de palhada e o na ausência de cobertura morta, considerando a densidade do solo de 1,40 kg dm⁻³. Esse comportamento não era esperado, uma vez que com o abaixamento do pH (Figura 22) deveria aumentar a disponibilidade desse elemento, mesmo porque a quantidade máxima extraída pelo sorgo de guiné foi, aproximadamente, 500 g ha⁻¹. Analisando as amostras estratificadas, de forma a elucidar melhor o ocorrido com o elemento no perfil do solo, constata-se que o incremento da palhada promoveu redução do teor de Cu em todas as profundidades (Figura 41), sendo que a partir da dose de 7071 kg ha⁻¹ o efeito foi mais acentuado.

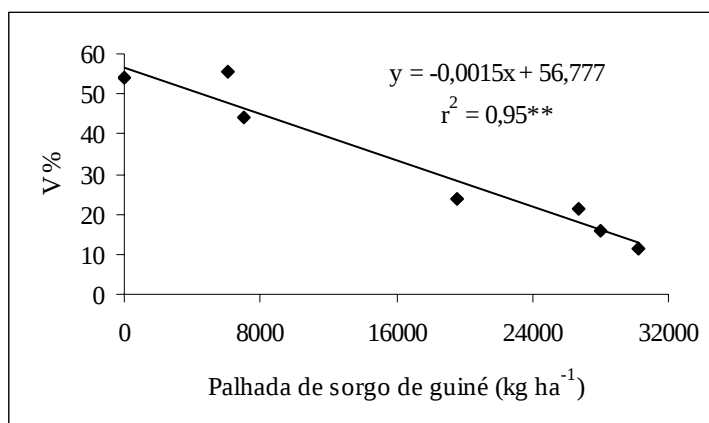


Figura 38. Valores de saturação por bases do solo (V%) na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

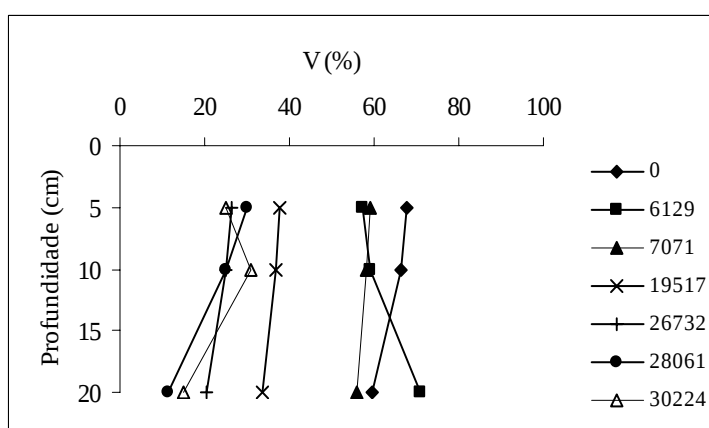


Figura 39. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os valores de saturação por bases do solo (V%), em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

É difícil concatenar os resultados observados, no presente trabalho, com o comportamento do Cu no solo relatado por pesquisadores que trabalham especificamente com o nutriente (Malavolta, 1980; Camargo et al., 2001; Abreu et al., 2001). Uma explicação seria a complexação do elemento pela matéria orgânica, no entanto, como já foi discutido, o incremento da mesma foi pouco expressivo, não sendo suficiente para complexar a quantidade de Cu que foi reduzida.

Assim, a principal explicação para o ocorrido seria o efeito dos ácidos orgânicos de baixo peso molecular, denominados de compostos orgânicos hidrossolúveis, na movimentação do elemento no perfil do solo, o que promoveu redução do teor na camada de 0-20cm (Franchini et al., 1999), uma vez que a produção de palhada chegou a 30224 kg ha⁻¹, liberando, dessa forma, grande quantidade desses compostos. Vale ressaltar, que esses compostos são liberados, já, a partir do início da senescência das plantas.

Com relação aos teores de Zn e Mn (Figuras 42 e 44), constatou-se comportamento muito semelhante ao observado para o Cu, ou seja, o aumento da quantidade de palhada reduziu os teores na profundidade de 0-20 cm. Essa redução representou 3,4 e 95 kg ha⁻¹, respectivamente, para o Zn e Mn, quando comparado o tratamento sem cobertura com o de maior quantidade de palhada. No perfil do solo (Figuras 43 e 45) a redução nos teores de Zn foi mais expressiva a partir da quantidade de 19517 kg ha⁻¹, enquanto, para o Mn, a simples adição de palhada foi suficiente para reduzir os teores. A explicação para esses resultados são as mesmas utilizadas para o Cu.

Os teores de Fe no solo, na camada de 0-20 cm, foram ajustado a uma função quadrática (Figura 46). No entanto, o aumento da quantidade de palhada na superfície do solo pouco alterou os teores do elemento. Esse comportamento fica mais claro analisando

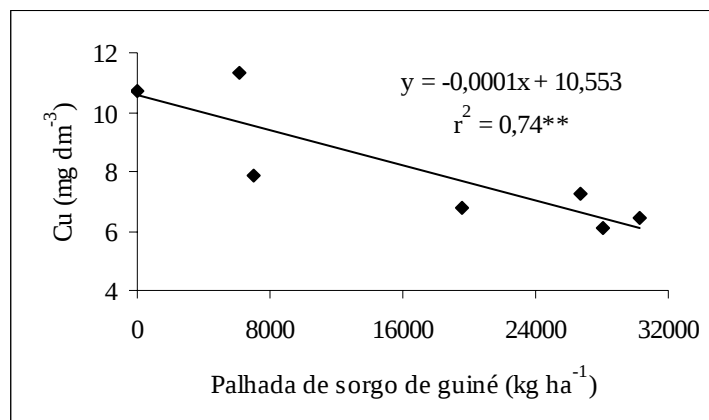


Figura 40. Teores de cobre (Cu) do solo na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

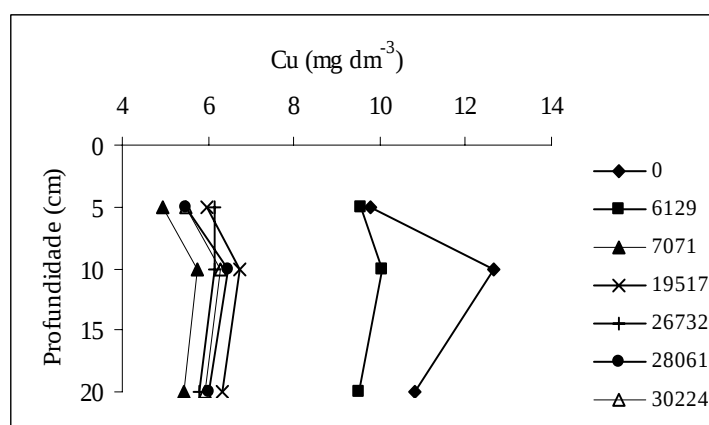


Figura 41. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de cobre (Cu) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

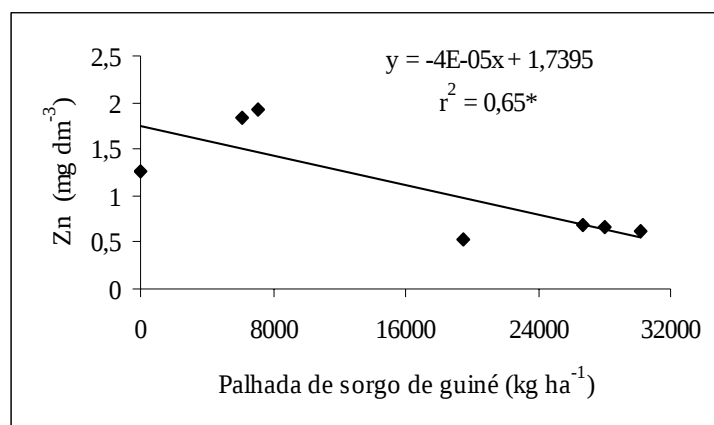


Figura 42. Teores de zinco (Zn) do solo na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

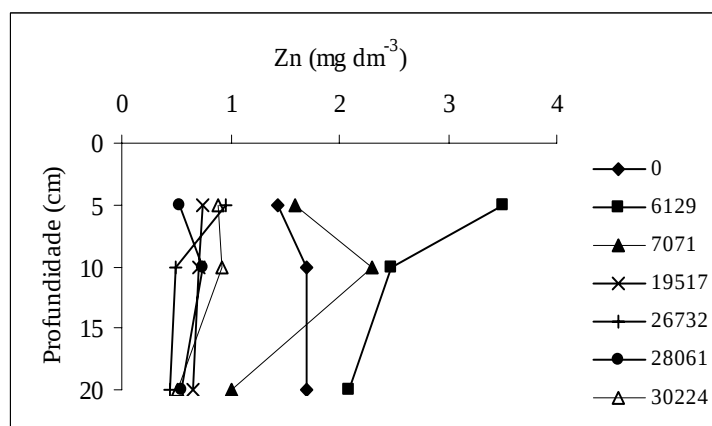


Figura 43. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de zinco (Zn) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

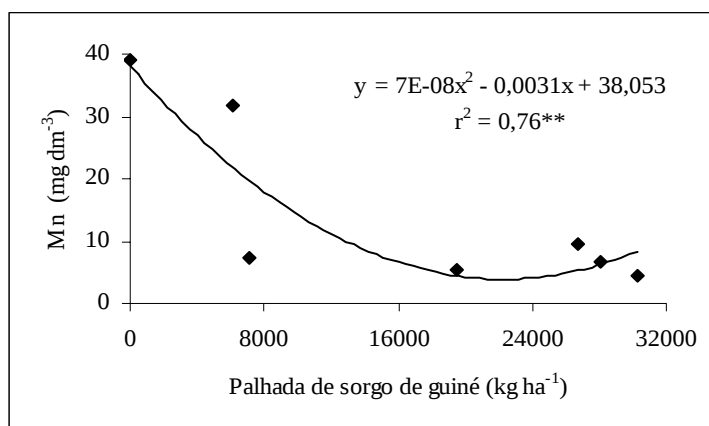


Figura 44. Teores de manganês (Mn) do solo na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

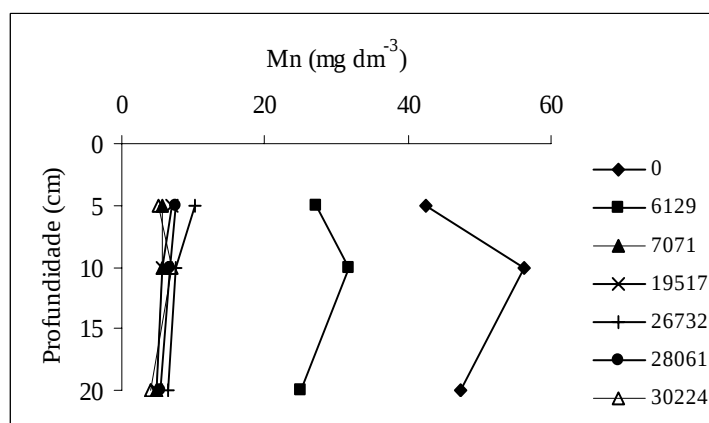


Figura 45. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de manganês (Mn) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

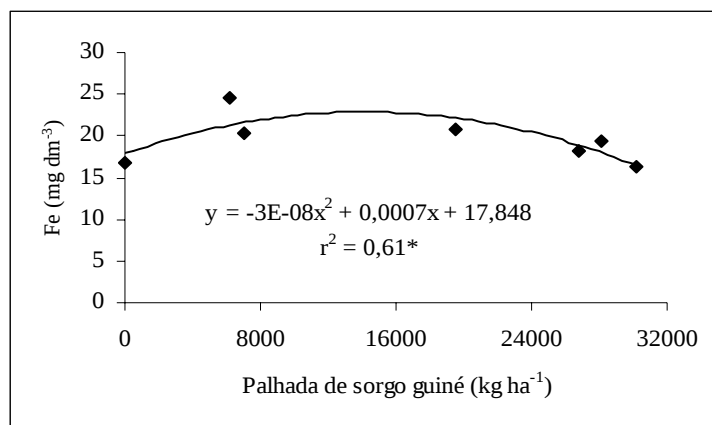


Figura 46. Teores de ferro (Fe) do solo na camada de 0-20cm, em função da quantidade de palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

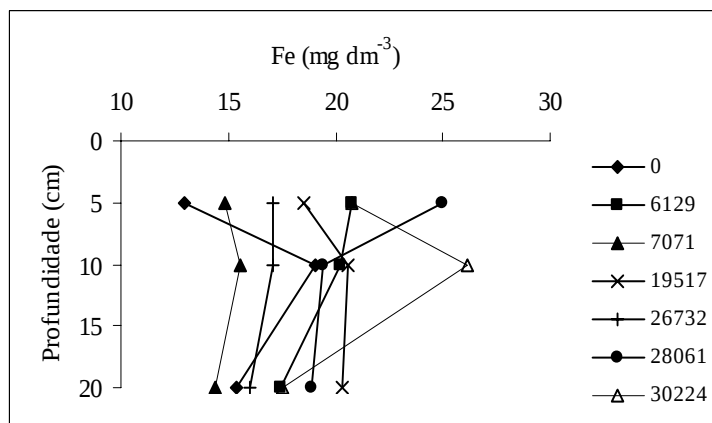


Figura 47. Efeito da quantidade de palhada de sorgo de guiné sobre os teores de ferro (Fe) do solo, em diferentes profundidades. Botucatu-SP, 2002.

nessa mesma camada, porém, em amostragem estratificada (Figura 47), o comportamento do elemento no perfil do solo. Constata-se que os tratamentos não alteraram os teores de forma a possibilitar alguma inferência.

6.3 Experimento com soja

A precipitação pluvial e as temperaturas (Figura 2), ocorridas durante a condução do experimento, foram favoráveis ao desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura da soja.

6.3.1. Diagnose foliar

No Quadro 21 estão os resultados da diagnose foliar da soja, referente aos macronutrientes, que exceção ao potássio, foram afetados pela época de semeadura.

Observa-se através da Figura 48a que a concentração de N aumentou com o incremento da quantidade de palhada de sorgo na superfície do solo, mostrando resposta quadrática. Constata-se que somente a partir de 6900 kg ha⁻¹ de palhada os teores atingiram níveis considerados adequados para a cultura (Ambrosano et al., 1997). Esse resultado pode ser atribuído a maior proteção do solo com o aumento da palhada na superfície, na qual diminuiu a oscilação e a ocorrência de altas temperaturas no solo, favorecendo a ocorrência de maior número e peso de nódulos por planta (Voss & Sidiras, 1985; Morote et al., 1990) e, conseqüentemente aumentou a atividade simbiótica e a fixação de N₂. Além disso, a presença da palhada na superfície do solo pode ter aumentado a capacidade de armazenamento de água da chuva, favorecendo a absorção de N pela planta de soja, uma vez que o contato íon-raiz se deste elemento se faz predominantemente por fluxo de massa.

Quadro 21. Diagnose foliar de macronutrientes da soja (R2), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

Palhada de sorgo de guiné (kg ha⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
0	35,85	2,28	16,85	14,38	5,83	2,28
6129	40,13	2,85	19,10	11,70	4,35	2,10
7071	39,73	2,95	21,85	13,23	4,00	1,93
19517	40,48	2,95	17,75	10,68	3,50	1,83
26732	40,10	2,83	19,75	11,28	3,63	1,93
28061	42,88	3,15	22,50	10,05	3,95	2,70
30224	40,60	2,90	18,90	10,48	4,15	3,25
Valor de F para Regressão						
R.L.	28,57**	69,58**	4,22 ns	67,85**	91,82**	2,51 ns
R.Q.	8,56**	52,06**	1,63 ns	6,46*	106,63**	5,05*
C.V. (%)	3,54	3,58	8,19	7,04	6,29	33,86

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

Quadro 22. Diagnose foliar de micronutrientes da soja (R2), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

Palhada de sorgo de guiné (kg ha⁻¹)	Cu	Zn	Mn	Fe	B
	mg kg ⁻¹				
0	9,0	33,5	77,0	220	38,3
6129	9,0	36,5	63,5	114	32,6
7071	6,0	36,5	53,0	103	39,3
19517	5,0	36,0	72,0	115	36,2
26732	2,5	32,0	66,5	74	35,9
28061	0,5	30,0	62,5	72	35,6
30224	< 0,1	33,0	62,5	67	45,4
Valor de F para Regressão					
R.L.	491,43**	11,20**	12,53**	63,98**	2,09 ns
R.Q.	10,13**	9,28**	33,63**	10,19**	5,90*
C.V. (%)	17,21	6,77	2,78	24,16	10,50

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

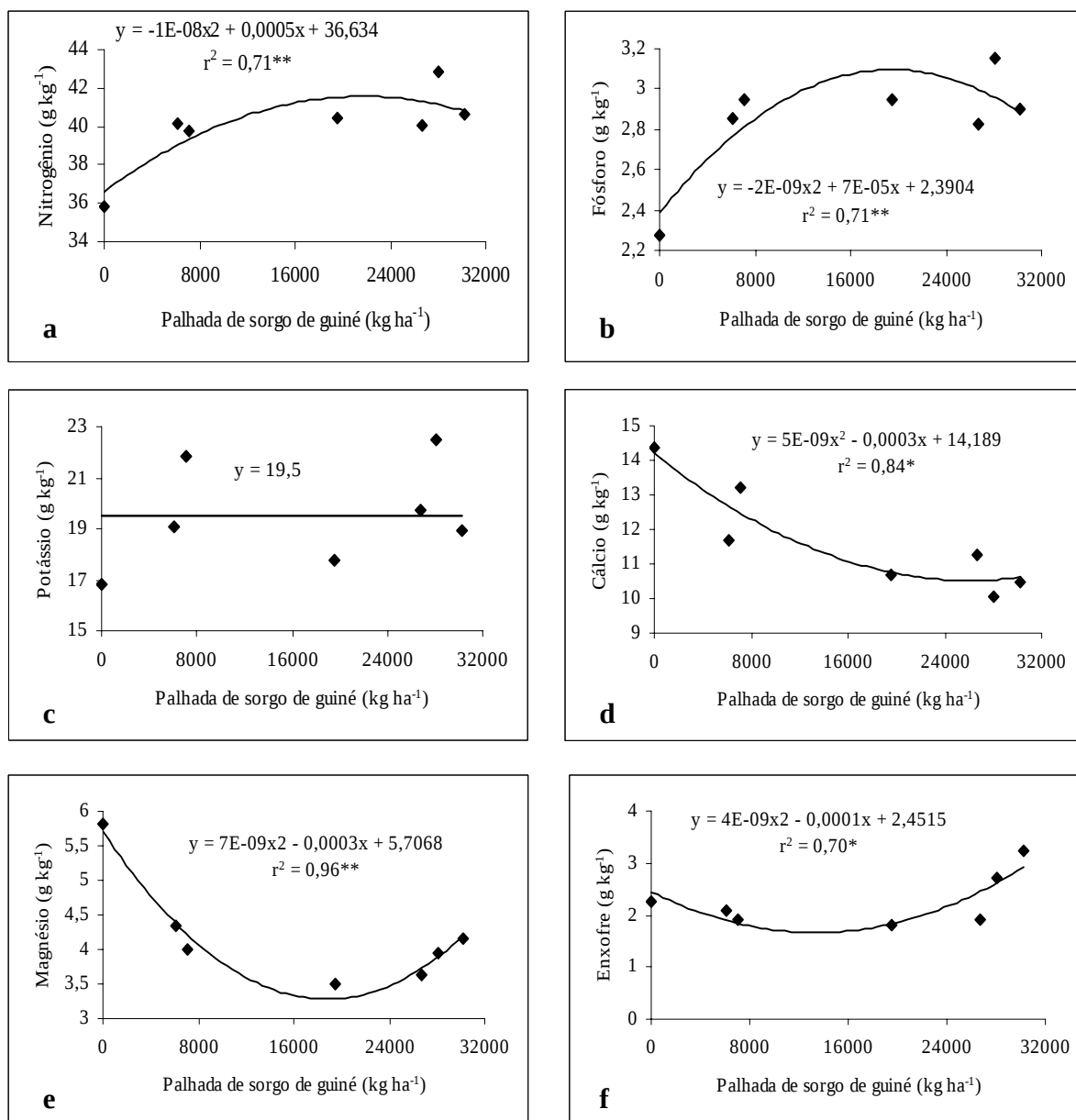


Figura 48. Diagnose foliar de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) da soja (R2), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

Para os teores de P (Figura 48b), verificou-se aumentos desses com o incremento da palhada na superfície do solo, ajustando-se a uma função quadrática. Constatou-se que somente a partir de 1500 kg ha^{-1} de palhada o teor de P nas folhas apresentou nível adequado (Ambrosano et al., 1997). Esse comportamento, pode ser, devido a maior disponibilidade de água no solo, na área com cobertura morta, na qual favoreceu maior taxa de difusão do fósforo até as raízes (Muzilli, 1983; Ruiz et al., 1990), com consequência no aumento de absorção. Além disso, vale ressaltar, que a cobertura do solo pode também ter favorecido na melhor micorrização das plantas de soja, nas áreas com cobertura morta, sendo que essas associações são altamente dependentes de temperatura e da água no solo (Fries & Aita, 1999).

Na Figura 48c estão os teores de K em função da quantidade de palhada de sorgo. Observa-se que os dados não se ajustaram a uma função matemática. No entanto, os teores encontraram-se na faixa adequada ($17 \text{ a } 25 \text{ g kg}^{-1}$) para a cultura da soja no Estado de São Paulo (Ambrosano et al., 1997). O K na planta, encontra-se na forma iônica (K^+) e não participa na constituição de compostos orgânicos estáveis. Desta forma, este nutriente pode ser facilmente extraído dos resíduos vegetais, tanto pela água da chuva como pela própria umidade do solo, o que está de acordo com este trabalho, onde mesmo com grande acúmulo de K na palhada de sorgo, o elemento foi rapidamente disponibilizado.

Com relação aos teores de Ca e Mg (Figuras 48d e 48e) verificou-se diminuição destes nutrientes com o incremento da palhada, obedecendo a uma função quadrática. Esse resultado pode ser explicado pela grande quantidade extraída de Ca e Mg do solo nas maiores produções de matéria seca, acarretando decréscimos na disponibilidade dos elementos, ou seja, grande parte destes nutrientes encontraram-se complexados na matéria

vegetal e temporariamente indisponíveis. Entretanto, os teores foliares obtidos encontraram-se na faixa adequada para o desenvolvimento da cultura (Ambrosano et al., 1997).

As concentrações de S nas folhas de soja aumentaram de forma quadrática ao incremento da palhada de sorgo de guiné (Figuras 48f), verificando o maior teor na presença de 30224 kg ha⁻¹.

No Quadro 22 encontram-se os resultados de micronutrientes na folha de soja que foram afetados pela palhada de sorgo de guiné.

Observa-se na Figura 49a que o teor foliar de cobre diminuiu com o incremento da palhada de sorgo, estando em todas as situações abaixo da faixa adequada (10 a 30 mg kg⁻¹) para o desenvolvimento ideal da soja (Ambrosano et al., 1997). Este resultado pode ser atribuído à forte ligação do elemento no solo com a matéria orgânica, sendo rapidamente adsorvido (Camargo et al., 2001) formando complexos insolúveis, o que torna indisponível para as plantas. No entanto, mesmo na ausência de palhada de sorgo o teor foliar encontra-se abaixo do adequado, o que pode estar relacionado com o pH elevado nesta área (Malavolta, 1980). Vale ressaltar, que na quantidade de 30224 kg ha⁻¹ de palhada de sorgo foi detectada baixíssima presença de cobre nas folhas de soja (< 0,1 mg kg⁻¹), apesar dos teores do elemento no solo (Figura 40) estarem acima do nível considerado alto (Raij et al., 1997). Esse resultado pode estar relacionado a ineficiência do extrator utilizado (DTPA) em discriminar a real quantidade disponível. Um outra explicação, e nesse caso não discriminando a eficiência do extrator utilizado, é quanto ao teor foliar de Cu que é considerado adequado para o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja, o que deverá ser revisto.

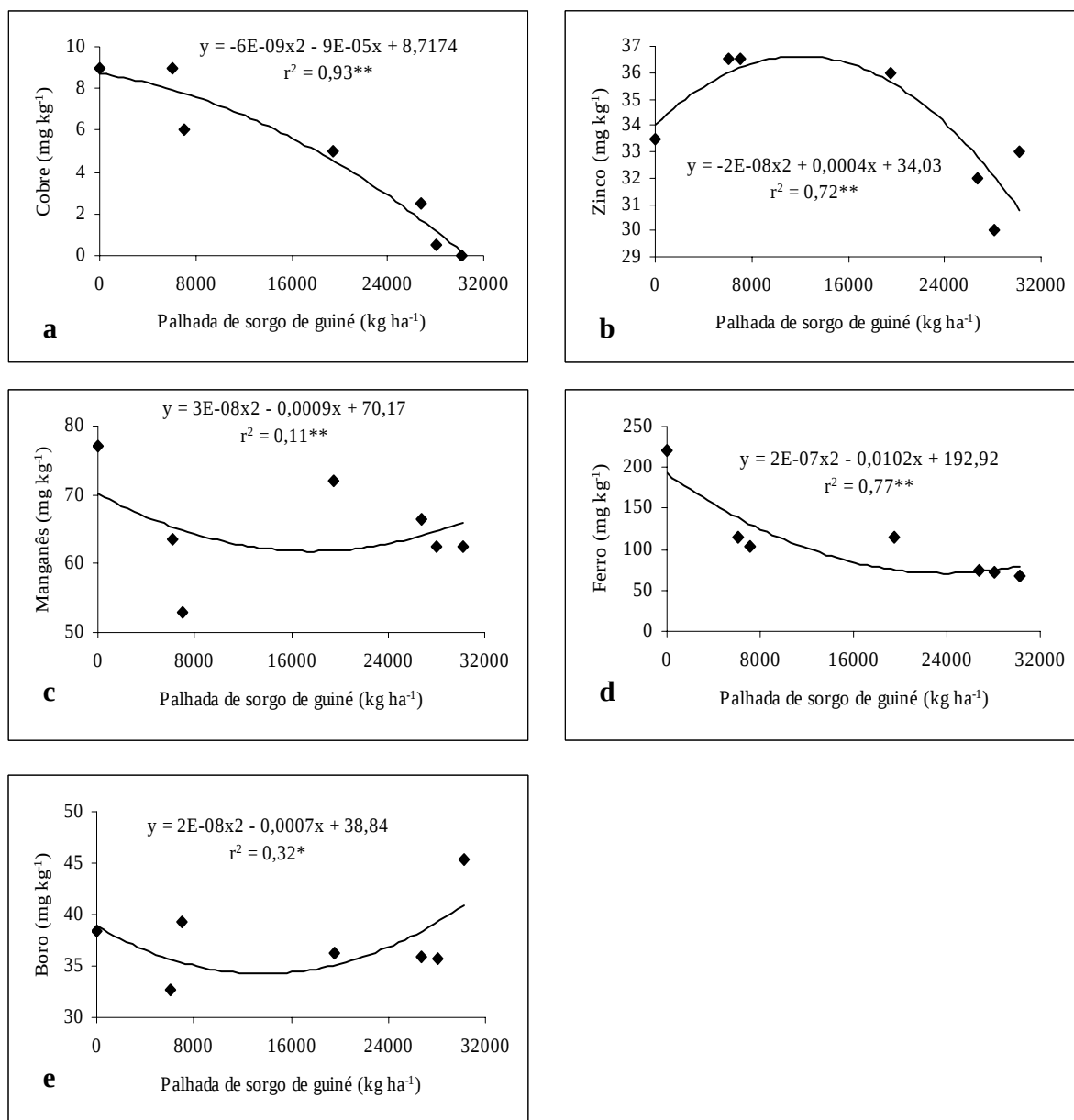


Figura 49. Diagnóse foliar de cobre (a), zinco (b), manganês (c), ferro (d) e boro (e) da soja (R2), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

Para o teor foliar de zinco (Figura 49b) verificou-se aumento até a quantidade de palhada de 10000 kg ha⁻¹ e a partir dessa houve redução. Esse comportamento pode ser atribuído, em parte, pela imobilização do elemento na estrutura da palhada do sorgo, uma vez que, nas maiores produções de matéria seca o processo de decomposição é mais lento, devido a maior relação C/N que proporciona menor disponibilidade do nutriente para as plantas. No entanto, vale ressaltar, que todos os teores encontraram-se no nível adequado (20 a 50 mg kg⁻¹) para a cultura da soja (Ambrosano et al., 1997).

Quanto ao teor foliar de manganês (Figura 49c), apesar do baixo coeficiente de determinação, verificou-se diminuição até a dose de 15000 kg ha⁻¹ de palhada, aumentando os teores a partir dessa. No entanto, a variação dos teores não seguiu um comportamento lógico que possibilite realizar maiores inferências. Apesar disso em todos os tratamentos os teores encontraram-se no nível adequado (20 a 100 mg kg⁻¹) para a cultura da soja (Ambrosano et al., 1997).

Com relação ao teor foliar de ferro (Figura 49d) constatou-se diminuição dos teores com o aumento da palhada, obedecendo a uma função quadrática. Esse comportamento pode estar associado a complexação deste elemento no solo pela matéria orgânica, diminuindo a disponibilidade para as plantas de soja. Entretanto, em todos os tratamentos os valores encontraram-se na faixa adequada (50 a 350 mg kg⁻¹) para a cultura da soja (Ambrosano et al., 1997).

Observa-se pela Figura 49e que os teores foliares de boro foram ajustados a uma função quadrática com o aumento da palhada de sorgo de guiné, sendo o maior valor obtido com a cobertura de 30224 kg ha⁻¹. Segundo Rosolem et al. (2001) solos com altos teores de matéria orgânica ou com alta porcentagem de argila podem fixar este

nutriente, diminuindo sua disponibilidade para a soja. No presente trabalho, apesar da grande quantidade de matéria vegetal na superfície do solo, os teores encontraram-se em nível adequado (21 a 55 mg kg⁻¹) para a cultura da soja (Ambrosano et al., 1997).

6.3.2 Características agronômicas da soja e produtividade

No Quadro 23 estão apresentados os dados de estande final, altura da inserção 1º vagem e altura da planta de soja, que foram afetados pela quantidade de palhada de sorgo. No entanto, observa-se ocorrência de maior estande final com o incremento de palhada na superfície do solo (Figura 50a). A maior proteção e retenção de água no solo, devido a camada de palha, pode ter contribuído positivamente na germinação das sementes, e principalmente, no estabelecimento das plântulas de soja, proporcionando maior estande final. Esses resultados corroboram com os de Morote et al. (1990) que observaram na presença de 6,6 t ha⁻¹ de palha de trigo, redução de perdas de água do solo e a manutenção da temperatura do solo em torno de 30°C nos primeiros dias após a implantação da soja, já no tratamento sem palha a temperatura alcançou 38°C a 5 cm de profundidade, prejudicando a germinação da soja.

Para a altura de inserção da primeira vagem (Figura 50b), verificou-se, apesar de significativo, uma pequena redução, da ordem de 3 cm, comparando o desenvolvimento na ausência e na maior quantidade de palha. Ao contrário, Santos et al. (1997), estudando os efeitos de sucessões de culturas em plantio direto, verificaram diminuição de altura da inserção da primeira vagem somente na soja cultivada após linho, no qual os autores atribuem tal comportamento a menor quantidade de palha obtida com esta espécie (1,2 t ha⁻¹), em comparação com aveia branca (7,4 t ha⁻¹) ou com cevada (2,4 t ha⁻¹).

Quadro 23. Altura de inserção da primeira vagem, altura de planta e estande final da soja, em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

Palhada de sorgo de guiné (kg ha ⁻¹)	Estande final	Altura da 1ª Vagem	Altura da planta
	Plantas ha ⁻¹	cm.....	
0	614809	20,7	93
6129	618513	20,9	98
7071	548143	22,5	108
19517	677771	19,8	99
26732	659253	15,6	104
28061	670364	17,0	95
30224	655549	20,8	91
Valor de F para Regressão			
R.L.	4,77*	5,47*	0,28 ns
R.Q.	0,01 ns	0,02 ns	6,15*
C.V. (%)	11,47	16,25	8,42

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

Quadro 24. Número total de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos, produtividade e teor de nitrogênio no grão da soja, em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

Palhada de sorgo de guiné (kg ha ⁻¹)	Número de vagens por planta	Número de grãos por vagem	Massa de 100 grãos	Produtividade	Teor de N no grão
			gramas		
				kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹
0	26,2	1,6	18,8	2940	54,4
6129	24,2	1,9	19,4	3623	53,3
7071	19,4	1,8	19,9	3774	55,8
19517	27,2	1,9	20,5	3311	58,0
26732	26,8	1,8	20,0	3583	54,8
28061	20,7	1,9	20,7	3556	51,7
30224	17,2	2,0	20,0	3595	63,6
Valor de F para Regressão					
R.L.	0,98 ns	0,99 ns	34,22**	7,04*	1,23 ns
R.Q.	0,83 ns	0,61 ns	14,93**	8,36*	0,14 ns
C.V. (%)	24,97	23,05	2,10	5,50	11,32

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

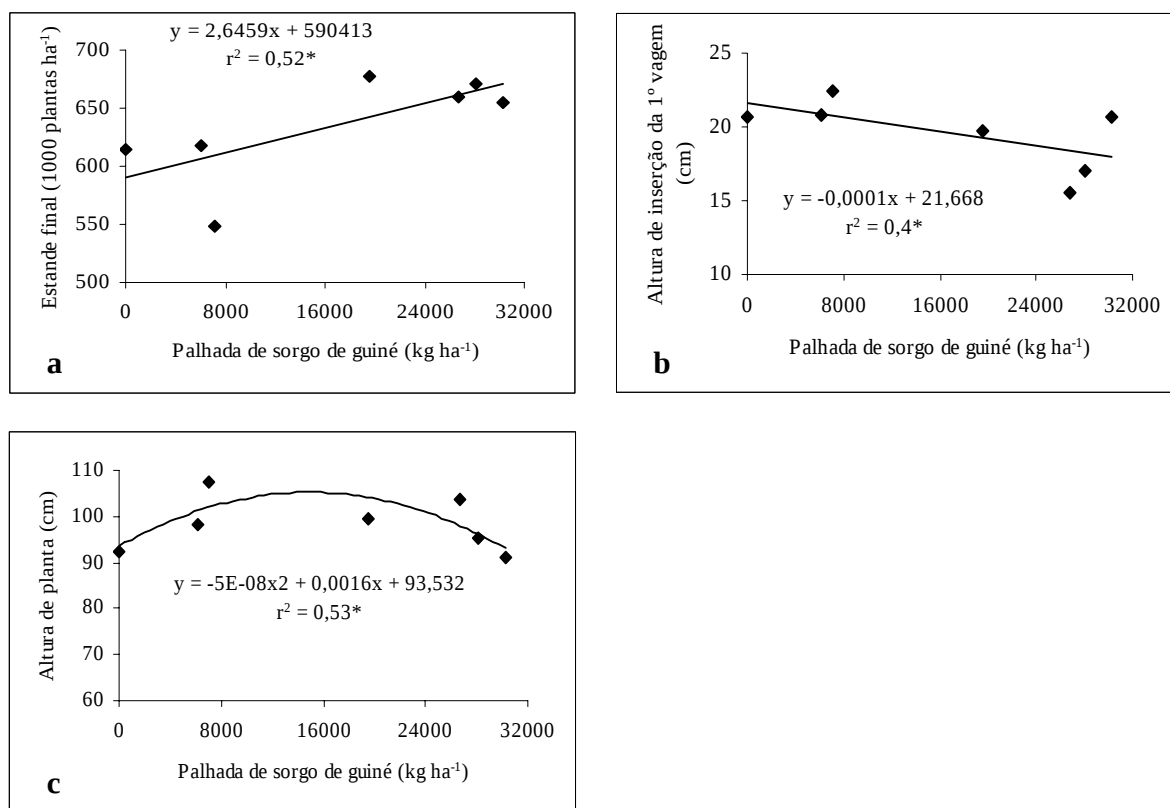


Figura 50. Estande final (a), altura de planta (b) e altura da inserção da primeira vagem (c), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

Quanto a altura de plantas (Figura 50c), verificou-se que esta variável respondeu de forma quadrática, apresentando o maior valor na presença de 16000 kg ha⁻¹ de palha. No entanto, em todos os tratamentos a altura foi superior 65 cm, bem como, a altura de inserção da 1ª vagem superior a 10 cm, o que possibilitaria colheita mecanizada da cultivar de soja Monsoy 6101, uma vez que os valores estavam acima dos padrões exigidos para tal operação (Bonetti, 1983).

No Quadro 25 constam os dados de número total de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade e teor de nitrogênio no grão

da soja. Verifica-se que houve efeito significativo da quantidade de palhada de sorgo de guiné somente para massa de 100 grãos e produtividade de grãos.

Através da Figura 51a e 51b observa-se que os dados de número total de vagens por planta e número de grãos por vagem da soja não se ajustaram a uma função matemática, mostrando que não houve uma relação entre essas variáveis e a quantidade de palhada. Esses resultados corroboram aos obtidos por Santos et al. (1991) e discordam aos de Santos & Reis (1994).

Com relação a massa de 100 grãos (Figura 51c) verifica-se que esta variável respondeu de forma quadrática, atingindo o maior valor ao redor de 19000 kg ha⁻¹. Pode-se atribuir tal resultado a melhor cobertura do solo nas áreas com maior quantidade de palhada, que provavelmente mantiveram maior teor de água no solo e, conseqüentemente, propiciaram melhor enchimento de grãos, fato que pode ser comprovado pelos relatos de Bergamin et al. (1999) que relataram que déficit hídrico em estágio avançado da planta de soja refletirá em menor tamanho de grãos.

Quanto a produtividade de grãos (Figura 51d) constatou-se incremento com a adição de palhada na superfície do solo, mesmo em condições de baixa saturação por bases e elevada acidez. Contudo, tem sido verificado produtividades elevadas de grãos no sistema de plantio direto em condições semelhantes a observada no presente trabalho (Caíres & Fonseca, 2000).

A explicação pode ser, mesmo com baixa saturação por bases e elevada acidez, os teores de Ca e Mg estavam em nível considerado de médio para alto. Dessa forma, na camada de 0-20 cm (densidade do solo de 1,40 kg dm⁻³), havia 244 kg ha⁻¹ de Ca e 113 kg ha⁻¹ de Mg, sendo suficiente para o adequado desenvolvimento da cultura da soja.

Apesar da palhada de sorgo ter proporcionado deficiência do teor de cobre nas plantas de soja, verificou-se que este não foi limitante à produção, uma vez que nas maiores quantidades de palhada a produtividade de grãos aumentou e a concentração de cobre diminuiu.

O aumento da produtividade de grãos em função da quantidade de palhada é atribuído a maior população de plantas, decorrente de maior germinação e emergência de plântulas, e da massa de 100 grãos, decorrente da maior disponibilidade hídrica durante o processo de enchimento das vagens. Resultados semelhantes foram observados por Sidiras et al. (1983) e Caíres & Fonseca, 2000.

Os teores de N no grão não ajustaram-se a função polinomial (Figura 51e), ficando na média com o teor de $55,9 \text{ g kg}^{-1}$. Os valores encontrados no presente trabalho corroboram os apresentados por Ambrosano et al. (1997).

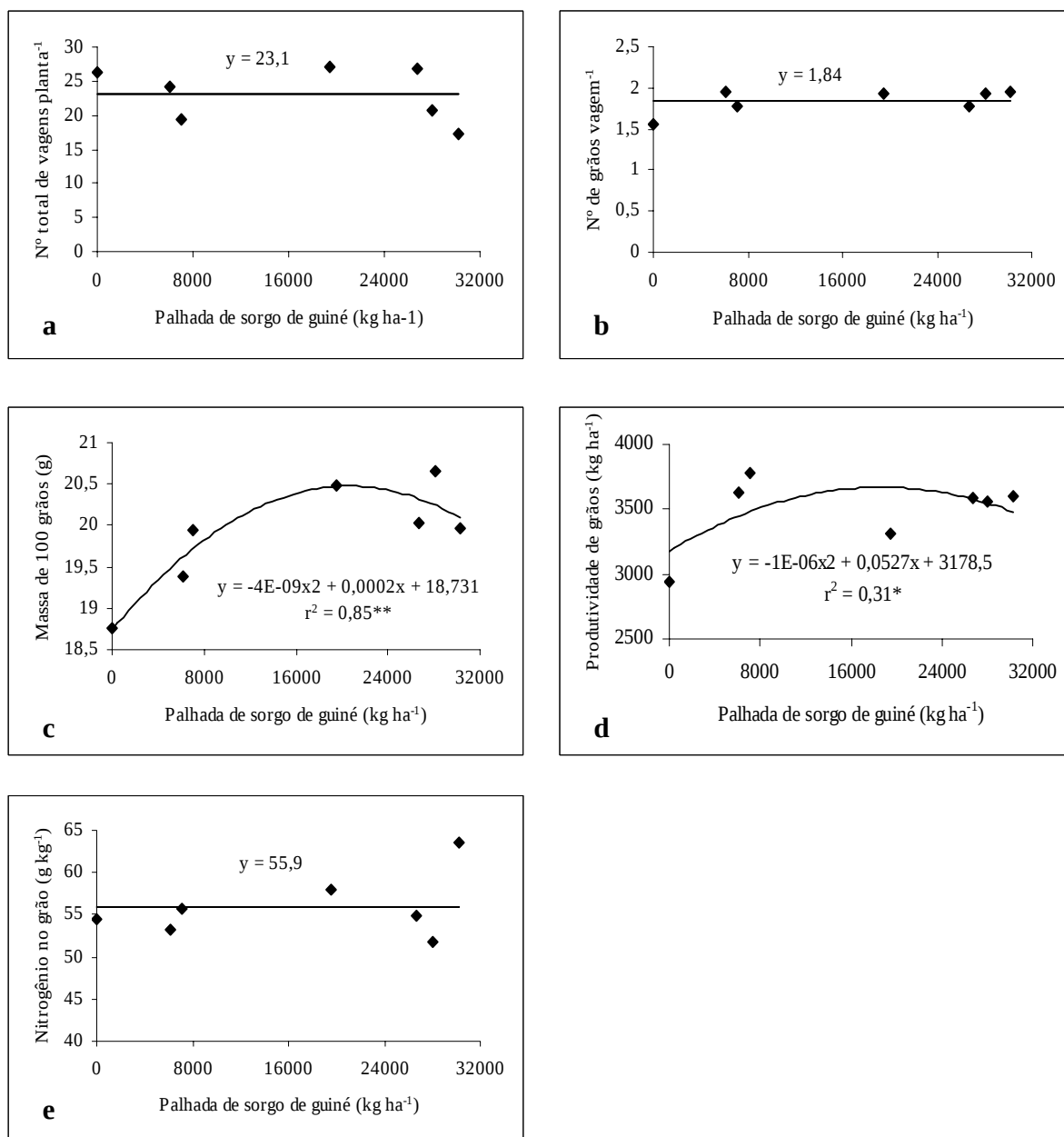


Figura 51. Número total de vagens por planta (a), número de grãos por vagem (b), massa de 100 grãos (c), produtividade da soja (d) e teor de nitrogênio no grão (e), em função da palhada de sorgo de guiné. Botucatu-SP, 2002.

7 CONCLUSÕES

O Sorgo de Guiné Gigante apresenta sensibilidade ao fotoperiodismo, dessa forma semeaduras tardias reduzem o desenvolvimento da planta, tendo como consequência menor produção de palhada, forragem e grãos.

O material estudado apresenta elevada capacidade de ciclagem de nutrientes, de produção de palhada e de forragem, chegando a 24 e 32 t ha⁻¹ de MS, respectivamente.

Semeaduras tardias apesar de menor produtividade proporcionam forragem de melhor características químico bromatológicas.

A colheita mecânica de grãos torna-se viável apenas em semeaduras tardias.

A baixa velocidade de decomposição da palhada de sorgo de guiné em função da elevada relação C/N acarretou redução nos valores de pH, Ca, Mg, SB, V%, Cu, Zn e Mn, e aumentou os valores de H⁺Al, M.O. e CTC, na camada de 0-20 cm, mesmo após 5 meses da deposição da cobertura vegetal na superfície do solo.

O aumento do acúmulo de nutrientes pela palhada do Sorgo de Guiné Gigante reduziu os teores foliares de Ca, Mg, Cu, Zn e Fe, e aumentou os de N e P na cultura da soja.

Em sistema de plantio direto a elevada produção da soja em condições de solo ácido, decorrente do aumento da quantidade de palhada, relaciona-se, à adequada absorção de nutrientes pela cultura em virtude da manutenção da umidade disponível no solo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

ABREU, C.A., FERREIRA, M.E., BORKERT, C.M. Disponibilidade e avaliação de elementos cationicos: zinco e cobre. In: FERREIRA, M.E. (ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq, Fapesp, Potafós, 2001. p.89-124.

ALAGARSWAMY, G., REDDY, D.M., SWAMINATHAN, G. Durations of the period-sensitive and insensitive phases of time to panicle initiation in sorghum. *Field Crops Research*, v. 55, n.1-2, p.1-10, 1998.

AMBROSANO, E.J. TANAKA, R.T MASCARENHAS, H.A.A., RAIJ, B.van., QUAGGIO, J.A., CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. *Bol.Téc.Inst.Agron.Campinas*, n.100, p.202-3, 1997.

* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agrônômicas. *Normas para a elaboração de dissertações e teses*. Botucatu, 1997, 35p.

- ASGHAR, M. & KANEHIRO, Y. Effects of sugar-cane trash and pine apple residue on soil pH, redox potential, extractable Al, Fe and MN. *Trop.Agric.Trinidad*, v.57, n.3, p.245-58, 1980.
- ASSIS, F.N., MENDEZ, M.E.G. Influência da época de semeadura sobre o desenvolvimento e rendimento de dois híbridos de sorgo granífero. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 10, 1981, Pelotas. *Anais...Pelotas*: Universidade Federal de Pelotas, 1981. p.28-31.
- AVELAR, B.C., MORAIS, A.R. Influência das épocas de plantio na cultura do sorgo granífero em solo de cerrado. *Pesq.Agropec.Bras.*, v.21, n.10, p.1055-65, 1986.
- AZEREDO, M.W.C., FONTES, L.A.N., CARDOSO, A.A. Influência de épocas de plantio e de níveis de adubação nitrogenada e fosfatada sobre a produção de grãos e algumas características do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Experientiae*, v.20, n.12, p.313-29, 1975.
- AZEREDO, M.W.C., FONTES, L.A.N., FILHO, J.A. Variação na composição protéica dos grãos de sorgo, em função da adubação nitrogenada e fosfatada e das épocas de plantio. *Rev.Ceres*, v.23, n.127, p.198-208, 1976.
- BAIRRÃO, J.F.M. Estudo do comportamento de espécies vegetais no verão para as condições edafoclimáticas do oeste do Paraná. In: RESULTADOS DE PESQUISA VERÃO

1987/88, 3, 1989, Cascavel. *Resumos...* Cascavel: Organização das Cooperativas do Estado do Paraná, 1989. p.219-20.

BAYER, C., MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Rev.Bras.Ciênc.Solo*, v.21, p.105-12, 1997.

BERGAMIN, M., CANCIAN, M.A.E., CASTRO, P.R.C. Soja. In: CASTRO, P.R.C., KLUGE, R.A. *Ecofisiologia de Cultivos Anuais*. São Paulo: Nobel, 1999. p.73-90.

BLEVINS, R. L.; GROVE, J. H.; KITBUR, B. K. Nutrition uptake of corn using moldboard plow or no-tillage soil management *Commun. Soil Sci. And Plant Anal*, v.17, p.401-17, 1986.

BLEVINS, R. L.; MURDOCK, L. W.; THOMAS, G. W. Effect of lime application on notillage and conversionally tilled corn. *Agronomy Journal*, v.70, p. 322-26, 1978.

BLEVINS, R.L., COOK, D. No-tillage; Its influence on soil moisture and soil temperature. *Ky. Agr. Exp. Sta. Progr. Rept.*, p.187, 1970.

BONETTI, L.P. Cultivares e seu melhoramento. In: VERNETTI, F.J. (Ed.). *Soja: genética e melhoramento*. Campinas: Fundação Cargil, p.741-94, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*.

Brasília Departamento Nacional de Produção Vegetal, Divisão de Sementes e Mudanças, 1992. 365p.

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. *Anais...*Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 1CD.

CAIRES, E.F., FONSECA, A.F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema plantio direto em função da calagem na superfície. *Bragantia*, v.59, n.2, p.213-20, 2000.

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*. 4^o ed. The Netherlands: Elsevier Science, 1989. p.173-265.

- CAMPO, R.J., WOOD, M. Residual effects of successive exposure of soybean *Bradyrhizobium* strains to aluminium on solid defined medium. *Pesq.Agropec.Bras.*, v.36, n.11, p.1399-1407, 2001.
- CANTARELLA, H., RAIJ, B.van., SAWAZAKI, E. Cereais: sorgo. *Bol.Téc.Inst.Agron.Campinas*, n.100, p.66-7, 1997.
- CARVALHO, W.A., ESPINDOLA, C.R., PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médici”. *Bol. Cient. Fac. Ciênc. Agron. UNESP (Botucatu)*, n.1, p.1-95, 1983.
- CASELA, C.R., BORGONOV, R.A., SHAFFERT, R.E., SANTOS, F.G. Cultivares de sorgo. *Informe Agropecuário*. v.12, n.144, p.40-3, 1986.
- 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*, v.51, n.1, p.77-84, 1992.
- CÓSER, A.C., MARASCHIN, G.E. Produção e qualidade da forragem de milheto comum e sorgo cv. Sordan NK sob pastejo. *Pesq.Agropec.Bras.*, v.16, n.3, p.397-403, 1981.

- COSTA, C., CRESTE, C.R., ARRIGONI, M.B., SILVEIRA, A.C., ROSA, G.J.M., BICUDO, S.J. Potencial para ensilagem, composição química e qualidade da silagem de milho com diferentes proporções de espigas. *Acta Scientiarum*, v.22, n.3, p.835-41, 2000.
- COSTA, N.L., AZEVEDO, D.M.P. Produção e composição química de cultivares de sorgo forrageiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20, 1994, Goiânia. *Resumos...Goiânia* : Associação Brasileira de Milho e Sorgo, Embrapa Milho e Sorgo, 1994. p.188.
- CHAVES, A.V. *Avaliação de cultivares de sorgo (Sorghum bicolor L.Moench) para produção de silagem*. Viçosa, 1997. 35p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Zootecnia)- Universidade Federal de Viçosa.
- CHIELLE, Z.G., CHIELLE, M.C.P., ROCCHI, C.E. Estudo de épocas de semeadura em sorgo granífero. In: REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO, 16, 1987, Pelotas. *Anais...Universidade Federal de Pelotas*, 1987. p.263-66.
- DE MARIA, I.C., CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.17, p.471-77, 1993.
- DEMARCHI, J.J.A.A., BOIN, C., BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para a produção de silagens de alta qualidade. *Zootecnia*, v.33, n.3, p.111-36, 1995.

- DIAS, A.M.A., BATISTA, A.M.V., FERREIRA, M.A., LIRA, M.A., SAMPAIO, I.B.M. Efeito de estágio vegetativo do sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays*). *Rev.Bras.Zootec.*, v.30, p.2086-92, 2001.
- DOGGETT, H. Sorghum. In: SIMMONDS, N.W. (ed.). *Evolution of crop plants*. New York: London, 1976. p.112-17.
- DUBOIS, M., GILLES, K.A., HAMILTON, J.K., REDERS, P.A., SMITH, F. Calorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytic chemistry*, n.28, p.350-56, 1956.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, 1999. 412p.
- EVANGELISTA, A.R., LIMA, J.A. Silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). In: __. *Silagens: do cultivo ao silo*. Lavras: UFLA, 2000. p.24-34.
- FARIA, V.P., CORSI, M. Técnicas para a produção de silagem. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. *Volumosos para bovinos*. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.211-26.

- FEHR, W.R., CAVINES, C.E., BURMOOD, D.T., PENNINGTON, J.S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Sci.*, v.11, p.929-31, 1971.
- 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...*Cruz Alta: Revista Plantio Direto, 1999. p.39-55.
- FLARESSO, J.F., GROSS, C.D., ALMEIDA, E.X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no alto vale do Itajaí, Santa Catarina. *Rev.Bras.Zootec.*,v.26, n.6, p.1608-15, 2000.
- FONTES, L.A.N., MOURA FILHO, W. Calagem e adubação. *Informe Agropecuário*. v.5, n.56, p.17-9, 1979.
- FRANCHINI, J.C., MALAVOLTA, E., MIYAZAWA, M., PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.23, p.533-42, 1999.
- FRIES, M.R., AITA, C. Aspectos basicos sobre a importancia dos microorganismos em plantio direto. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1999, Cruz Alta. *Resumos de palestras...*Cruz Alta: Revista Plantio Direto, 1999. p.90-110.

- GIOMO, G.S. Implantação da cultura do sorgo granífero. In: BRINHOLI, O. *Cultura do Sorgo Granífero*. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, 1996. p.70-109.
- GORZ, H.J., HASKINS, F.A. Performance of blends of short, medium, and tall sorghum for forage. *Crop Sci.*, v.22, n.2, 1982.
- GUIDELI, C., FAVORETTO, V., MALHEIROS, E.B. Produção e qualidade do milho semeado em duas épocas e adubado com nitrogênio. *Pesq.Agropec.Bras.*, v.35, n.10, p.2093-98, 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...*Cruz Alta: Revista Plantio Direto, 1999. p. 19-31.
- HARLAN, J.R., DE WET, J.M.J. A simplified classification of cultivated sorghum. *Crop Sci.*, v.12, p.172-76, 1972.
- HECKLER, J.C. Sorgo e girassol no outono-inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, v.32, n.3, p.517-20, 2002.
- 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*. 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. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 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.Sci.Soc.Am.J.*, v.50, p.28-34, 1986.
- HUE, N.V.; AMIEN, I. Aluminium detoxification with green manures. *Commun.In.Soil.Sci. Plant.Anal.*, v.20, n.15&16, p.1499-1511, 1989.
- 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 & Till.Resea.* v.15, p.371-82, 1990.
- LIMA, E.V., CRUSCIOL, C.A.C., LIMA, P.L., ROSOLEM, C.A. Produção de matéria seca, teores de macronutrientes em plantas de sorgo, milheto e painço na implantação do sistema de plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000, Uberlândia. *Anais...*Uberlândia: EMBRAPA, Associação brasileira de milho e sorgo, 2000. (editado em CD-ROM).
- LOMBARDI NETO, F., DRUGOWICH, M.I. *Manual técnico de manejo e conservação de solo e água*. Campinas:CATI, 1994. v.2, 168p.
- MACHADO, J.R., NAKAGAWA, J., ROSOLEM, C.A., BRINHOLI, O. Épocas de semeadura de sorgo sacarino. *Pesq.Agropec.Bras.*, v. 22, n.9/10, p.951-58, 1987.

MAGALHÃES, P.C., DURÃES, F.O.M., PAIVA, E., ALBUQUERQUE, P.E.P. Recuperação da cultura do sorgo após um período de déficit hídrico. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20, 1994, Goiânia. *Resumos...*Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, Embrapa Milho e Sorgo, 1994. p.188.

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. 251p.

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

MASCARENHAS, H.A.A., BATAGLIA, O.C., QUAGGIO, J.A., GALLO, P.B. Zinco nas folhas de soja em função da calagem. *Bragantia*, v.47, n.1, p.137-42, 1988.

MASCARENHAS, H.A.A., TANAKA, R.T. Leguminosas e oleaginosas: soja. *Bol.Téc.Inst.Agron.Campinas*, n.100, p.202-3, 1996.

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

- MEZZENA, A.G., BELOTTO, E.E., SCALÉA, M. Sorgo, uma alternativa de menor custo e melhor resultado na produção de carne. *Pecuária de Corte*, n.101, p.36-44, 2000.
- MIYAZAWA, M., PAVAN, M.A., CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.17, p.411-16, 1993.
- MONTEIRO, J.A., MONTEIRO, C.P. Análise econômica da ensilagem de sorgo. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manejo cultural do sorgo para forragem*. Sete Lagoas, 1997. p.57-66 (Circular Técnica, 17)
- MONSANTO. Cultivares de soja. [on line]. 2002. Disponível: http://www.monsanto.com.br/agricultura/semente/soja/monsoy/portfolio/temsoy6101_s.htm. [capturado em Novembro 2002].
- MOROTE, C.G.B., VIDOR, C., MENDES, N.G. Alterações na temperatura do solo pela cobertura morta e irrigação. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.14, 81-4, 1990.
- MOROTE, C.G.B., VIDOR, C., MENDES, N.G., PEREIRA, J.S. Melhoria da nodulação da soja pela cobertura do solo e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.14, 143-50, 1990.
- MUCHOVEJ, R.M.C., BORGES, A.C., NOVAIS, R.F. Mineral nutrient composition of soybean grow in acid soil as affected by rate and Ca:Mg ratio of the liming material. *Rev.Ceres*, v.40, n.228, p.162-175, 1993.

- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.7, p.95-102, 1983.
- NAKAGAWA, J., MARCONDES, D.A.S., MACHADO, J.R., BRINHOLI, O. Estudo de épocas de semeadura de híbridos de sorgo granífero e de milho no município de São Manuel, SP. *An.Esc.Sup.Agric-Luiz de Queiroz - Univ.São Paulo.* v.11, p.767-73, 1978.
- NASCIMENTO, V.M., NEPTUNE, A.M.L., ZANINI, J.R., SARUGE, J.R. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em latossolo roxo. *Científica*, v.16, n.1, p.21-8, 1988.
- NEUMANN, M. RESTLE, J., FILHO, D.C.A., BERNARDES, R.A.C., ARBOITE, M.Z., CERDÓTES, L., PEIXOTO, L.A.O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. *Rev.Bras.Zootec*, v. 31, n. 1, p.302-12, 2002a.
- NEUMANN, M., RESTLE, J., FILHO, D.C.A., BRONDANI, I.L., PELLEGRINI, L.G., FREITAS, A.K. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.).*Rev.Bras.Zootec.*, v.31, n.1, p.293-301, 2002b.
- NOVAIS, R.F., NEVES, J.C.L., BARROS, N.F., SEDYIAMA, T. Deficiência de manganês em plantas de soja cultivadas em solos de cerrado. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.13, p.199-204, 1989.

- NUSSIO, L.G. Milho e sorgo para produção de silagem. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. *Volumosos para bovinos*. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.75-178.
- OLIVEIRA, T.K., CARVALHO, G.J., MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesq.Agropec.Bras.*, v.37, n.8, p.1079-87, 2002.
- PACE, L., FOLONI, J.S.S., TIRITAN, C.S., ROSOLEM, C.A. Desenvolvimento radicular e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão submetidos à compactação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. *Resumos expandidos...* Brasília: CPAC/EMBRAPA, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1999. (editado em CD-ROM).
- PAUL, C.L. Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo del sorgo. In: PAUL, C.L. *Agronomia del sorgo*. Patancheru: ICRISAT, 1990. p.43-68.
- PAVAN, M. A.; MIYASAWA, M. Mobilização de calcário no solo através de resíduo de aveia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 18. Londrina,PR, 1998. *Palestras....* Londrina: IAPAR, 1998. p 72-79.
- PEREIRA, J.A.R. *Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (Glycine Max (L.) Merrill) no cerrado*. Botucatu, 1990. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

- PESCE, D.M.C., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S., RODRIGUEZ, N.M., BORGES, I. Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de portes médio e alto, pertencentes ao ensaio nacional. *Rev.Bras.Zootec.*, v.29, n.4, p.978-87, 2000.
- PITTA, G.V.E., FRANÇA, G.E., COELHO, A.M. Calagem e adubação do sorgo forrageiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manejo cultural do sorgo para forragem*. Sete Lagoas, 1997. p.31-6 (Circular Técnica, 17)
- RAIJ, B.van., ANDRADE, J.C., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, *Instituto Agrônômico*, 2001. 285p.
- RAIJ, B.van., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. *Bol.Téc.Inst.Agron.Campinas*, n.100, 1997. 285p.
- RHEINHEIMER, D.S., KAMINSKI, J., LUPATINI, G.C., SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.22, p.713-21, 1998.
- RITCHIE, G.S.P., DOLLING, P.J. The role of organic matter in soil acidification. *Aust.Jour.Soil.Res.*, v.23, p.569-76, 1985.

- ROSOLEM, C.A, MALAVOLTA, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes pelo sorgo sacarino. *An.Esc.Sup.Agric-Luiz de Queiroz - Univ.São Paulo*. v.38, p.223-41, 1981.
- 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.319-54.
- RUIZ, H.A., FERNANDES, B., NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H. Teor, acúmulo e distribuição de fósforo em plantas de soja em relação ao conteúdo de água do solo. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.14, p.181-85, 1990.
- 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.821-24, 1982.
- SANTOS, H.P., LHAMBY, J.C.B., SANDINI, I. Efeitos de culturas de inverno e de sistema de rotação de culturas sobre algumas características da soja. *Pesq.Agrop.Bras.*, v.32, n.11, p.1141-46, 1997.
- 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. *Rev.Bras.Ciênc.Solo*, 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. *Rev.Bras.Ciênc.Solo*, 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*. Piracicaba: 1997. 72p. Tese (Doutorado em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- SANZONOWICZ, C., SMYTH, T.J. Effect of hydrogen on soybean root growth in a subsurface solution. *Pesq.Agropec.Bras.*, v.30, n.2, p.255-61, 1995.
- SEIFFERT, N.F., PRATES, E.R. Forrageiras para silagem. II Valor nutritivo e qualidade de silagem de cultivares de milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum* sp) e milheto (*Pennisetum americanum*, schum). *Rev.Soc.Bras.Zootec.*, v.7, n.2, p.183-195, 1978.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo de solo no seu nível de fertilidade. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.9, p.249-54, 1985.
- SIDIRAS, N., DERPSCH, R., MONDARDO, A. Influencia de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento de soja, em latossolo roxo distrofico (oxisol). *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.7, p.103-06, 1983.

SILVA, D.J. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Universidade Federal de Viçosa: UFV, 2º ed., 1990, 165p.

SILVA, J.F.C., OBEID, J.A., FERNANDES, W., GARCIA, R. Idade de corte do sorgo Santa Eliza (*Sorghum vulgare*, Pers), para silagem. I. Produção e característica das silagens. *Rev. Soc.Bras.Zootec.*, v.19, n.2, p.98-105, 1990.

SILVEIRA, C.A.M., SAIBRO, J.C., MARKUS, R. Efeito do nitrogênio e regimes de corte sobre o rendimento e qualidade de milheto e sorgos forrageiros, sob condições de déficit hídrico. *Rev.Soc.Bras.Zootec.*, Viçosa, v.13, n.2, p.141-52, 1984.

SNOWDEN, J.D. *The cultivated races of sorghum*. London: Adlard and Son, 1936. 274p.

SOUZA, E.C.A., COUTINHO, E.L.M., TEDRUS, P.F.A.S., BANZATTO, D.A. Efeitos da adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench), avaliados pela diagnose foliar, produção de colmos e etanol. *Científica*, v.15, n.1/2, p.137-46, 1987.

TANAKA, R.T., MASCARENHAS, H.A.A., BORKERT, C.M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N.E., SOUZA, P.I.M. (Ed.). *Cultura da soja nos cerrados*. Piracicaba: Potafos, 1993. p.105-35.

- TEDESCO, M.J., VOLKWEISS, S.J., BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros matérias, *Bol.Téc.UFRGS.*, n.5, 1985. 188p.
- TEIXEIRA, C.G., JARDINE, J.G., NICOLELLA, G., ZARONI, M.H. Influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino. *Pesq.Agropec.Bras.*, v.34, n.9, p.1601-06, 1999.
- TESTA, V.M., TEIXEIRA, L.A.J., MIELNICZUK, J. Características químicas de um podzólico vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.16, p.107-14, 1992.
- TOSI, H. *Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos*. Botucatu, SP, 1973. 107p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.
- VALENTE, J.O. Introdução. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manejo cultural do sorgo para forragem*. Sete Lagoas, 1997. p.5-7 (Circular Técnica, 17).
- VALENTE, J.O., SILVA, J.F.C., GOMIDE, J.A. Estudo de duas variedades de milho (*Zea mays* L.) e de quatro variedades de sorgo, para silagem.1.Produção e composição do material ensilado e das silagens. *Rev.Soc.Bras.Zoot.*, v.13, n.1, 1984.

- 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. *Pesq.Agropec.Bras.*, v.36, n.12, p.1539-45, 2001.
- VANDERLIP, R.L., REEVES, H.E. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench). *Agronomy Journal*, v.64, p.13-6, 1972.
- VASCONCELOS, C.A., CAMPOLINA, D.C.A., SANTOS, F.G., EXEL PITTA, G.V., MARRIEL, I.E. Resposta da soja e da biomassa de carbono no solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. *Rev.Bras.Ciênc.Solo.*, v.23, p.69-77, 1999.
- VASCONCELLOS, C.A, MARRIEL, I.E., SANTOS, F.G., MAGALHÃES, P.C., OLIVEIRA, C.A. Resíduos de sorgo e a mineralização do nitrogênio em latossolo vermelho fase cerrado. *Sci.Agr.*, v.58, n.2, p.373-79, 2001.
- VIEIRA, R.E. Estudo de cultivares de sorgo em duas épocas de semeadura. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 13, 1984, Pelotas. *Anais...*Universidade Federal de Pelotas, 1984. p.233-41.
- VOSS, M., SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. *Pesq.Agropec.Bras.*, v.20, n.7, p.775-82, 1985.

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. *Anais...* Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 1CD.

ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manejo cultural do sorgo para forragem*. Sete Lagoas, 1997. p.9-26 (Circular Técnica, 17)

ZIGLIO, C.M.; MIYAZAWA, M. & PAVAN. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, v.42, p.257-62, 1999.