

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

**VIABILIDADE DA NABIÇA (*Raphanus raphanistrum* L.) COMO
PLANTA DE COBERTURA PARA A CULTURA DO MILHO EM
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO**

CASSIO ROBERTO PIFFER

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

BOTUCATU - SP
Maio - 2008

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

**VIABILIDADE DA NABIÇA (*Raphanus raphanistrum* L.) COMO
PLANTA DE COBERTURA PARA A CULTURA DO MILHO EM
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO**

CASSIO ROBERTO PIFFER

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez

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

BOTUCATU - SP
Maio - 2008

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

Piffer, Cassio Roberto, 1977-
P627v Viabilidade da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como planta de cobertura para a cultura do milho em diferentes sistemas de manejo do solo / Cassio Roberto Piffer. - Botucatu : [s.n.], 2008.
xvi, 174 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Sérgio Hugo Benez
Inclui bibliografia.

1. Solos - Preparo. 2. Milho. 3. Solos - Manejo. 4. Cultivos de cobertura. I. Benez, Sérgio Hugo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

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

TÍTULO: "VIABILIDADE DA NABIÇA (*Raphanus raphanistrum* L.) COMO
PLANTA DE COBERTURA PARA CULTURA DO MILHO EM
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO"

ALUNO: CASSIO ROBERTO PIFFER

ORIENTADOR: PROF. DR. SERGIO HUGO BENEZ

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. SERGIO HUGO BENEZ



PROF. DR. SÍLVIO JOSÉ BICUDO



PROF. DR. LUIZ MALCOLN MANO DE MELLO



PROF. DR. ELCIO HIROYOSHI YANO



PROF. DR. ANTONIO RENAN BERCHOL DA SILVA

Data da Realização: 20 de maio de 2008.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, pelas oportunidades e por sua eterna proteção.

À Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu, ao Departamento de Engenharia Rural e a Coordenação do Curso de Pós Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Energia na Agricultura, pela oportunidade de realizar o curso.

Aos meus pais Carlos e Maria Isabel, minha irmã Renata, minha esposa Juliana e minha filha Larissa pelo amor, incentivo e contribuição nesta tese.

Ao Professor Doutor Sérgio Hugo Benez, pela amizade, orientação, dedicação, profissionalismo e valiosos ensinamentos.

Aos Professores Doutores Antonio Renan Berchol da Silva, Elcio Hiroyoshi Yano, Luiz Malcolm Mano de Mello e Silvio José Bicudo constituintes da banca examinadora.

Ao Professor Doutor Carlos Roberto Padovani, pela atenção e auxílio nas análises estatísticas.

Aos Professores Doutores Carlos Antonio Gamero, Hélio Grassi Filho e Zacarias Xavier de Barros, pela ajuda e apoio que, de diferentes formas, tornaram possível realizar este trabalho.

Ao meu amigo, Erick Vinícius Bertolini pela amizade, disposição e participação neste trabalho.

Aos colegas do grupo de plantio direto André Satoshi Seki, Denise Mahl, Jairo da Costa Fernandes, José Guilherme Lança Rodrigues, Miriam Corrêa dos Santos e Paulo Roberto Arbex Silva.

Aos técnicos do Departamento de Engenharia Rural/FCA Mauri Torres da Silva e Gilberto Winckler e aos funcionários Pedro Alves e Silvio Scolastici pela cooperação e empenho na realização deste projeto.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Lageado da FCA, em especial aos técnicos agrícolas Mário de Oliveira Munhoz e Marcos José Gonçalves, aos operadores de máquinas agrícolas Acácio Tavares, Aparecido Bessa Pavan, Manoel Lopes dos Santos e Milton Prudente, pela grande cooperação nos trabalhos de campo.

Aos funcionários da Biblioteca Professor Paulo de Carvalho Mattos e da Seção de Pós-Graduação pela gentileza e disposição ao longo da realização deste trabalho.

As secretárias do Departamento de Engenharia Rural da FCA, Rosângela Cristina Morece, Rita de Cássia Miranda Araújo e Antonia de Fátima Oliveira, sempre tão solícitas.

À CNPq pelo apoio financeiro, sendo de grande valia para conclusão deste trabalho.

À todos que de alguma maneira colaboraram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO	01
2 SUMMARY.....	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	07
4.1 Cobertura vegetal	07
4.1.1 Nabo forrageiro.....	10
4.1.2 Nabiça.....	12
4.2 Relação carbono/nitrogênio em plantas de cobertura vegetal.....	14
4.3 Sistema radicular das plantas de cobertura e a compactação do solo	18
4.4 Manejo das plantas de cobertura vegetal	21
4.5 Preparo do solo..	24
4.5.1 Preparo convencional	28
4.5.2 Cultivo mínimo.....	30
4.5.3 Plantio direto	32
4.6 Influência do preparo do solo e da cobertura vegetal na cultura de milho	35
4.7 Demanda energética no preparo do solo	39
4.8 Demanda energética na operação de semeadura.....	41
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
5.1 Material	45
5.1.1 Localização e histórico da área experimental.....	45
5.1.2 Caracterização do solo.....	46
5.1.3 Dados referentes ao clima	47
5.1.4 Insumos agrícolas	50
5.1.4.1 Sementes	50
5.1.4.2 Corretivos e fertilizantes	51
5.1.4.3 Defensivos agrícolas	51
5.1.5 Máquinas e equipamentos agrícolas.....	52
5.1.5.1 Tratores	52
5.1.5.2 Equipamentos.....	52

5.1.6 Materiais e equipamentos utilizados para coleta de amostras e avaliações do solo	55
5.1.6.1 Fertilidade e granulometria do solo	55
5.1.6.2 Densidade do solo	55
5.1.6.3 Densidade das partículas	55
5.1.6.4 Resistência mecânica do solo à penetração	55
5.1.6.5 Ensaio de Proctor	56
5.1.6.6 Teor de água do solo	56
5.1.6.7 Profundidade de trabalho, área de solo mobilizada, área de solo elevada e empolamento do solo	56
5.1.6.8 Área de solo mobilizada na linha de semeadura	56
5.1.7 Materiais e equipamentos utilizados para determinação da demanda energética	57
5.1.7.1 Sistema de aquisição de dados	57
5.1.7.2 Força na barra de tração	57
5.1.7.3 Consumo de combustível por área	57
5.1.8 Massa seca da cobertura vegetal	57
5.1.9 Porcentagem de cobertura vegetal do solo	58
5.1.10 Materiais e equipamentos utilizados para determinação dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento das culturas de nabo forrageiro e nabiça ...	58
5.1.10.1 Profundidade de deposição de sementes	58
5.1.10.2 Populações inicial e final	58
5.1.10.3 Altura das plantas	58
5.1.10.4 Amostragem de folhas para diagnose foliar e de plantas para relação carbono/nitrogênio	58
5.1.10.5 Sistema radicular	59
5.1.10.6 Comprimento das síliquas	59
5.1.10.7 Massa seca da parte aérea	59
5.1.10.8 Teor de óleo contido no grão	59
5.1.10.9 Massa de mil grãos e produtividade	59

5.1.11 Materiais e equipamentos utilizados para determinação dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento da cultura de milho	60
5.1.11.1 Profundidade de deposição de sementes.....	60
5.1.11.2 Populações inicial e final	60
5.1.11.3 Altura das plantas e de inserção da primeira espiga	60
5.1.11.4 Diâmetro dos colmos e das espigas	60
5.1.11.5 Comprimento das espigas	60
5.1.11.6 Massa seca da parte aérea	61
5.1.11.7 Massa de mil grãos e produtividade.....	61
5.2 Métodos.....	61
5.2.1 Delineamento experimental.....	61
5.2.2 Descrição dos tratamentos.....	62
5.2.3 Instalação e condução do experimento.....	65
5.2.4 Avaliações referentes aos parâmetros do solo.....	69
5.2.4.1 Fertilidade do solo.....	69
5.2.4.2 Análise granulométrica do solo	69
5.2.4.3 Densidade do solo	69
5.2.4.4 Densidade das partículas.....	70
5.2.4.5 Resistência mecânica do solo à penetração	70
5.2.4.6 Ensaio de Proctor	70
5.2.4.7 Teor de água no solo.....	71
5.2.4.8 Profundidade de trabalho, área de solo mobilizada, área de solo elevada e empolamento do solo	72
5.2.4.9 Área de solo mobilizada na linha de semeadura.....	75
5.2.5 Avaliações referentes aos parâmetros de demanda energética.....	75
5.2.5.1 Força na barra de tração.....	75
5.2.5.2 Velocidade de deslocamento.....	76
5.2.5.3 Potência na barra de tração	76
5.2.5.4 Capacidade de campo efetiva.....	77
5.2.5.5 Tempo efetivo demandado.....	77
5.2.5.6 Uso específico de energia por área	78

5.2.5.7 Consumo de combustível por área.....	78
5.2.6 Massa seca da cobertura vegetal	79
5.2.7 Porcentagem da cobertura vegetal do solo	79
5.2.8 Avaliações referentes aos parâmetros de crescimento e desenvolvimento das culturas de nabo forrageiro e nabiça.....	79
5.2.8.1 Profundidade de deposição de sementes.....	79
5.2.8.2 Populações inicial e final	80
5.2.8.3 Amostragem de folhas para diagnose foliar e de plantas para relação carbono/nitrogênio.....	80
5.2.8.4 Sistema radicular.....	80
5.2.8.5 Altura das plantas.....	81
5.2.8.6 Número de síliquas e síliquas chochas por plantas.....	81
5.2.8.7 Comprimento das síliquas.....	82
5.2.8.8 Número de grãos por síliqua	82
5.2.8.9 Massa seca da parte aérea	82
5.2.8.10 Massa de mil grãos.....	82
5.2.8.11 Teor e produtividade de óleo	82
5.2.8.12 Produtividade de grãos.....	83
5.2.9 Avaliações referentes aos parâmetros de crescimento e desenvolvimento da cultura de milho	83
5.2.9.1 Profundidade de deposição de sementes.....	83
5.2.9.2 Populações inicial e final	84
5.2.9.3 Altura das plantas	84
5.2.9.4 Altura da inserção da primeira espiga.....	84
5.2.9.5 Diâmetro dos colmos	84
5.2.9.6 Índice de espiga.....	84
5.2.9.7 Comprimento e diâmetro das espigas	85
5.2.9.8 Número de fileiras e grãos por espiga.....	85
5.2.9.9 Plantas quebradas e acamadas	85
5.2.9.10 Massa seca da parte aérea	85
5.2.9.11 Índice de colheita	85

5.2.9.12 Massa de mil grãos.....	86
5.2.9.13 Produtividade de grãos.....	86
5.2.10 Análise estatística	86
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
6.1 Avaliações referentes aos parâmetros do solo	87
6.1.1 Densidade do solo	87
6.1.2 Resistência mecânica do solo à penetração	89
6.1.3 Profundidade de trabalho, área de solo mobilizada, área de solo elevada e empolamento do solo	93
6.1.4 Área de solo mobilizada na linha de semeadura	95
6.2 Avaliações referentes aos parâmetros de demanda energética	96
6.2.1 Força na barra de tração	96
6.2.2 Velocidade de deslocamento	97
6.2.3 Potência na barra de tração.....	98
6.2.4 Capacidade de campo efetiva	99
6.2.5 Tempo efetivo demandado	101
6.2.6 Uso específico de energia por área.....	102
6.2.7 Consumo de combustível por área	103
6.3 Massa seca da cobertura vegetal	104
6.4 Porcentagem da cobertura vegetal do solo.....	105
6.5 Avaliações referentes aos parâmetros de crescimento e desenvolvimento das culturas de nabo forrageiro e nabiça.....	106
6.5.1 Profundidade de deposição de sementes	106
6.5.2 Populações inicial e final.....	107
6.5.3 Diagnose foliar	108
6.5.4 Relação carbono/nitrogênio.....	113
6.5.5 Morfologia radicular.....	114
6.5.5.1 Comprimento radicular	114
6.5.5.2 Diâmetro radicular	116
6.5.5.3 Volume radicular	117
6.5.5.4 Massa seca radicular	118

6.5.6	Altura das plantas	120
6.5.7	Número de síliquas e síliquas chochas por plantas	121
6.5.8	Comprimento das síliquas	122
6.5.9	Número de grãos por síliqua	123
6.5.10	Massa seca da parte aérea.....	124
6.5.11	Massa de mil grãos	126
6.5.12	Teor e produtividade de óleo.....	127
6.5.13	Produtividade de grãos	128
6.6	Avaliações referentes aos parâmetros de crescimento e desenvolvimento da cultura de milho.....	129
6.6.1	Profundidade de deposição de sementes	129
6.6.2	Populações inicial e final.....	130
6.6.3	Altura das plantas	131
6.6.4	Altura da inserção da primeira espiga	132
6.6.5	Diâmetro dos colmos.....	133
6.6.6	Índice de espiga.....	134
6.6.7	Parâmetros de espiga.....	135
6.6.7.1	Comprimento das espigas	135
6.6.7.2	Diâmetro das espigas	136
6.6.7.3	Número de fileiras de grãos por espiga.....	137
6.6.7.4	Número de grãos por espiga	137
6.6.8	Plantas quebradas	138
6.6.9	Plantas acamadas	139
6.6.10	Massa seca da parte aérea.....	140
6.6.11	Índice de colheita.....	141
6.6.12	Massa de mil grãos	141
6.6.13	Produtividade de grãos	142
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	144
8	CONCLUSÕES	146
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Análises químicas do solo antes da instalação das culturas de nabo forrageiro e nabiça.....	46
2 Análises químicas do solo antes da instalação da cultura de milho..	46
3 Análises de micronutrientes do solo antes da instalação das culturas de nabo forrageiro e nabiça.....	47
4 Análises de micronutrientes do solo antes da instalação da cultura de milho.....	47
5 Análises granulométricas do solo antes da instalação das culturas de nabo forrageiro e nabiça.....	47
6 Seqüência de atividades realizadas durante o período experimental.....	66
7 Teores de água na resistência mecânica do solo à penetração, antes da instalação das culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho.....	71
8 Teores de água no momento do manejo do solo, para a instalação das culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho.....	72
9 Teores de água no momento da semeadura das culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho.....	72
10 Densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$) em diferentes profundidades antes da instalação dos sistemas de manejo do solo.....	87
11 Densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$) em diferentes profundidades e sistemas de manejo do solo após a colheita de nabo forrageiro e nabiça.....	88
12 Densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$) em diferentes profundidades e sistemas de manejo do solo após a colheita de milho.....	89
13 Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) antes da instalação dos sistemas de manejo do solo sob diferentes profundidades.....	90
14 Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) após colheita de nabo forrageiro e nabiça sob três sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades.....	91
15 Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) após colheita de milho sob três sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades.....	92
16 Profundidade de trabalho (cm) e área de solo mobilizada (cm^2) pelos equipamentos de manejo do solo.....	94

17 Área de solo elevada (cm ²) e empolamento do solo (%) pelos equipamentos de manejo do solo.....	95
18 Área de solo mobilizada (cm ²) na linha de semeadura no sistema de plantio direto para as culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho.....	95
19 Força média e máxima na barra de tração (kgf) dos equipamentos utilizados nas operações de manejo do solo.....	96
20 Força média e máxima na barra de tração (kgf) para as operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	96
21 Velocidade média de deslocamento (km h ⁻¹) dos equipamentos utilizados nas operações de manejo do solo.....	97
22 Velocidade média de deslocamento (km h ⁻¹) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	98
23 Potência média e máxima na barra de tração (kW) dos equipamentos utilizados nas operações de manejo do solo.....	99
24 Potência média e máxima na barra de tração (kW) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	99
25 Capacidade de campo efetiva (ha h ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo.....	100
26 Capacidade de campo efetiva (ha h ⁻¹) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	100
27 Tempo efetivo demandado (h ha ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo.....	101
28 Tempo efetivo demandado (h ha ⁻¹) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	102
29 Uso específico de energia (kWh ha ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo.....	102
30 Uso específico de energia (kWh ha ⁻¹) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	103
31 Consumo de combustível por área (L ha ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo.....	103
32 Consumo de combustível por área (L ha ⁻¹) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça e consumo total (L ha ⁻¹) por sistema de manejo do solo.....	104
33 Massa seca da cobertura vegetal (kg ha ⁻¹) antes da instalação dos sistemas de manejo do solo.....	105
34 Porcentagem de cobertura do solo (%) antes e após os sistemas de manejo do solo.....	106

35 Profundidade de deposição de sementes (cm) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	106
36 População inicial (plantas ha ⁻¹) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	107
37 População final (plantas ha ⁻¹) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	108
38 Teor de nitrogênio (g kg ⁻¹) nas folhas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	109
39 Teor de fósforo (g kg ⁻¹) nas folhas de nabo forrageiro e de nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	110
40 Teor de potássio (g kg ⁻¹) nas folhas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	110
41 Teor de cálcio (g kg ⁻¹) nas folhas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	111
42 Teor de magnésio (g kg ⁻¹) nas folhas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	112
43 Teor de enxofre (g kg ⁻¹) nas folhas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	112
44 Relação carbono/nitrogênio nas plantas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	114
45 Comprimento radicular (km ha ⁻¹) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo e quatro profundidades.....	115
46 Diâmetro radicular (mm) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo e quatro profundidades.....	116
47 Volume radicular (m ³ ha ⁻¹) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo e quatro profundidades.....	118
48 Massa seca radicular (kg ha ⁻¹) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo e quatro profundidades.....	119
49 Altura das plantas (m) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	120

50	Número de síliquas por planta de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	121
51	Número de síliquas chochas por planta de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	122
52	Comprimento das síliquas (cm) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	123
53	Número de grãos por síliqua de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	124
54	Massa seca da parte aérea (kg ha^{-1}) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	125
55	Massa de mil grãos (g) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	126
56	Teor de óleo (%) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	127
57	Produtividade de óleo (kg ha^{-1}) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	128
58	Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.....	128
59	Profundidade de deposição de sementes (cm) de milho em três sistemas de manejo do solo.....	129
60	População inicial (plantas ha^{-1}) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	130
61	População final (plantas ha^{-1}) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	131
62	Altura das plantas (m) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	132
63	Altura de inserção da primeira espiga (m) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	133
64	Diâmetro dos colmos (mm) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	134
65	Índice de espigas das plantas de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	134

66 Comprimento das espigas (cm) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	136
67 Diâmetro das espigas (cm) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	136
68 Número de fileiras de grãos por espiga de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	137
69 Número de grãos por espiga de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	138
70 Número de plantas quebradas (plantas ha ⁻¹) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	139
71 Número de plantas acamadas (plantas ha ⁻¹) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	139
72 Massa seca da parte aérea (kg ha ⁻¹) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	140
73 Índice de colheita de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	141
74 Massa de mil grãos (g) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	142
75 Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.....	143

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Resultado das temperaturas mínima, média e máxima durante o ano de 2005.....	48
2 Resultado das temperaturas mínima, média e máxima compreendido entre os meses de janeiro a junho de 2006.....	48
3 Resultado da precipitação pluvial no ano de 2005 até o mês de junho de 2006... ..	49
4 Balanço hídrico referente ao ano de 2005.	49
5 Balanço hídrico compreendido entre os meses de janeiro a junho de 2006.	50
6 Distribuição das parcelas, subparcelas e dos tratamentos de manejo do solo na área experimental..	62
7 Plantas de nabo forrageiro em preparo convencional no início do desenvolvimento.	63
8 Plantas de nabo forrageiro em preparo convencional no pleno florescimento.....	63
9 Plantas de nabiça em plantio direto no início do desenvolvimento.....	64
10 Plantas de nabiça em plantio direto no pleno florescimento.	64
11 Plantas de milho emergidas em cultivo mínimo.....	65
12 Vista geral das plantas de milho no início do desenvolvimento.....	65
13 Curva de compactação para o solo da área experimental antes da instalação das culturas de nabo forrageiro e nabiça.....	71
14 Representação gráfica do perfil do solo mobilizado no preparo convencional.....	73
15 Representação gráfica do perfil do solo mobilizado no cultivo mínimo.....	73
16 Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) antes da instalação dos sistemas de manejo do solo sob diferentes profundidades.....	90
17 Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) após colheita de nabo forrageiro e nabiça sob três sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades... ..	91
18 Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) após colheita de milho sob três sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades.... ..	93

1 RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo comparar dois tipos de cobertura vegetal de inverno, através de três sistemas de manejo do solo, avaliando seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da cultura de milho. Os experimentos foram instalados e conduzidos na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu, no período compreendido entre fevereiro de 2005 e maio de 2006, em NITOSSOLO VERMELHO Distroférico, cultivado há nove anos com os mesmos sistemas de manejo do solo. Os experimentos foram constituídos de seis tratamentos com quatro repetições utilizando o delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas por três sistemas de manejo do solo (preparo convencional, constituído por uma gradagem pesada e duas gradagens leves; cultivo mínimo, escarificador equipado com disco de corte e rolo destorroador, trabalhando na profundidade entre 25 e 30 cm e plantio direto, com dessecação da vegetação de cobertura por meio de aplicação de herbicida) e as subparcelas foram compostas por duas culturas de inverno (nabo forrageiro, *Raphanus sativus* L. e nabiça, *Raphanus raphanistrum* L.), que conseqüentemente formaram os dois tipos de coberturas vegetais, sobre as quais foram realizados os sistemas de manejo do solo para a implantação da cultura de milho. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparar as médias. As análises estatísticas demonstraram que o sistema de plantio direto apresentou maior densidade e resistência mecânica do solo à penetração, quando comparado ao preparo convencional e ao cultivo mínimo. O cultivo mínimo apresentou maiores valores

de profundidade de trabalho, área de solo mobilizada e capacidade de campo efetiva e menores valores de tempo efetivo demandado, uso específico de energia e consumo de combustível por área. Na semeadura das culturas de nabo forrageiro e nabiça, constatou-se que o sistema de plantio direto proporcionou menor força na barra de tração, potência na barra de tração, tempo efetivo demandado, uso específico de energia por área e consumo de combustível por área. A cultura de nabiça obteve maior comprimento, volume e massa seca radicular em relação à cultura de nabo forrageiro, entretanto não se constatou diferença estatística entre ambas. A nabiça é uma alternativa viável para formação de cobertura vegetal durante o inverno na região de Botucatu/SP e a palhada produzida não prejudica o desempenho da cultura de milho em sucessão; seus grãos apresentaram altos teores de óleo, podendo ser cultivada com o propósito de extração para produção de biodiesel. Os sistemas de manejo do solo influíram de maneira significativa na maioria das características avaliadas nas culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho, sendo que o preparo convencional e o cultivo mínimo foram mais produtivos, em relação ao plantio direto. As coberturas do solo não influíram nas seguintes características na cultura de milho: população inicial, população final, altura das plantas, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro dos colmos, índice de espigas, diâmetro das espigas, número de fileiras por espiga, número de grãos por espiga, plantas quebradas, plantas acamadas, massa seca da parte aérea, índice de colheita, massa de mil grãos e produtividade de grãos.

Palavras-chave: preparo do solo, *Raphanus raphanistrum*, *Raphanus sativus*, *Zea mays*.

VIABILITY OF *Raphanus raphanistrum* L. AS COVERING PLANT FOR CORN CROP IN DIFFERENT SOIL TILLAGE SYSTEMS. Botucatu, 2008. 174p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CASSIO ROBERTO PIFFER

Adviser: SERGIO HUGO BENEZ

2 SUMMARY

This paper aims to compare two types of winter vegetal covering, through three soil tillage systems, evaluating their effects in growth and development of corn crop. Experiments were installed and carried out at Lageado Experimental Farm at Agricultural Science University of UNESP, Botucatu Campus, from february 2005 to may 2006, in Distroferic Red Nitosoil, which has been cultivated for nine years under the same soil tillage systems. Experiments were carried out in six treatments with four repetitions, using randomized experimental blocks with subdivided parts. Parts were made up by three soil tillage systems (conventional tillage, made up by one heavy harrow and two leveling harrow; minimum tillage, with chisel plow with cut disk and roll, working at 25 to 30 cm deep and no-tillage, with herbicide drying coverage vegetation) and subparts were made up by two winter crops (*Raphanus sativus* L. and *Raphanus raphanistrum* L.) which made up the two vegetal coverings over which the soil tillage systems were carried out for corn cropping. Obtained data were analyzed by Turkey variance test at 5% of probability for comparing averages. Statistical analysis showed that no-tillage system had higher density as well as mechanical soil resistance to penetration, when compared to conventional and minimum tillages. Minimum tillage system showed higher values of work deepness, mobilized soil area as well as effective field capacity and lower values of demanded real time, specific energy use and fuel consumption. For *Raphanus sativus* L. and *Raphanus raphanistrum* L., sowing it was observed that no-tillage system showed lower traction force, steering bar power, demanded real time, specific energy use and fuel consumption. *Raphanus raphanistrum* L. showed higher length, volume and root dry matter compared to *Raphanus sativus* L., meantime not observed statistical differences between both. *Raphanus raphanistrum* L. is a viable

alternative for vegetal winter covering in Botucatu/SP region and produced straw does not harm development of successive corn crop; its grains also showed high oil content making it possible the extraction for biodiesel production. Soil tillage systems showed significant difference in most evaluate characteristics of *Raphanus sativus* L., *Raphanus raphanistrum* L. and corn crop, covering being conventional and minimum tillages more productive compared to no-tillage. Vegetal covering did not influence the following characteristics for corn crop: initial population, final population, plants height, first corn-cob height, corn plants diameter, corn-cobs rate, corn-cobs diameter, number of rows by corn-cobs, number of grains by corn-cobs, broken plants, bedridden plants, dry matter of aerial part, harvest rate, matter of a thousand grains and grain production.

Keywords: Soil tillage, *Raphanus raphanistrum*, *Raphanus sativus*, *Zea mays*.

3 INTRODUÇÃO

Para se iniciar o preparo do solo, deve-se seguir alguns critérios, tais como o método mais adequado, o uso de implemento que ofereça melhor resultado, época e momento correto (GRANDI, 1998). O preparo inadequado dos solos induzido pelo uso impróprio de equipamentos tem causado desestruturação e empobrecimento dos mesmos, reduzindo a produtividade das culturas (GREGO; BENEZ, 1999).

O sistema de plantio direto, cada vez mais presente na agricultura brasileira, é um método que visa maior conservação do solo e diminuição do tráfego de máquinas possuindo como princípio a semeadura diretamente no solo onde apenas a linha de plantio é mobilizada pelos discos de corte ou hastes da semeadora. No entanto, atualmente o preparo convencional, caracterizado pelo intenso revolvimento do solo utilizando arados e grades, ainda é muito utilizado. Intermediário aos dois sistemas anteriormente citados aparece o cultivo mínimo que implica na mínima manipulação possível do solo para uma satisfatória semeadura ou plantio. Esse sistema já bastante difundido no país é realizado com o uso de escarificadores, normalmente equipados com discos de corte à frente de cada haste, para trabalhos em solos com palha sobre a superfície (BOLLER, 2003).

A permanência da palha na superfície do solo é de fundamental importância para a manutenção do sistema plantio direto (SALTON; KICHEL, 1998). Isso reforça a preocupação de produzir resíduos vegetais que tenham decomposição mais lenta, mantendo o solo protegido por maior período de tempo. Para a obtenção da camada vegetal

protetora do solo utilizam-se espécies de cobertura de inverno ou verão, bem como resíduos de culturas anteriores e/ou mesmo a própria vegetação espontânea (SILVA, 2000a).

O cultivo de espécies vegetais de cobertura protege o solo da insolação direta, reduzindo a temperatura e diminuindo a incidência de plantas daninhas pelo efeito alelopático e/ou pelo potencial supressor; impede o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo aumentando a infiltração de água, desta forma evita o selamento superficial, reduzindo assim as perdas de água e solo pelo processo erosivo (DERPSCH et al., 1991; SALTON, 1993; PERIN, 2001; DUDA et al., 2003). Muitas vezes, não se dá importância a outras qualidades dessas espécies, como a melhoria das características físicas do solo. Certas plantas de cobertura têm enraizamento amplo e profundo no solo bem maior do que aquele alcançado por outras culturas agrícolas, conseguindo romper camadas compactadas, promovendo maior fluxo vertical de matéria orgânica e aumentando, desta forma, sua estruturação, tornando o solo poroso (OSTERROHT, 2002).

A nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) vem sendo estudada como tentativa de cobertura do solo em áreas de plantio direto. O uso desta cultura como cobertura de inverno apresenta características agrônômicas de grande interesse aos produtores rurais, como crescimento inicial extremamente rápido, tolerância ao estresse hídrico, alta capacidade de produzir massa seca, utilização de baixa dose de herbicida dessecante e promove melhoria das características físicas do solo pelo seu sistema radicular agressivo. Além disso, por apresentar considerável teor de óleo em suas sementes, relativa facilidade de extração e apresentar satisfatório potencial produtivo em épocas de pouca utilização das terras agricultáveis, poderá ainda, tornar-se alternativa para produção de biodiesel.

Estabelecida à hipótese de que a nabiça pode ser introduzida como uma nova espécie de cobertura vegetal do solo no período de inverno e que seus restos culturais não prejudicam o desempenho da cultura sucessora, foi realizado este estudo com o objetivo de comparar dois tipos de cobertura vegetal de inverno (nabo forrageiro, *Raphanus sativus* L. e nabiça, *Raphanus raphanistrum* L.), através de três sistemas de manejo do solo (preparo convencional, cultivo mínimo e plantio direto), utilizando-se o milho (*Zea mays* L.) como cultura indicadora, em razão de sua extensa área cultivada e importância econômica.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Cobertura vegetal

De acordo com Hernani e Salton (1997), a cobertura vegetal deve ser resultante de espécies que disponham de certos atributos como: produzir grandes quantidades de massa seca, possuir elevada taxa de crescimento, elevada capacidade de reciclar nutrientes, resistência à seca e ao frio, não infestar a área, ser de fácil manejo e elevada relação carbono/nitrogênio.

Entre os efeitos da cobertura vegetal sobre a fertilidade do solo está o aumento do teor de matéria orgânica; a maior disponibilidade de nutrientes; a maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo; o favorecimento da produção de ácidos orgânicos, de fundamental importância para a solubilização de minerais; a diminuição dos teores de alumínio trocável através de sua complexação e o incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam nas camadas mais profundas do perfil (CALEGARI et al., 1993).

Os efeitos promovidos pela cobertura vegetal nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como: a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de plantio e corte da cobertura vegetal, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais e a interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

As leguminosas, como a ervilhaca, o guandu ou a mucuna, possibilitam o desenvolvimento de bactérias em suas raízes, fixando o nitrogênio, além disso, também são muito eficientes no combate aos nematóides. Já as gramíneas, como o milho, o centeio ou a aveia preta, têm a capacidade de agregar as partículas de terra, evitando assim a erosão. O centeio e a aveia também são eficazes no controle de fungos e o milho é muito eficiente na fixação do potássio. Por fim, as raízes profundas de algumas espécies, como o nabo forrageiro, atuam de forma a descompactar e oxigenar o solo (CALEGARI, 2000).

Boller (1996), estudando quatro coberturas do solo no inverno (aveia preta, centeio, nabo forrageiro e pousio) em Terra Roxa Estruturada, concluiu que as três culturas evidenciaram seu potencial de produção de biomassa para cobertura do solo, destacando-se o nabo forrageiro pela sua precocidade e a aveia preta pela quantidade de matéria seca acumulada.

As coberturas vegetais, a partir do consórcio entre leguminosas e gramíneas, podem determinar a combinação de resíduos com características favoráveis, não só à proteção do solo, mas também à nutrição das plantas, pelo aporte de nitrogênio pelas leguminosas via fixação biológica (BORTOLINI et al., 2000).

É desejável alternar gramíneas e leguminosas quando se quer aumentar a cobertura do solo com restos de culturas ou elevar a disponibilidade de nitrogênio através da escolha de espécies com relação carbono/nitrogênio baixa ou de decomposição rápida. É importante variar espécies com o objetivo de cortar o ciclo biológico de doenças e pragas, alternar a profundidade de crescimento de raízes, a demanda por nutrientes e favorecer a diversidade de fauna (GASSEN; GASSEN, 1996).

A taxa de decomposição de culturas de cobertura e de resíduos culturais é muito rápida nas condições de calor e umidade, típicas das regiões produtoras de grãos no Brasil. Em média, 75% da matéria seca se decompõem em três a quatro semanas após sua colheita e/ou manejo (BERTOL et al., 1998).

A temperatura é uma das características mais importantes do solo, devido aos seus efeitos sobre o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais, afetando a germinação, a emergência, o crescimento radicular, a absorção de nutrientes e o desenvolvimento das plantas. Indiretamente, a temperatura do solo altera o teor de água, a aeração, a estrutura, a disponibilidade de nutrientes e a decomposição de resíduos vegetais

(WIERENGA et al., 1982). Os fatores que mais influenciam a temperatura do solo são: tipo, quantidade, forma de distribuição e grau de facilidade à decomposição do resíduo (SWAN, et al. 1996).

Santos et al. (1990), afirmam que a manutenção dos restos das culturas de cobertura do solo na superfície promove uma proteção mais prolongada contra a erosão, uma vez que a sua decomposição é mais lenta do que no caso da incorporação.

Segundo Schertz e Becherer (1994), a porcentagem de cobertura varia de acordo com o tipo de solo, declividade e manejo das culturas. Em solos planos e razoavelmente profundos, uma cobertura ao longo do ano entre 10 a 20% pode ser suficiente para protegê-los da erosão, enquanto que nos solos mais declivosos, seja necessário uma cobertura permanente de 50 a 60%.

Lombardi Neto (1994), relatou que a cobertura do solo atua exatamente no ponto inicial do processo erosivo, evitando distúrbios mais sérios na estrutura do solo, ou pela interferência no impacto das gotas de chuva sobre a superfície, ou pela redução da velocidade de escoamento superficial através do aumento da rugosidade do terreno e da presença de pequenos obstáculos formados pela cobertura vegetal.

Siqueira et al. (1997), citam que a implantação de plantas de cobertura do solo é uma das formas de manejo que pode diminuir a erosão hídrica, principalmente devido à redução da energia cinética das gotas da chuva, além de possibilitar economia de água e o controle de plantas daninhas. Dentre as plantas de cobertura do solo comumente utilizadas, destacam-se a aveia preta, o tremoço e o nabo forrageiro, por apresentarem alta produção de matéria vegetal.

Chuvas com alta intensidade e que ocorrem logo após a semeadura das culturas, podem ocasionar selamento e/ou formação de crosta em solos com baixa cobertura na superfície. Pequenas quantidades de chuva que incidem sobre solos recém preparados e com pouco resíduo sobre a superfície, podem auxiliar na germinação das sementes e emergência das plantas. Porém, em solos não preparados e com grandes quantidades de resíduos sobre a superfície, pequenas quantidades de chuva, às vezes, não chegam a atingir sua superfície (LEVIEN et al., 1990).

Além da produção de massa, outra variável importante a ser considerada é a barreira física exercida pelas plantas de cobertura durante seu período de

crescimento vegetativo, a qual se correlaciona fortemente com a redução da infestação por plantas daninhas (EINHELLIG; RASMUSSEN, 1989; TEASDALE; MOHLER, 1993; REIJNTJES et al., 1994; RADOSEVICH et al., 1997; FAVERO et al., 2001).

Conforme Roman e Velloso (1993), a cobertura morta desempenha um importante papel no controle de plantas daninhas, pois as sementes de muitas espécies não germinam, quando encobertas por uma camada uniforme de palha. Assim, ocorre um atraso na germinação, possibilitando que as plantas da cultura comercial instalada produzam o sombreamento do solo, reduzindo a infestação por plantas daninhas.

A escolha da planta que será utilizada para a formação de cobertura morta depende muito da adaptação climática da planta a região. Na região Sudeste do Brasil que apresenta inverno seco, o desenvolvimento das culturas outono-inverno fica na dependência da condição climática. As culturas mais utilizadas nessa região tem sido o nabo forrageiro, sorgo, sorgo de guiné, capim pé de galinha, brachiarias e resteva natural (TIRITAN, 2001).

A técnica do manejo do solo para ser bem sucedida com coberturas vegetais requer uma série de conhecimentos básicos sobre as exigências próprias de cada espécie que compõe os sistemas, bem como o seu inter-relacionamento com as culturas econômicas que participam dos sistemas (MIELNICZUCK, 1991).

Um dos principais desafios na obtenção de boa produção agrícola está em se estabelecer um esquema de uso compatível das diferentes espécies com os sistemas de produção específicos de cada região, se possível nos limites de cada propriedade, levando-se em consideração os aspectos ligados ao clima, solo, infra-estrutura da propriedade e condições sócio-econômicas do agricultor (CALEGARI et al., 1993).

4.1.1 Nabo forrageiro

Pertencente ao gênero *Raphanus* da família das crucíferas o *Raphanus sativus* L., conhecido popularmente como nabo, é uma planta anual, herbácea, enfolhada e pode apresentar porte avantajado com até 1,20 m (KISSMANN; GROTH, 1992).

Possui caule simples ou mais freqüentemente, ramificado; cilíndrico, grosso, liso e glabro na porção superior, podendo apresentar certa pilosidade na porção

inferior; coloração verde, freqüentemente com manchas ou às vezes totalmente vermelho-violácea (KISSMANN; GROTH, 1992).

Logo abaixo da superfície do solo desenvolve-se uma pequena extensão de caule modificado, chamada xilopódio ou colo, que é geralmente confundida com o topo da raiz principal; nessa extensão ocorre um grande número de gemas, que originam ramificações basais e pelas quais ocorrem rebrotamentos, quando a parte aérea é destruída; apresenta raiz pivotante muito desenvolvida, aprofundado-se no solo; há variações quanto ao tamanho e espessura dessa raiz, mas no geral é relativamente grossa e armazena uma boa quantidade de reservas; pode ser branca ou arroxeadada na superfície, mas internamente é sempre branca (KISSMANN; GROTH, 1992).

Inicialmente forma-se uma roseta de folhas a partir do colo, imediatamente acima da raiz pivotante; em plantas adultas essa roseta desaparece, ocorrendo apenas folhas caulinares; as folhas basais e inferiores podem chegar a 35 cm de comprimento e 15 cm de largura, as demais são gradualmente menores; nos 2/3 inferiores das plantas, as folhas são no geral pecioladas, apresentando limbos bastante irregulares, lirado-pinados ou pinatipartidos, tendo um lobo terminal maior e diversos lobos laterais menores; na base dessas folhas ocorre uma descontinuidade no limbo com segmentos isolados; os lobos e os segmentos têm margens crenado-dentadas; nervuras proeminentes, freqüentemente com tons violáceos; ocorre alguma pilosidade sobre os pecíolos e nervuras; na parte superior das plantas, as folhas tornam-se mais simples, curto-pecioladas, de limbo com poucos ou nenhum lobo, com formato ovalado ou elíptico-ovalado, com margens também crenado-dentadas e superfície glabra ou quase glabra (KISSMANN; GROTH, 1992).

As flores são agrupadas nos racemos, com pedicelo de 1 a 2 cm de comprimento; cálice formado por 4 sépalas oblongas, com pouco menos de 1 cm de comprimento, de coloração verde ou violácea, que se posicionam na vertical; corola formada por 4 pétalas obovadas, estreitadas na parte inferior, com cerca de 2 cm de comprimento por 1 cm de largura, que se distendem horizontalmente; as pétalas têm geralmente uma coloração rosada-violácea ou azulada, passando a esbranquiçada após a fecundação; apresentam nervuras de tonalidade mais escura; androceu com 6 estames de pouco mais de 1 cm de comprimento, com antera bilocular de deiscência longitudinal; gineceu com uma fração valvar muito curta e uma estilar bem desenvolvida, que se afina na parte apical, onde se encontra um

estigma hemisférico; na parte estilar ocorrem de 6 a 12 óvulos (KISSMANN; GROTH, 1992).

Fruto tipo síliqua lomantácea indeiscente, inflada, cilíndrico-cônica, em contorno de oblongo-lanceolada a oblonga e afinando gradativamente para o ápice, com 3,5 a 8,0 cm de comprimento por 5 a 10 mm de largura; ápice com rostro largo-cônico; porção valvar oca, muito curta, parecendo um pedúnculo; porção estilar com 2 a 4 sementes pendentes, envoltas em tecido esponjoso, sem constrictões transversais ou, às vezes, levemente contraídas entre as sementes; não se separa em segmentos na maturação, mas pode se abrir mecanicamente; superfície do pericarpo fosca, glabra, com nervuras longitudinais conspícuas, de coloração amarelada, castanho-amarelada ou castanho-acínzentada (KISSMANN; GROTH, 1992).

As sementes são oblongas ou suboblongas e levemente comprimidas, em contorno largo-oblongas ou suborbiculares, com 2,5 a 4,0 mm de comprimento Por 2 a 3,4 mm de espessura; com costela radicular central e proeminente e duas costelas laterais menos salientes e mais estreitas; base não pontuda; hilo oval-arredondado, geralmente representado por uma mancha escura quase inconspícua; tegumento alveolado, com interespaços alongados e maiores que os de *Raphanus raphanistrum*, de coloração castanho-acínzentada ou de castanho-clara a castanho-avermelhada; embrião ortoplóico (KISSMANN; GROTH, 1992).

As plântulas apresentam folhas cotiledonares com 25 a 30 mm de comprimento por 9 a 11 mm de largura, incluindo o pecíolo que é sempre mais comprido que o limbo, o qual tem formato reniforme, com profunda reentrância na parte apical; comprimento e largura do limbo equivalentes; superfície lisa e glabra, de cor verde; primeira folha de formato obovado, com margens fortemente lobadas; a partir da terceira folha os lobos se destacam de tal maneira que o tecido entre muitos deles se retrai até a nervura mediana; o lobo terminal é sempre mais desenvolvido (KISSMANN; GROTH, 1992).

4.1.2 Nabiça

Pertencente ao gênero *Raphanus* da família das crucíferas o *Raphanus raphanistrum* L., conhecido popularmente como nabiça, é uma planta anual, herbácea, geralmente ereta, de caule muito ramificado, com altura entre 0,50 a 0,80 m (KISSMANN;

GROTH, 1992).

Durante a fase vegetativa a porção aérea do caule é muito curta, ramificando-se intensivamente; iniciada a fase reprodutiva essas ramificações se alongam para apresentar, em suas porções terminais, as inflorescências; mesmo durante o florescimento, que é indeterminado, as hastes continuam se alongando até o fim do ciclo; o caule e seus ramos têm coloração verde-clara, de seção cilíndrica, podendo chegar a 3 cm de espessura na porção inferior, onde pode haver certa pilosidade, com pêlos estendidos ou recurvados, a parte terminal é lisa e glabra (KISSMANN; GROTH, 1992).

Após a emergência ocorre um rápido desenvolvimento da raiz pivotante, que engrossa e passa a armazenar substâncias de reserva; entre a raiz e o caule, ainda abaixo da superfície do solo, ocorre xilopódio, também chamado colo, com muitas gemas, que podem dar origem a novos caules; geralmente essas gemas são ativadas com a destruição da parte aérea da planta (KISSMANN; GROTH, 1992).

Em plantas adultas do gênero *Raphanus* não ocorre roseta de folhas sobre o solo, apenas na fase inicial de desenvolvimento; as folhas são de coloração verde, sendo as inferiores fortemente lobadas, havendo um lobo terminal maior e vários lobos laterais, sendo que as divisões entre eles são geralmente bastante profundas, atingindo a nervura mediana; o limbo chega a 20 cm de comprimento por 8 cm de largura, havendo um longo pecíolo carnoso; pelos e cerdas semi-rígidas em ambas as faces; as folhas superiores geralmente são menos lobadas e menores, curto-pecíoladas (KISSMANN; GROTH, 1992).

As flores ocorrem na parte terminal das ramificações, sendo o florescimento do tipo indeterminado, ou seja, continuamente surgem novas flores, enquanto as hastes continuam seu crescimento, o que forma uma frutificação racemosa; curto-pediceladas, de perianto cruciforme; cálice formado por 4 sépalas alongadas, de coloração verde ou arroxeada, que se mantém eretas; corola formada por 4 pétalas obovadas, com cerca de 2 cm de comprimento, que se distendem horizontalmente na abertura; a coloração das pétalas é geralmente amarela, podendo ser ocasionalmente rosada, com nervuras mais escuras; após a fecundação, as pétalas podem sofrer descoloração, tornando-se esbranquiçadas; androceu com 6 estames, com anteras amarelas; gineceu formado por uma parte valvar muito curta, geralmente estéril e uma parte estilar desenvolvida, com 6 a 10 óvulos, por isso na maturação não ocorre abertura valvar; o comprimento do pistilo é cerca de 10 mm na época da

fecundação (KISSMANN; GROTH, 1992).

Fruto tipo síliqua lomantácea indeiscente, não inflada, cilíndrico-alongada e moniliforme, em contorno linear-alongada, com 2,5 a 8 cm de comprimento por 2 a 8 mm de largura; ápice com rostro longo-acuminado; porção valvar oca, delgada, estipiforme, com cerca de 2 mm de comprimento; porção estilar com 2 a 10 sementes pendentes, envoltas em tecido esponjoso, em constrictões transversais que se tornam mais evidentes na maturação e que podem se separar em segmentos, mas nunca se abrem mecanicamente, com 1 a 2 artículos globosos e com 1,6 a 2,0 mm de diâmetro ou subcilíndricos e com 3 a 4 mm de comprimento; superfície fosca, glabra, com 5 a 7 costelas longitudinais proeminentes, de coloração verde-amarelada ou castanho-acinzentada (KISSMANN; GROTH, 1992).

Reproduz-se por sementes que são ovóides ou subglobosas, em contorno largo-ovaladas ou suborbiculares, com 2,1 a 3,5 mm de comprimento por 1,5 a 2,0 mm de largura e 1,2 a 1,5 mm de espessura; com costela radicular central proeminente e duas costelas laterais menos salientes e mais estreitas; base pontuda, representada pela ponta da radícula; hilo oval, geralmente representado por uma mancha escura quase inconspícua; tegumento alveolado, com interespaços alongados e menores do que os de *Raphanus sativus*, de coloração castanho-acinzentada ou de castanho-clara a castanho-avermelhada; embrião ortoplóico (KISSMANN; GROTH, 1992).

As plântulas apresentam folhas cotiledonares com 25 a 30 mm de comprimento por 9 a 11 mm de largura, incluindo o pecíolo que é sempre mais comprido que o limbo, o qual tem formato reniforme, com profunda reentrância na parte apical; comprimento e largura do limbo equivalentes; superfície lisa e glabra, de cor verde; primeira folha de formato obovado, com margens fortemente lobadas; a partir da terceira folha os lobos se destacam de tal maneira que o tecido entre muitos deles se retrai até a nervura mediana; o lobo terminal é sempre mais desenvolvido (KISSMANN; GROTH, 1992).

4.2 Relação carbono/nitrogênio em plantas de cobertura vegetal

A relação carbono/nitrogênio é outra importante característica a ser observada nas espécies de cobertura vegetal, cujo valor ajuda a conhecer a decomposição do material orgânico. Plantas de cobertura com relação carbono/nitrogênio maior que 24 têm

decomposição lenta e plantas com relação carbono/nitrogênio menor que 24 têm decomposição rápida (SIQUEIRA, 1999a).

O período de proteção do solo também depende das características da palha, principalmente da relação carbono/nitrogênio do tecido. Palhas com reduzida relação carbono/nitrogênio, como por exemplo, de ervilhaca e nabo forrageiro, tendem a se decompor rapidamente, deixando o solo desprotegido. De outro modo, palhas com elevada relação carbono/nitrogênio, como aveia e milho, decompõem-se mais lentamente, porém fornecem baixa quantidade de nitrogênio à cultura sucessora (DE-POLLI; CHADA, 1989; BORKERT et al., 2003).

Segundo Derpsch et al. (1991), deve-se realizar o plantio no menor prazo possível após o corte das plantas de cobertura com relação carbono/nitrogênio menor que 23, como exemplo o tremoço, ervilhaca e nabo forrageiro, isto para evitar as perdas de nitrato decorrentes da elevada mineralização desses materiais. Os autores recomendam que em seguida, deve-se plantar culturas com alta demanda de nitrogênio, como a cultura do milho.

Para De-Polli et al. (1996), as plantas de cobertura podem adicionar grandes quantidades de carbono ao solo e quando praticada com leguminosas acrescentam também quantidades apreciáveis de nitrogênio. Os demais nutrientes não são adicionados e sim ciclados do solo para a parte aérea das plantas, retornando ao mesmo, tornando assim formas pouco solúveis de nutrientes de perfis mais profundos disponíveis as plantas.

Thomas e Asakawa (1993), relatam que o manejo de nutrientes em sistemas agrícolas pode ser parcialmente manipulado através da quantidade de massa vegetal, de formas de manejo e das culturas de interesse, permitindo a sincronia entre a mineralização e a demanda de nutrientes pelas plantas em crescimento.

A disponibilidade de nitrogênio no solo é controlada pelos processos microbianos de mineralização e imobilização, os quais dependem basicamente da relação carbono/nitrogênio e da composição bioquímica dos resíduos culturais em decomposição (MARY et al., 1996).

O nitrogênio aplicado ao solo como resíduo vegetal, ou como fertilizante mineral, pode ser absorvido pela planta após sua mineralização; no caso do nitrogênio de resíduos vegetais, pode-se perder por lixiviação ou por volatilização de formas

gasosas e pode, ainda, ser imobilizado no solo por ação microbiológica ou ser gradualmente transformado em formas estáveis que nele permanecem (AMBROSANO et al., 1997).

Para maximizar o aproveitamento do nitrogênio acumulado pelas plantas de cobertura do solo no período de outono/inverno, a liberação do nitrogênio dos resíduos culturais deverá ocorrer em sincronia com a demanda de nitrogênio das culturas comerciais em sucessão (STUTE; POSNER, 1995). Se o nitrogênio mineral estiver disponível precocemente, podem ocorrer perdas do nutriente por lixiviação de nitrato e/ou desnitrificação (ROSECRANCE et al., 2000). Por outro lado, se a liberação do nitrogênio for excessivamente tardia, poderá haver prejuízos na produtividade das culturas (HUNTINGTON et al., 1985).

Conforme Berton (1997), a massa vegetal produzida pelas plantas de cobertura chega a conter de 16 a 25 kg ha⁻¹ de nitrogênio por tonelada de matéria seca, dos quais a cultura subsequente pode aproveitar de 10 a 50%.

Para Power et al. (1991), o nitrogênio proveniente de leguminosas de inverno pode substituir ou reduzir a utilização de fertilizantes nitrogenados químicos na cultura do milho, sendo prática agrônômica e economicamente viável.

Com a crescente preocupação pelo uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados sobre o ambiente, aumentou o interesse pela utilização de leguminosas como fonte alternativa de nitrogênio às culturas. O emprego de leguminosas capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio eficientemente pode representar contribuições consideráveis à viabilidade econômica e sustentabilidade dos agroecossistemas, pelo aporte de quantidades expressivas de nitrogênio ao sistema solo/planta, reduzindo, assim, a necessidade de nitrogênio sintético (BODDEY et al., 1997).

A família das leguminosas se destaca por formar associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio, resultando aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo/planta (PERIN et al., 2003), contribuindo com a nutrição das culturas subsequentes (ANDREOLA et al., 2000; ZOTARELLI, 2000). Outra característica importante das leguminosas é a baixa relação carbono/nitrogênio, quando comparada a plantas de outras famílias. Este aspecto, aliado à grande presença de compostos solúveis, favorece sua decomposição e mineralização por microorganismos do solo e a reciclagem de nutrientes (KLUTHCOUSKI, 1992; ALVARENGA et al., 1995; ZOTARELLI, 2000).

A principal vantagem do emprego de espécies leguminosas como cobertura vegetal é reduzir a aplicação de nitrogênio via adubo químico, pois essas plantas fixam nitrogênio, através de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, enriquecendo o solo com esse macronutriente (SILVA et al., 2002).

A taxa de decomposição de resíduos vegetais está associada à relação carbono/nitrogênio do tecido, por isso crucíferas como o nabo forrageiro possuem maior taxa de decomposição, quando comparadas às gramíneas como aveia preta. O reflexo disso é a intensidade do fenômeno de imobilização de nitrogênio, que é a principal causa da menor disponibilidade deste às plantas no sistema plantio direto, em relação ao sistema com revolvimento de solo (SALET et al., 1997).

As gramíneas embora demonstrem grande habilidade em absorver nitrato durante o inverno, apresentam uma palhada com elevada relação carbono/nitrogênio, o que resulta, na maioria dos casos, em imobilização microbiana de nitrogênio, diminuindo a quantidade deste disponível no solo (RANELLS; WAGGER, 1997).

O nabo forrageiro pela eficiência na ciclagem de nitrogênio do solo e a ervilhaca pela capacidade de fixá-lo, apresentam elevado potencial de fornecimento de nitrogênio ao milho, embora seus resíduos culturais sejam rapidamente decompostos e, portanto, pouco eficientes na proteção do solo contra os agentes erosivos (DA ROS, 1993; BASSO, 1999; AITA et al., 2001).

Conforme Debarba e Amado (1997), ocorre um grande intervalo de tempo entre o manejo das plantas de cobertura e a semeadura do milho, com isso há decomposição dessas espécies e a liberação para o solo de aproximadamente 50% do nitrogênio presente na fitomassa, ficando mais sujeito a perdas. Como forma de reciclar o nitrogênio liberado e diminuir suas perdas, os autores sugerem a implantação de uma cultura de inverno, que devido à proximidade entre o manejo e a semeadura do milho, os riscos de perda de nitrogênio liberado pela fitomassa são menores.

4.3 Sistema radicular das plantas de cobertura e a compactação do solo

O termo compactação refere-se à compressão do solo não saturado durante a qual ocorre aumento de sua densidade em consequência da redução do volume, através da expulsão do ar (GUPTA; ALLMARAS, 1987; FIGUEIREDO et al., 2000).

A compactação do solo é causada pela movimentação de máquinas, tratores e implementos agrícolas durante o preparo do solo, semeadura, tratos culturais, colheita e transporte, podendo ocasionar demora na emergência das plantas, plantas mais baixas que o normal, folhas com coloração não característica, sistema radicular superficial, raízes malformadas, aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, bem como redução na taxa de infiltração da água no solo, na macroporosidade, na aeração, na disponibilidade de água e nutrientes e conseqüentemente decréscimo na produtividade agrícola (PIFFER; BENEZ, 2005).

Segundo Queiroz-Voltan et al. (2000), um solo pode ser quimicamente bom, mas se o mesmo apresenta compactação, as plantas não se beneficiam adequadamente dos nutrientes, uma vez que o desenvolvimento de novas raízes fica prejudicado, pois nelas ocorrem a maior taxa de absorção.

O crescimento das plantas e a disponibilidade de nutrientes são afetados pela compactação, na medida em que há interferências nos mecanismos de fluxo de massa e difusão, responsáveis pelo transporte de nutrientes até as raízes, uma vez que eles são dependentes da estrutura do solo. Acréscimos na compactação do solo reduzem o crescimento e a função fisiológica das raízes, e desse modo, elas se tornam menos eficientes na absorção de nutrientes (ALVARENGA et al., 1997).

A produção de fitomassa das espécies utilizadas como cobertura é decorrente das condições climáticas, edáficas e fitossanitárias (AMADO et al., 2002) e principalmente do seu sistema radicular. Quanto mais às raízes penetrarem no solo, maior será a produção de biomassa, além de promover a descompactação do solo.

Um dos fatores de maior importância na relação planta-água-solo é a arquitetura e distribuição do sistema radicular das plantas, bem como sua dinâmica de crescimento (VASCONCELOS, 2002). O conhecimento do sistema radicular permite a utilização adequada das técnicas agronômicas, tais como: espaçamento, local de aplicação dos

fertilizantes, operações de cultivo, drenagem dos solos e sistemas de irrigação, controle da erosão, uso de culturas intercalares, entre outras (CASAGRANDE, 1991).

As raízes são imprescindíveis ao processo de absorção de água e nutrientes; os estudos sobre seu crescimento, concentração, distribuição e atividade (taxa de crescimento e longevidade) no perfil do solo são fundamentais para o entendimento dos sistemas de produção das culturas (TAYLOR; ARKIN, 1981).

A capacidade das raízes de penetrarem nas camadas compactadas varia de um solo para outro, e mesmo, de uma planta para outra. O tipo de raiz da espécie vegetal também deve ser levado em consideração no processo de penetração em solos compactados. Raízes pivotantes de grande diâmetro são menos eficientes na penetração de solos com alta densidade (BORGES et al., 1988).

Quando as raízes das plantas descompactadoras são decompostas, formam-se os chamados bioporos que exercem papel importante na movimentação de água e difusão de gases (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

Espécies que possuam sistema radicular profundo e ramificado podem retirar nutrientes de camadas subsuperficiais e liberá-los gradualmente nas camadas superficiais, durante o processo de decomposição, contribuindo para manter o equilíbrio dos nutrientes no solo e aumentar a sua fertilidade, além de permitir melhor utilização dos insumos agrícolas (FIORIN, 1999).

O sistema radicular ramificado e profundo das leguminosas proporciona aumento na eficiência de utilização dos adubos, uma vez que trazem às camadas superficiais do solo nutrientes perdidos por lixiviação, principalmente potássio, cálcio, magnésio e nitrato, funcionando também como "agente minerador" dos nutrientes de pouca disponibilidade como o fósforo e o molibdênio, tornando-os mais disponíveis às culturas subseqüentes. Além disso, as raízes das plantas de cobertura fazem, por assim dizer, uma subsolagem biológica, criando pequenos canais no solo por onde circulam a água e o ar (RUSSELL et al., 1981).

Segundo Taylor e Brar (1991), as mudanças no estado de compactação do solo não possuem efeitos diretos sobre o desenvolvimento radicular. Afetam-no indiretamente, devido às alterações estruturais como resistência a penetração, porosidade total, macroporos, conteúdo de água, condutividade hidráulica, aeração e taxa de difusão de gases.

Miranda et al. (1991), observaram que a crotalária juncea e o guandu foram mais sensíveis à compactação do solo do que o feijão de porco, com relação ao crescimento radicular; as plantas de guandu e feijão de porco sofreram redução na massa de matéria seca da parte aérea em consequência do aumento da densidade do solo.

Verificando o crescimento de raízes de leguminosas (crotalária juncea, guandu, feijão de porco, feijão branco do ceará e mata pasto) em camadas de solo compactadas artificialmente, Alvarenga et al. (1996) concluíram, que as leguminosas com exceção do mata pasto tiveram os sistemas radiculares reduzidos dentro da camada compactada e abaixo dela, além de apresentarem um acúmulo de raízes no anel superior do vaso, à medida que o nível de compactação aumenta. O mata pasto sobressaiu como a espécie com maior potencial para crescer em camadas compactadas de solo.

Foloni (1999), estudando cinco plantas de cobertura (guandu, guandu anão, mucuna preta, lab-lab e a crotalária juncea) em função da compactação do solo, verificou que a crotalária juncea mostrou um grande potencial como descompactadora do solo, pois foi à espécie com maior densidade de comprimento radicular na camada compactada. A mucuna preta apresentou maior volume radicular e acúmulo de matéria seca de raízes abaixo da camada compactada, mostrando seu potencial em aumentar a aeração do solo.

Müller et al. (1999), avaliaram cinco espécies vegetais utilizadas como cobertura de inverno (aveia preta, aveia branca, nabo forrageiro, ervilhaca e tremoço branco), concluindo que as gramíneas e o nabo forrageiro mostraram maior potencial para crescer em camadas compactadas.

Piffer (2004), comparando três plantas de cobertura (amaranto, milho e pé de galinha), submetidas a quatro níveis de compactação (1,21; 1,31; 1,41 e 1,51 Mg m⁻³) em dois tipos de solos (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e NITOSSOLO VERMELHO Distroférico), verificou que o milho proporcionou maior quantidade de massa seca na parte aérea em ambos os solos, mostrando ter melhor característica para cobertura do solo, em relação às demais espécies; o pé de galinha apresentou o sistema radicular com maior comprimento, volume e massa seca, penetrando nas camadas compactadas dos solos até a densidade 1,41 Mg m⁻³, em relação às demais espécies.

Estudando cinco plantas de cobertura (milho, sorgo de guiné, girassol, crotalária juncea e crotalária spectabilis) submetidas a quatro níveis de compactação

do solo, Pace et al. (1999), observaram que o aumento da densidade do solo reduziu significativamente o acúmulo de matéria seca, volume e comprimento radicular.

4.4 Manejo das plantas de cobertura vegetal

Nas culturas implantadas com a finalidade de cobertura do solo, a adubação verde e mesmo as produtoras de grãos com alta produção de biomassa na parte aérea, torna-se por vezes, necessário um manejo especial para fracionar, reposicionar e/ou colocar o material em contato com a superfície do solo. Essa operação está diretamente relacionada ao tipo de preparo do solo que será realizado e aos mecanismos sulcadores das semeadoras-adubadoras (LEVIEN et al., 1998).

Um dos aspectos importantes quanto ao uso de vegetação para cobertura do solo é o tipo de tratamento que se dá à massa verde resultante. O manejo adotado vai depender da disponibilidade dos implementos, da capacidade operacional e dos custos operacionais. No caso de uma área em pousio, dependerá também das espécies infestantes, suas quantidades e do estágio fenológico em que se encontram (PONTES, 1999).

Casão Júnior et al. (1989), citam que o manejo da resteva das culturas e adubos verdes tem como finalidade cortar, reduzindo o comprimento dos restos culturais e coberturas vegetais, permitindo assim, melhores condições de desempenho dos implementos de preparo do solo, ou propiciar o dessecamento e morte dessa vegetação para que se efetue a semeadura direta.

O melhor momento para o manejo das palhadas de culturas destinadas à cobertura do solo, corresponde ao estágio de floração plena, quando as plantas acumulam a maior quantidade de fitomassa por unidade de área cultivada. No caso de cereais de inverno, o manejo anterior a esse estágio pode provocar rebrotas nas plantas, requerendo novas operações mecânicas ou dessecações adicionais. Por outro lado, o manejo posterior a esse estágio, pode permitir a produção de sementes fisiologicamente maduras, que poderão tornar-se plantas daninhas na cultura comercial a ser estabelecida (DENARDIN; KOCHHANN, 1993).

Abboud e Duque (1995), estudando a caracterização de leguminosas para cobertura vegetal no período da seca, demonstraram que caso os agricultores queiram cortar as plantas de cobertura no período da floração como é comumente recomendado, é

possível que se façam dois cortes antes do período da safra, aumentando-se a produção de material orgânico produzido.

A má distribuição dos resíduos causa efeito sobre a incidência de invasoras, devido à permanência de faixas com menor cobertura do solo e assim mais propícia à infestação. O mecanismo de corte da palha da semeadora pode se tornar ineficiente na faixa onde ocorreu maior concentração de palha. Nos preparos conservacionistas, em que há alguma mobilização do solo, podem ocorrer embuchamentos constantes. Outros problemas poderão ocorrer como diferenças de temperatura, teor de água e nutrientes, especialmente de nitrogênio (DERPSCH et al., 1991).

Os métodos de manejo que fragmentam mais a cobertura vegetal proporcionarão um maior contato com o solo, acarretando numa decomposição mais acelerada (HERNANI; SALTON, 1997).

Segundo Levien et al. (2001a), o manejo mecânico de plantas de cobertura, normalmente é efetuado no estágio em que estas não possuem sementes viáveis. Apresenta como vantagens o não uso de produtos químicos para dessecação e deixa as plantas em fragmentos menores sobre o solo, o que facilita posteriormente a operação de semeadura. Como as principais desvantagens citam o tráfego causado pelos rodados do trator sobre o solo, bem como uma aceleração na decomposição das plantas fragmentadas, o que pode não ser desejável em algumas situações.

Araújo et al. (1993), relataram que o manejo mecânico da vegetação por rolo faca pode ser realizado pelo corte total de massa vegetal ou simplesmente pelo acamamento e seccionamento dos canais internos de fluxo de seiva, resultando na morte das plantas, em ambos os casos. No primeiro caso, o material perde umidade e se decompõe com maior rapidez e a operação de preparo primário do solo fica facilitada. O segundo caso é recomendado para o manejo de plantas formadoras de cobertura morta, quando se deseja realizar o plantio direto, pois a palha seca e presa ao solo reduz o número de embuchamentos no plantio.

Segundo Denardin e Kochhman (1993), o rolo faca apresenta como desvantagem o elevado custo de aquisição e o risco de compactação do solo, além de exigir que as operações subsequentes sejam realizadas no mesmo sentido da rolagem, para evitar embuchamento.

O manejo de coberturas vegetais através do acamamento e corte, é uma prática necessária e fundamental para a viabilização do uso de semeadoras-adubadoras, para controlar plantas daninhas pelo abafamento e efeito alelopático, além do auxílio decisivo e eficiente no controle da erosão dos solos (WEISS et al., 1998).

O triturador de palha tratorizado é uma alternativa para o manejo de restos culturais em quantidades elevadas ou de culturas implantadas para adubação verde com grande quantidade de massa. Apesar do triturador de palhas tratorizado proporcionar uniforme distribuição do material vegetal em toda a sua largura de trabalho, cuidados nessa operação devem ser tomados, para que as lâminas não atinjam o solo, expondo-o, favorecendo a emergência de plantas daninhas, além de gerar elevados picos de torque, por esse impacto com o solo (LEVIEN et al., 1998).

As grades são classificadas como implementos utilizados no preparo secundário do solo, porém também podem ser utilizadas no preparo primário com o objetivo de inverter uma camada superficial do solo, para a incorporação de restos de cultura e adubos verdes (BALASTREIRE, 1987). O uso da grade de discos, mesmo com pequeno ângulo de travamento, apresenta o inconveniente de mobilizar uma camada superficial do solo, favorecendo a germinação de sementes de plantas daninhas (DENARDIN; KOCHHMAN, 1993).

A roçadora é um equipamento bastante encontrado em propriedades agrícolas e também pode ser utilizada no manejo de adubos verdes ou de resíduos culturais. De arrasto ou de engate, possui facas de rotação horizontal, fixas num eixo vertical que é acionado pela tomada de potência. Podem, também, apresentar correntes, como órgão ativo picador, no lugar de facas. As roçadoras normalmente proporcionaram uma deposição dos resíduos picados em leivas. Os trilhos laterais dos implementos deixam marcas na superfície do solo, empurrando os restos vegetais para os lados. Uma construção adequada permite a distribuição uniforme de massa verde cortada sobre a superfície do solo (Derpsch et al, 1991).

As roçadoras trabalham em condições severas, independentemente de as culturas estarem secas ou verdes. Elas operam em rotações mais elevadas e não dependem do estado do solo. (SILVEIRA, 1989a). Os órgãos ativos das roçadoras (facas) agem por cisalhamento, por meio da ação de um gume afiado, contra os colmos dos vegetais. Quando as

facas se tornam cegas, o corte é feito pelo impacto, consumindo maior potência e piorando a qualidade do serviço (SILVEIRA, 1989b).

De acordo com Denardin e Kochhman (1993), a roçadora distribui desuniformemente o material roçado na superfície do solo e promove o esfacelamento da parte aérea das plantas de cobertura, contribuindo para aumentar a velocidade de decomposição do material vegetal.

Um dos problemas verificados em trabalhos com trituradores de palhas tratorizados e com roçadoras, é o impacto dos órgãos ativos contra a superfície do solo, devido às irregularidades naturais do terreno, causando-lhe revolvimento, falta de cobertura localizada e gerando valores de picos de torque bastante elevados (ALMEIDA; BENEZ, 1997).

O manejo da vegetação por métodos químicos dá-se basicamente pela utilização de herbicidas de ação total, isto é, herbicidas que não possuem seletividade, eliminando todo o tipo de vegetal presente. O controle químico pode ser realizado através de pulverizações aéreas, tratorizadas ou costais (BARKER et al., 1982).

Se a cultura de cobertura for destinada à produção de grãos, o ponto chave do manejo dos restos culturais reside na colheita. A colhedora utilizada na colheita dos grãos deverá estar equipada com picador/distribuidor de palha, bem regulado, para que a palha seja adequadamente fracionada e distribuída com a máxima uniformidade possível, em uma faixa com largura semelhante à largura de corte da máquina (DENARDIN; KOCHHANN, 1993; ROMAN; VELLOSO, 1993).

4.5 Preparo do solo

O solo é o meio material sobre o qual se baseia a produção de alimentos para a humanidade sendo constituído por um complexo conjunto de fatores bióticos e abióticos, que possibilitam o crescimento, o desenvolvimento e a produção dos vegetais. A formação do solo é um processo que demora muitos anos, porém a sua destruição através de práticas de manejo inadequadas pode ser muito rápida, resultando em grandes prejuízos para uma nação (BIGNOLI, 1987).

O preparo do solo pode ser definido como a manipulação física, química ou biológica do solo, buscando otimizar as condições para a germinação das

sementes, para a emergência das plântulas, bem como para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas cultivadas (CASTRO, 1989; VEIGA; AMADO, 1994).

Independentemente do sistema de produção agrícola, a etapa referente ao preparo do solo e implantação das culturas é uma das mais importantes, devido não somente ao seu elevado custo operacional, em relação ao custo total do empreendimento, como também, sendo a inicial, refletirá no desenvolvimento e na produtividade das culturas (HÅKANSON, 1994).

O preparo do solo tem como finalidade a mobilização e o destorroamento, o controle de plantas daninhas, a minimização da erosão do solo, o aumento da infiltração e do armazenamento de água proveniente das precipitações pluviométricas, bem como a promoção de aquecimento e secagem do ambiente das sementes e a minimização de prejuízos ao rendimento das culturas decorrentes de ataques de pragas e moléstias, proporcionando assim, condições favoráveis para a semeadura, cultivo, adubação e também uma compactação desejável para o desenvolvimento radicular das plantas (GUPTA; LARSON, 1982; HADAS et al., 1985).

Mazuchowski e Derpsch (1984), enumeram alguns objetivos do preparo do solo, quais sejam: eliminar camadas compactadas, incorporar e misturar calcário e/ou produtos agroquímicos ao solo e nivelar o terreno para que as máquinas utilizadas desde a semeadura até a colheita possam apresentar um bom desempenho. Estes objetivos devem ser atingidos com o menor número possível de operações, para reduzir o consumo de combustível e a demanda de tempo e conservar melhor os solos.

Para Fasolo (1996), os métodos empregados no preparo do solo devem objetivar a formação de um ambiente adequado para a semeadura, de maneira a favorecer o plantio na época adequada e tornar o solo eficiente quanto à captação da água das chuvas. Os implementos a serem utilizados devem levar em conta a textura, a estrutura e a consistência dos solos existentes.

Basicamente, o preparo altera o posicionamento de materiais na superfície e no interior da camada de solo mobilizada. Dependendo do tipo de ferramenta e da sua profundidade de atuação, este reposicionamento altera a resistência do solo, à aeração, as características hídricas, as propriedades térmicas, assim como muda a posição de resíduos vegetais, fertilizantes e defensivos. A necessidade ou não destes reposicionamentos depende

das condições do solo antes do preparo, das exigências da cultura a ser instalada e das condições climáticas (VAN DOREN JUNIOR; REICOSKY, 1987).

As condições físicas produzidas por um dado implemento de preparo ou combinação de implementos variam muito, dependendo do tipo de solo, teor de água no momento do preparo, frequência das operações e manejo da cultura anterior (LALL, 1991).

Segundo Gamero et al. (1997), os itens que devem ser levados em consideração para a escolha de um ou outro método de preparo são: o tipo de solo, a sua declividade e susceptibilidade a erosão, o regime de chuvas, as culturas a serem empregadas nos sistemas de cultivo e o tempo disponível para a realização das diversas operações agrícolas no ano. Portanto, a forma mais correta de preparo do solo deve ser decisiva para a escolha dos equipamentos a serem empregados, e não o contrário. Atualmente existem várias alternativas de métodos de preparo, desde os que revolvem totalmente o solo até os que mobilizam o mínimo necessário.

Henklain (1997), cita o aumento das preocupações com o manejo racional do solo, procurando deixá-lo em condições apropriadas para o desenvolvimento e produção das plantas cultivadas, assim como preservá-lo como recurso natural. Portanto, os implementos de preparo devem se adaptar às condições e tipos de solos, visando principalmente à preservação das características físico-químicas na camada de solo preparada, evitando a desagregação excessiva da cobertura dos restos culturais, aumentando a infiltração e conseqüentemente, mantendo as condições de meio em um nível sustentável e duradouro.

Equipamentos utilizados no preparo do solo, na medida do possível, devem exigir o mínimo esforço, com máximo rendimento das operações, fatores influenciados pela escolha do equipamento, seu projeto, regulagens, manutenção, trabalhando dentro dos teores apropriados de água no solo, velocidade compatível com a operação, profundidade e largura de trabalho que otimizem a operação (CASÃO JÚNIOR et al., 1992).

A introdução e o uso dos mais variados equipamentos de preparo do solo em culturas anuais solucionou diversos problemas da agricultura, ao mesmo tempo em que causou outros. É comum o agricultor adotar determinado sistema de manejo do solo, repetindo-o ao longo dos anos por considerá-lo vantajoso nas condições da sua propriedade, porém desconhecendo os prejuízos que isso pode causar (BOLLER, 1996).

De acordo com Mielniczuk (1994), o efeito da mobilização do solo é preponderante sobre o efeito de sistemas de culturas em relação às características do solo. A incorporação total dos resíduos pelo revolvimento expõe o solo à erosão, a variação de temperatura e umidade e provoca a redução no teor de carbono orgânico e nitrogênio total.

A perda da camada arável significa não só a perda de solo e de sua fertilidade natural, como também dos nutrientes minerais que são colocados para as culturas. As perdas de nutrientes e matéria orgânica são proporcionais às perdas do solo, cujas quantidades dependem do grau de mobilização que cada preparo propicia, ocorrendo perdas diretas na produtividade das culturas (LUCARELLI et al., 1996; HENKLAIN, 1997).

Os resultados do uso impróprio de equipamentos para o preparo do solo vem sendo observados, traduzindo-se em diminuição da eficiência dos insumos aplicados, degradação do solo, erosão, enchentes, assoreamento e poluição dos cursos d'água, redução da produtividade das lavouras e empobrecimento dos agricultores, culminando com o abandono da terra, devido aos elevados custos da sua recuperação (MIELNICZUCK; SCHNEIDER, 1984).

A compactação subsuperficial deve-se principalmente ao intenso tráfego e operações de máquinas e implementos pesados sobre o solo, aliado ao preparo em condições de umidade elevada (SALVADOR, 1992; SCHULLER; WOOD, 1992).

A maior intensidade de preparo do solo está associada à redução de cobertura, rugosidade, porosidade e ao aumento do grau de pulverização da camada superficial, favorecendo a formação de selamento, crosta e compactação subsuperficial (CASSEL et al., 1995).

Castro (1989), salienta que a repetição das operações de preparo, sempre a mesma profundidade, provoca a formação de uma camada compactada (pé-de-arado ou pé-de-grade), que pode ficar tão densa, a ponto de limitar a infiltração da água e a penetração das raízes. Lembra também, que nos solos descobertos e desagregados pela ação das máquinas de preparo, podem formar uma crosta compactada superficial, por ação do impacto das gotas de chuva ou de irrigação e que esta exerce maior efeito na redução da absorção de água que o tipo de solo, a declividade do terreno ou seu teor de água.

Galeti (1983) e Sturny (1987), afirmam que as operações mais profundas, como aração, escarificação e subsolagem, são denominadas de preparo primário,

pois visa à descompactação do solo para desfazer os efeitos danosos causados a estrutura pelo trânsito de máquinas e precipitação pluvial. Já o secundário, tem a finalidade de produzir um leito de semeadura suficientemente destorroado e nivelado, o que deve ser atingido, sempre que possível, através de uma única operação.

Soahne e Pidgeon (1975), observaram que o preparo secundário realizado por grades niveladoras, pode ser responsável pela reversão de grande parte dos efeitos positivos do preparo primário, tornando a compactar o solo pelo efeito do equipamento e pelo tráfego dos rodados dos tratores.

A modernização da agricultura tem exigido máquinas maiores e mais potentes, com o objetivo de obter maior capacidade operacional das operações agrícolas. Contudo, essa modernização tem o propósito de lucros imediatos através de sistemas intensivos e inadequados de preparo pela mecanização pesada, não fazendo um planejamento racional de uso do solo (HENKLAIN, 1997).

Na agricultura mecanizada o preparo do solo é uma operação básica, caracterizada por objetivos complexos, elevado número de métodos e grande diversidade de opiniões. Em muitos casos, a utilização das práticas de preparo do solo são mais influenciadas pela tradição e intuição, do que por uma análise mais racional (GAMERO, 1991).

As operações de preparo do solo são consideradas, dentro de um sistema de produção, como técnicas de grande importância na agricultura mecanizada. Com a escassez de combustíveis fósseis, torna-se necessário o desenvolvimento de novas técnicas de preparo que proporcionem ao agricultor, maiores vantagens econômicas, preservando-se o solo como um recurso natural (GAMERO, 1985).

4.5.1 Preparo convencional

O preparo do solo denominado convencional tem definição arbitrária e subjetiva. Contudo, designa-se a técnica de aumentar o grau de mobilização e desagregação do solo, propiciando condições para a semeadura, a germinação e o desenvolvimento das plantas (MELLO, 1988).

O preparo do solo pelo método convencional normalmente é realizado em duas etapas. Na primeira, mobiliza-se o solo a uma profundidade em torno de 20 a 25 cm

com arado (disco ou aiveca) ou grade pesada. Na segunda etapa, a mobilização do solo é mais superficial, geralmente em torno de 15 cm, com uma ou mais passadas de grade niveladora, mesmo que na prática um maior número de operações seja mais freqüente. Porém, o alto consumo de combustível, a baixa eficiência de trabalho e a dificuldade de obter-se a profundidade desejada quando o solo esta seco, dificulta a utilização desses equipamentos (ORTIZ-CANAVATE, 1980; DERPSCH et al., 1991).

O arado é um equipamento que corta, eleva, inverte e esboroa as leivas, de modo a deixar a face superficial do solo voltada para baixo (GADANHA JÚNIOR et al., 1991). Já a grade leve complementa o preparo do solo realizado pelo arado, no sentido de desagregar torrões, nivelar a superfície do solo para facilitar a semeadura, diminuir os vazios que resultam entre os torrões e destruir os sistemas de vasos capilares que se formam na camada superior do solo, a fim de evitar a evaporação de água das camadas mais profundas. Podem ainda ser utilizadas para a inversão de uma camada superficial do solo para a incorporação de fertilizantes ou defensivos, enterrio de sementes miúdas semeadas a lanço, eliminação de plantas daninhas recém germinadas, etc. (BALASTREIRE, 1987).

Benez (1972), cita que a principal característica do preparo convencional é o alto grau de mobilização e desagregação a que o solo é submetido com o intuito de obter uma semeadura sem obstáculos; porém, possui o inconveniente de compactar o solo, destruí-lhe a estrutura, reduzir a infiltração, aumentar a erosão, favorecer o crescimento de plantas daninhas e principalmente proporcionar alto custo, quando comparado aos sistemas de cultivo mínimo.

Castro (1989), afirma que o excessivo destorroamento comum no preparo convencional, facilita o encrostamento superficial do solo. Em razão disso, a emergência das plântulas é dificultada, podendo ocorrer menores estandes e produtividades das culturas ou até mesmo provocar a necessidade de repetir a semeadura.

No preparo convencional, a superfície do solo permanece exposta às condições climáticas por longos períodos, aos efeitos conjugados das chuvas, do vento e das mudanças de temperatura que depauperam sua estrutura, acelerando a decomposição da matéria orgânica que mantém unida suas partículas de solo. No Brasil, as pesadas chuvas tropicais determinam consideráveis danos ao solo, em virtude do grande impacto mecânico

das gotas sobre o mesmo e conseqüentemente, ocorrência de perda de solo e água por erosão em quantidades acima dos limites toleráveis (SCHULTZ, 1978).

O modo e os equipamentos com os quais o preparo convencional pode ser realizado variam muito de local para local e mesmo dentro de uma propriedade, dependendo da cultura anterior, quantidade e tipo de resíduos presentes na superfície do solo, número e épocas de realização das operações (LEVIEN, 1999).

4.5.2 Cultivo mínimo

Segundo Schertz e Becherer (1994), na conceituação de cultivo mínimo ou preparo reduzido no início dos anos 60, levava-se em conta apenas à redução da mobilização do solo e do tráfego de máquinas, mas com o passar dos anos, cada vez mais se deu importância aos resíduos culturais que permaneciam na superfície do solo. Nos anos 80, o preparo conservacionista foi definido como um sistema que proporcionasse pelo menos 30% de cobertura da superfície por resíduos culturais após a semeadura (ALLMARAS; DOWBY, 1985; MAGLEBY; SCHERTZ, 1988; ASAE, 1992). Já nos anos 90, passou-se a definir preparo conservacionista como um sistema que deixava uma quantidade de resíduos sobre a superfície suficiente para protegê-lo da erosão durante todo o ano (REEDER, 1992).

A manutenção de pelo menos 30% de cobertura sobre a superfície do solo, reduz a evaporação e aumenta a taxa de infiltração de água, ocasionando maior disponibilidade desta às plantas, podendo refletir-se em maiores produtividades. A evaporação é a principal causa de perda de água armazenada no solo no período que vai desde a semeadura até quando o mesmo estiver totalmente coberto pela cultura (SALTON; MIELNICZUK, 1995).

Os sistemas de preparo podem contribuir no controle da erosão pela quantidade de resíduos que permanecem na superfície após o revolvimento (CASTRO FILHO et al., 1991; MERTEN, 1997), pelo efeito da rugosidade superficial que contribui para o aumento da infiltração e redução da enxurrada (MERTEN, 1997), pela massa de raízes e a quantidade de resíduos incorporada também podem auxiliar a reduzir a erosão, mas em menor grau do que os na superfície (STRECK, 1999).

Dallmeyer (1994), cita que o preparo reduzido proporciona menor incorporação de resíduos vegetais em um menor número de operações, sendo vantajoso em relação aos sistemas convencionais em função do menor custo do preparo e redução nas perdas de solo e água.

O princípio básico do preparo reduzido é de cultivar estritamente o necessário, observando-se o teor de água do solo e principalmente, a profundidade de preparo que deve ser modificada em cada período de cultivo (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

Denardin (1984), enfatiza que o cultivo mínimo ou reduzido não implica na redução da profundidade de mobilização do solo, mas sim na diminuição do número de operações necessárias para dar condições ao estabelecimento das culturas. O autor considera uma aração ou uma escarificação seguidas por apenas uma gradagem, como sendo métodos de cultivo mínimo do solo.

O principal objetivo do cultivo mínimo é a mínima manipulação possível do solo para uma satisfatória sementeira ou plantio, germinação, lotação, crescimento e produção de uma cultura. As mais frequentes tentativas neste campo tem sido eliminar ou reduzir a severidade de algumas operações, assim como diminuir o tráfego do trator no solo cultivado (BENEZ, 1972; PERTICARRARI; IDE, 1988).

Problemas de solo como camadas compactadas superficial e subsuperficial por chuvas, animais, máquinas e implementos podem se constituir em entraves sérios para preparos do solo. Processos naturais como molhamento e secagem, canais de minhocas e raízes, podem quebrar camadas compactadas. Porém o uso de escarificador pode acelerar o processo no início, no entanto, esta operação é de pequena avaliação se a compactação é reintroduzida, subseqüentemente, por tráfego ou por preparo (EVANS et al., 1996).

O escarificador é um implemento cuja função é promover a desagregação do solo, no sentido de baixo para cima, realizando mobilização até a profundidade de 35 cm; rompe camadas compactadas (sem desperdiçar os restos de cultura ou adubação verde); aumenta a infiltração de água; protege a superfície do solo tanto pela rugosidade superficial como pelo aumento da cobertura morta, diminuindo os problemas de erosão e mobiliza nutrientes do perfil do solo, possibilitando que as raízes alcancem maiores profundidades (CASTRO, 1989; HENKLAIN; CASÃO JÚNIOR, 1989; GADANHA JÚNIOR et al., 1991; FIGUEIREDO; MAGALHÃES, 1992; COELHO et al., 1993).

O cultivo mínimo do solo com escarificador equipado com cilindro destorroador mantém níveis significativamente mais elevados de cobertura vegetal morta na superfície do solo, quando comparado com o mesmo equipamento sem o destorroador, seguido por uma gradagem leve (BOLLER; FAVORETTO, 1998).

Um dos problemas inicialmente enfrentados na adoção de preparos que empregam equipamentos de hastes, foi o embuchamento causado pelos restos culturais sobre a superfície do solo (DERPSCH et al., 1985). Com a utilização de discos de corte ou segas circulares colocados à frente das hastes, este problema pode ser eliminado, além de conseguir uma redução de 15% no esforço de tração e de 12% na resistência específica do solo ao corte (BALBUENA et al., 1998).

4.5.3 Plantio direto

Devido à necessidade de se produzir alimentos em larga escala, alguns sistemas de produção vêm esgotando e empobrecendo os solos, pois são usados de maneira inadequada. Diante destes fatores, a agricultura tem buscado sistemas e práticas que visam a maior preservação do solo e dos recursos naturais. Um desses sistemas de manejo que tem desenvolvido bastante no cenário agrícola nacional é o sistema de plantio direto (MELLO et al., 1998a).

A etimologia plantio direto deriva-se de termo inglês “no tillage”, cujo conceito, inicialmente adotado, significa “sem preparo”, e foi definido como sistema de plantio na qual a semente é depositada diretamente no solo não preparado, onde os resíduos da cultura anterior permanecem na superfície e as plantas daninhas são controladas quimicamente (MUZZILI, 1985a; DERPSCH et al., 1991).

O plantio direto consiste na mobilização apenas na linha da semeadura, com o solo parcialmente ou totalmente coberto com plantas de cobertura ou restos culturais (WEISS et al., 1998; ARAÚJO et al., 2001).

O plantio direto procura, fundamentalmente, a substituição gradativa de processos mecânico-químico por processos biológico-culturais de manejo do solo e uma maior eficiência econômica decorrente da redução dos gastos com insumos, energia e controle da erosão (MUZZILI et al., 1997).

Segundo Muzilli (1985b), o sistema de plantio direto iniciou-se em 1971 no Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária Meridional do Ministério da Agricultura – IPEAME/MA, representando assim o marco inicial do plantio direto no Brasil.

Para a instalação do sistema de plantio direto, são requisitos básicos segundo Muzilli, 1985a; Castro, 1989 e Wendt, 1998: conhecimento e domínio de todas as fases do sistema; treinamento da mão de obra e gerenciamento; boa drenagem dos solos; eliminação de camadas compactadas; solos previamente preparados, livres de sulcos de erosão; correção da acidez antes de se iniciar o plantio direto; melhorar o nível de fertilidade do solo; eliminação de plantas daninhas perenes por cultivo mecânico ou por controle químico e não haver infestação das muito agressivas; máquinas e equipamentos apropriados; implantação de estrutura básica de conservação dos solos, como terraços e canais escoadouros; monitoramento físico e químico do solo; conscientização tanto de agricultores como da assistência técnica; jamais queimar restos culturais; restos de culturas na superfície devem cobrir pelo menos 50% do solo, ou gerar 4 a 6 t/ha de matéria seca para cobertura do solo; sistematização e dimensionamento dos talhões para operações de plantio e colheita; colhedora equipada com picador e distribuidor de palha.

O plantio direto surge como tecnologia avançada de uso do solo, proporcionando benefícios comprovados na conservação do solo e na economicidade quando se compara com sistemas convencionais de cultivo. Entretanto, requer maior nível de conhecimentos técnicos sobre planejamento de uso da terra, controle de plantas daninhas e prévio condicionamento físico e químico do solo (SILVA; RESCK, 1997).

Na busca por sistemas de manejo que diminuam a perda de solo e favoreçam o aproveitamento da água, o sistema de plantio direto tem-se caracterizado por apresentar, principalmente na camada superficial, maior estabilidade estrutural, o que, aliado à manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo, têm proporcionado maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, favorecendo a infiltração e redução da perda de água por escoamento superficial (ROTH; VIEIRA, 1983; ALMEIDA, 1985).

No sistema de plantio direto é desejável que os resíduos vegetais provenientes das coberturas vegetais, restos de culturas ou vegetação espontânea permaneçam na superfície do solo, criando um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal,

contribuindo para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção da qualidade do solo. (SILVA, 2000a; ALVARENGA et al., 2001).

O plantio direto como sistema de produção agrícola está diretamente relacionada com as alterações observadas na dinâmica de decomposição dos resíduos vegetais, considerando o não revolvimento do solo (FRANCHINI et al., 2000). O não revolvimento leva a uma decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, quando comparada à incorporação realizada por meio de operações de preparo convencional (HOLTZ; SÁ, 1995).

Segundo Ceretta et al. (2002a), o sucesso do plantio direto depende da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano, o que significa que áreas destinadas às culturas de primavera-verão não devem permanecer em pousio durante o inverno. Os autores salientam ainda, que o sistema de plantio direto propicia a antecipação da semeadura por dispensar o tempo gasto no preparo do solo.

O sistema de plantio direto está diretamente relacionado com o uso de rotação de culturas com a inclusão de plantas de cobertura, para conciliar o rendimento econômico com a preservação da capacidade produtiva do solo. A rotação de culturas com espécies de raízes agressivas pode permitir a continuidade desse sistema sem interrupções, mesmo quando a compactação superficial de solo ocorre (AMARAL et al., 2004).

A adoção do sistema plantio direto implica em uma série de vantagens para o agricultor e o solo, segundo Castro (1989); Albuquerque et al. (1995); Ehlers, (2000) e Cury, (2000): maior produtividade em anos com estiagem; menor volume de chuva para iniciar o plantio; economia de combustível em relação ao preparo convencional; aumento da vida útil das máquinas, em função da menor utilização e de trabalhos mais leves; maior atividade biológica do solo, pelo aumento na matéria orgânica e da menor oscilação térmica do solo; maior eficiência no controle da erosão, reduzindo em até 80% as perdas do solo e água em relação ao convencional; a cobertura morta induz uma menor evaporação e um maior armazenamento de água no solo, resultando em germinação e emergência mais uniformes; redução a médio e longo prazo dos custos de produção, devido ao menor uso de fertilizantes, agrotóxicos, número de implementos e uso da mão-de-obra; semeadura em época adequada.

Além da vantagem de conservação do solo, o sistema de plantio direto possibilita o melhor manejo das plantas daninhas, devido ao fato do não revolvimento do solo

inviabilizar grande parte das sementes destas plantas após alguns anos, reduzindo assim o banco de sementes no solo, e conseqüentemente, o potencial de infestação (DEUBER, 1997).

Derpsch et al. (1991), consideram como desvantagens do sistema de plantio direto o aumento de danos às culturas, causados por geada, devido à cobertura morta; os custos mais elevados da maquinaria; a maior dependência de herbicidas, o que exige maior conhecimento de plantas daninhas; exigência por motivos fitossanitários, de um sistema de rotação de culturas bastante diversificado, evitando quedas na produtividade e a exigência de práticas agrícolas, por exemplo, aceiros, para prevenir a ocorrência de queimadas acidentais da cobertura morta do solo, principalmente em áreas próximas às rodovias.

O conceito de plantio direto assume a visão integrada de um sistema, envolvendo a combinação de práticas culturais ou biológicas, tais como: o uso de produtos químicos ou práticas mecânicas no manejo de culturas destinadas à adubação verde, para a formação e manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo; a adoção de métodos integrados de controle de plantas daninhas, através de cobertura do solo e herbicidas e o não revolvimento do solo, exceto nos sulcos de semeadura (SÁ, 1995).

4.6 Influência do preparo do solo e da cobertura vegetal na cultura de milho

O milho é uma cultura que têm muitas utilidades nos mercados interno e externo, podendo ser considerado como um fator de equilíbrio da propriedade, já que pode ser usado tanto para a alimentação humana como animal (MEREGE; MARTINS, 1997). Apesar de não ter uma participação muito grande no uso de milho em grão, a alimentação humana, com derivados de milho, constitui fator importante de seu uso em regiões com baixa renda (DUARTE, 2003). Porém, recentemente sua utilização se ampliou para a industrialização com a produção de amido, álcool, adoçantes, óleos e fonte de biocombustíveis (AGRIANUAL, 2004).

Os três maiores produtores de milho no mundo continuam os mesmos e na mesma ordem há duas décadas, variando apenas as proporções: Estados Unidos aparecem como primeiro, representando 40% do mercado; a China em segundo, com 20% e o Brasil, ocupando a terceira colocação com 6,6% do mercado mundial (AGRIANUAL, 2007).

A cultura do milho continua em destaque no cenário nacional de produção de grãos, pois além de ser fundamental nos sistemas de produção agrícola contribuindo para melhoria das características do solo, possui relevante importância no agronegócio nacional com perspectivas promissoras a exportações. Sua produção também é estimulada pelo alto consumo do produto como fonte de alimentação para a criação de animais, com destaque para a avicultura, suinocultura e bovinocultura (CORRÊA et al., 2004).

O milho tem um alto potencial produtivo, alcançando 16 t ha⁻¹ de grãos, no Brasil, em condições experimentais e por agricultores que adotam tecnologias adequadas. No entanto, o que se observa na prática são produtividades muito baixas e irregulares, cerca de 3,9 t ha⁻¹ de grãos (CONAB, 2008). Segundo Coelho e França (1995), a fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis por essa baixa produtividade. Já Von Pinho (2001), cita que a razão da baixa produtividade é a diversidade de métodos de cultivo, sendo 43% da área cultivada com milho consideradas como cultura de subsistência e apenas 11% utilizando alta tecnologia. De acordo com Silva (2004), a baixa produtividade é devido a não adequação de vários fatores como a fertilidade do solo, população, arranjo de plantas, escolha de cultivares adaptados a cada condição de manejo e clima e práticas culturais.

As épocas de semeadura do milho referem-se ao período em que a cultura tem maior probabilidade de encontrar condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Nesse sentido, embora as plantas respondam a interação de todos os fatores climáticos, a precipitação pluvial, a temperatura e a radiação solar são os que tem maior influência no desenvolvimento da cultura e conseqüentemente na sua produtividade final (LAZZAROTTO et al., 1997).

Para Merege e Martins (1997), nas condições do Estado de São Paulo, as épocas de semeadura são de outubro a novembro para a safra normal e de janeiro a março para o milho safrinha. O espaçamento recomendado é de 0,8 a 1,0 metros entre linhas, com densidade de 5 a 8 sementes por metro, perfazendo cerca de 50 mil plantas por hectare.

O emprego da cultura do milho dentro de programas de rotação de culturas tem assegurado a reposição e a manutenção da palhada em quantidade suficiente para diferentes sistemas de produção, fundamentados no mínimo revolvimento do solo. Além de sua contribuição para a manutenção da cobertura morta e da matéria orgânica do solo, seus

resíduos apresentam considerável capacidade de controle das invasoras, redução da incidência de pragas e doenças e efeitos benéficos sobre a capacidade produtiva das outras culturas que compõe o sistema de rotação (FANCELLI, 1993).

Swan et al. (1996), observaram que o resíduo da cultura do milho é um dos mais eficazes em reduzir a temperatura do solo, devido a grande quantidade de massa produzida, lenta decomposição e elevado albedo.

Comparando o plantio direto, preparo convencional (uma aração e duas gradagens leves), cultivo mínimo (gradagem média e gradagem leve) e plantio direto com escarificação a cada três anos, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, Pauletti et al. (2003), observaram que a produtividade do milho não apresentou diferença significativa entre os tratamentos de manejo do solo.

Segundo Silveira e Stone (2003), os sistemas de manejo do solo (aração com arado de aiveca, aração com grade aradora e plantio direto) afetaram a produtividade do milho, tendo o preparo com arado propiciado maiores produtividades em comparação ao plantio direto.

Para Secco e Reinert (1997), a mobilização do solo com escarificador teve efeito positivo e estatisticamente significativo na produtividade da cultura do milho em relação ao plantio direto.

Mello et al. (1998b), estudaram a produção de grãos na cultura do milho em cultivo mínimo com escarificação e em plantio direto. Os resultados mostraram que a produção de grãos nas parcelas escarificadas foram significativamente superiores à produção no sistema de plantio direto.

Silva (2000a), comparando o preparo convencional, preparo com escarificação e o plantio direto na cultura do milho, concluiu que os sistemas de manejo do solo não influenciaram no diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga, massa seca e produtividade de grãos.

Estudando o preparo do solo na cultura do milho, Fernandes et al. (1999), concluíram que o sistema de plantio direto proporcionou maior produção de grãos e massa seca, em relação ao preparo convencional com arado de disco e de aiveca.

De acordo com Bertolini (2005), os sistemas de manejo do solo (preparo com escarificação e plantio direto) não demonstraram diferenças estatísticas na altura, produtividade e massa seca das plantas de milho.

Avaliando a produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura (mucuna-preta, guandu, crotalária juncea, milheto e vegetação espontânea) nos sistemas de plantio direto e de preparo convencional do solo (uma gradagem pesada e duas gradagens leves), Carvalho et al. (2004), concluíram que a crotalária juncea proporcionou aumento de 18,5% na produtividade do milho em sucessão, tanto em plantio direto quanto no sistema de preparo convencional do solo. Os autores observaram, ainda que, o sistema convencional apresentou maiores valores para população de plantas, altura de inserção da espiga, massa de espiga, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produtividade de grãos, em relação ao sistema de plantio direto.

Sodré Filho et al. (2004), avaliaram a produção de biomassa e cobertura do solo de diferentes espécies (aveia-preta, crotalária júncea, feijão-bravo-do-ceará, guandu, mucuna, girassol e milheto) em sucessão ao milho cultivado no preparo convencional e plantio direto em condições de Cerrado, os autores concluíram que a mucuna foi a espécie que apresentou a maior taxa de cobertura do solo durante seu crescimento e que a produção de biomassa do girassol não foi eficiente na cobertura do solo.

Comparando o azevém, nabo forrageiro, trevo e parcelas sem cobertura, Dapaah e Vyn (1998), verificaram que o nabo forrageiro proporcionou maior altura das plantas de milho, seis semanas após a semeadura. Os autores, concluíram ainda, que o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho foram melhores nas parcelas onde se utilizou plantas de cobertura do solo, do que com a aplicação de nitrogênio mineral.

Nota-se um interesse crescente, especialmente por parte dos produtores de milho, em incluir no sistema de produção outras espécies, como o nabo forrageiro, com vistas em diminuir o uso de fertilizantes nitrogenados minerais na cultura. A capacidade dessa espécie em ciclar o nitrogênio disponível do solo e o alto custo dos fertilizantes nitrogenados são fatores que contribuem para a inclusão dessa cultura em rotação com o milho. (GIACOMINI et al., 2004).

4.7 Demanda energética no preparo do solo

O monitoramento do desempenho do trator tem sido do interesse de pesquisadores há várias décadas, tendo como principal objetivo a otimização do desempenho para aumentar a eficiência do combustível de modo que produza máxima quantidade de trabalho por unidade consumida (MIALHE, 1996).

Conforme Garcia et al. (2005), é importante conhecer a capacidade da máquina a fim de selecionar a potência e os equipamentos que desempenharão as operações agrícolas em tempo hábil, evitando, dessa forma, custos adicionais com máquinas superdimensionadas, comum nas propriedades agrícolas.

Segundo Silva (1997), o objetivo da instrumentação de máquinas agrícolas para a realização de ensaio de campo é gerar informações através dos transdutores instalados nas máquinas e implementos, proporcionando o conhecimento de parâmetros que possibilitam dimensionar e racionalizar o uso de conjuntos motomecanizados na agricultura, em condições brasileiras e regionais dentro do país, possibilitando-se a comparação destes resultados com aqueles de ensaios de laboratório e os obtidos em outros países. Com a determinação de força de tração, muitos parâmetros são avaliados com o objetivo de minimizar as perdas de potência desde o motor até a barra de tração e, com isso, conseguir o menor esforço de tração com máximo rendimento operacional, reduzindo, portanto, os custos operacionais de produção.

O equipamento pode influenciar o esforço de tração conforme o tipo de ferramenta usada, as características do metal que está em contato com o solo, a superfície de contato com o solo, a curvatura, a forma e as condições da ferramenta onde a força é aplicada, regulagens, ângulo de tração e manutenção. O método de preparo do solo poderá também influenciar a força de tração e potência para operar a semeadora-adubadora (BOLLER et al., 1992).

Segundo Portela et al. (1993), no sistema convencional, o tempo necessário para o preparo e semeadura de um hectare varia de seis a sete horas e no sistema plantio direto necessita-se pouco mais de quarenta minutos e que, enquanto no sistema convencional são consumidos aproximadamente cinquenta e cinco litros de óleo diesel para preparar e semear um hectare, no sistema plantio direto o consumo reduz-se à sexta parte.

Jolankai et al. (1997), afirmam que os solos compactados consomem entre 5 e 25% mais combustível no preparo primário que os solos em boas condições físicas.

Toda e qualquer operação com máquinas agrícolas deve levar em consideração a velocidade de deslocamento do conjunto/implemento, uma vez que essa influência no gasto de combustível, na demanda de tração e na qualidade do serviço (SILVA, 2000b).

Silva (1997), em experimento realizado em NITOSSOLO VERMELHO Distrófico, obteve valores médios de força de tração de 39,80; 35,93; 38,30 e 37,23 kN com escarificador de sete hastes conjugado com rolo destorroador-nivelador, trabalhando a cerca de 21 cm de profundidade, respectivamente para as velocidades de deslocamento de 2,0; 3,0; 4,0; e 5,0 km h⁻¹. Já Silva et al. (2001), obtiveram valor de força de tração média de 22,81 kN para escarificador com sete hastes, trabalhando na profundidade de 25 cm num LATOSSOLO Roxo.

Pereira (2000), estudando três sistemas de manejo do solo (preparo convencional com grade pesada e grade leve, cultivo mínimo com escarificador e plantio direto) na cultura do milho, concluiu que o cultivo mínimo possibilitou menor força e potência na barra de tração, comparado ao preparo convencional, porém com elevado consumo de combustível.

Rodrigues e Gamero (2006), comparando três sistemas de manejo do solo (preparo convencional com duas gradagens pesadas e uma gradagem leve, cultivo mínimo com escarificador acoplado a rolo destorroador e plantio direto) e três coberturas vegetais (aveia preta, sorgo e vegetação espontânea), relataram que os sistemas de manejo do solo, apresentaram diferenças significativas na capacidade de campo efetiva, no consumo horário e operacional de combustível, sendo o sistema de plantio direto o que apresentou os melhores índices, independentemente da cobertura vegetal do solo.

Comparando manejos com arados de aiveca e de disco, seguidas por duas gradagens niveladoras e escarificação sem gradagem, Siqueira (1999b), observou na escarificação maiores força média na barra de tração, potência na barra de tração e capacidade de campo teórica e menores força de tração específica, potência específica, tempo teórico operacional, consumo de energia por área e por volume de solo mobilizado.

Salvador et al. (1993) trabalhando em Terra Roxa Estruturada, verificaram que a potência exigida na barra de tração foi maior no arado de disco do que na grade pesada e no escarificador. Para a força na barra de tração, a grade pesada e o escarificador superaram o arado de disco, provavelmente devido a maior massa da grade e ao maior volume de solo mobilizado pelo escarificador.

Silva (1992), verificou que em relação ao arado de disco e grade pesada, o escarificador proporcionou menores consumos horário e específico operacional de combustível e que o arado de disco demandou maiores potência na barra de tração, tempo efetivo demandado e consumos de combustível e de energia por área trabalhada.

Salvador e Benez (1993), verificaram que a ordem crescente de gasto de energia foi escarificador, grade pesada e arado de disco, demonstrando que o sistema baseado em escarificação obteve melhor aproveitamento energético, pois consumiu 9,3% menos energia que a gradagem pesada e 20,9% menos que a aração.

A substituição do preparo convencional pela escarificação, resultou na redução do tempo teórico de operação por unidade de área em 50,8% e no consumo de combustível por unidade de área preparada em 42,3% (BOLLER, 1996).

Silva (2004), comparando a demanda energética no preparo convencional (gradagem pesada seguida por duas gradagens leve) com o cultivo mínimo (escarificação), observou que o tempo efetivo demandado e o uso específico de energia foram respectivamente 61,7 e 47, 5% menores e que o consumo de combustível foi 55% maior no cultivo mínimo, em relação ao preparo convencional.

4.8 Demanda energética na operação de semeadura

A semeadura adequada é aquela onde a diferença entre a quantidade de plantas possíveis de serem obtidas e as emergidas é mínima, o espaçamento entre elas é uniforme e o tempo necessário para emergência de toda a população de plântulas seja mínimo (MARONI et al., 2005).

Na operação de semeadura devem ser abertos sulcos com largura e profundidade mínimas de forma a proporcionar economia de potência e ao mesmo tempo,

garantir a adequada deposição do fertilizante e das sementes e o bom desenvolvimento das plantas (SIQUEIRA; CASÃO JÚNIOR, 2004).

As semeadoras-adubadoras possuem dispositivos de cobertura e compactação, que devem proporcionar o contato do solo com as sementes, cobrindo-as e pressionando firmemente o solo em torno das mesmas na profundidade adequada e deixar o solo solto na superfície para evitar a formação de crostas (RIBEIRO et al., 1999),

Vieira e Reis (2001), afirmaram que boas condições de cobertura e compactação do solo ao redor das sementes dependem da quantidade de solo mobilizado pelo mecanismo sulcador, da profundidade de deposição de sementes, do tipo de mecanismo de cobertura e de compactação e do teor de água no solo por ocasião da semeadura.

Endres e Teixeira (1997), relataram a importância da uniformidade de distribuição espacial das plantas nas linhas de semeadura, afirmando que espaços não preenchidos ou adensados pela queda de múltiplas sementes, ocasionam maiores perdas devido à competição entre as plantas. Ressaltaram que tal problema pode ser amenizado com a adequada regulagem da semeadora-adubadora no que diz respeito à seleção de discos de acordo com as sementes e, principalmente, do mecanismo distribuidor de sementes utilizado.

De acordo com Marquez (2004) e Amado et al. (2005), a eficiência das semeadoras-adubadoras é avaliada pela qualidade e quantidade de trabalho que executam. A quantidade é obtida pela capacidade de trabalho por unidade de tempo e os fatores que interferem mais diretamente são a largura de trabalho e a velocidade de deslocamento. Por outro lado, a qualidade requer a obtenção de uma população de plantas de acordo com a densidade pré-estabelecida, sendo obtida pela combinação de inúmeros fatores, dentre eles, da qualidade das sementes, do adequado preparo do sulco de semeadura, da cobertura das sementes e do contato com o solo e água, da localização das sementes no solo tanto em profundidade como em posição na linha de semeadura, do espaçamento entre plantas, da manutenção da cobertura do solo e da uniformidade de emergência de plântulas.

Mantovani e Bertaux (1990), afirmam que a velocidade de trabalho é um dos parâmetros que mais interfere no desempenho de semeadoras e na distribuição longitudinal de sementes no sulco de semeadura, influenciando diretamente na produtividade da cultura.

A velocidade ideal de semeadura é aquela em que o sulco é aberto e fechado sem remover exageradamente o solo, permitindo distribuir as sementes com espaçamentos e profundidades constantes (VIEIRA; REIS, 2001).

Analisando o desempenho energético na semeadura da soja, através de três sistemas de manejo do solo (preparo convencional, uma aração com arado de discos e duas gradagens niveladoras; preparo com escarificador conjugado com rolo destorroador e plantio direto), Yano (2005), verificou que o preparo com escarificador proporcionou maior força de tração e demanda de potência, bem como maior consumo de combustível e deslizamento das rodas, além de menor velocidade de deslocamento.

Furlani et al. (2004), avaliaram o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão em um solo classificado como NITOSSOLO VERMELHO Distrófico Latossólico, através de três métodos de manejo do solo (preparo convencional, uma aração com arado de discos e duas gradagens niveladoras; preparo com escarificador conjugado com rolo destorroador e plantio direto), verificando que os valores de força e pico de força de tração na barra, patinagem dos rodados motrizes e consumo de combustível foram maiores no preparo com escarificador em relação aos obtidos no preparo convencional e plantio direto.

Comparando os métodos de manejo de solo (preparo convencional, uma aração com arado de discos e duas gradagens niveladoras; preparo com escarificador conjugado com rolo destorroador e plantio direto) na semeadura da aveia preta, Levien et al. (2001b), verificaram que a força na barra de tração, o consumo operacional de combustível e o uso horário de energia por área trabalhada foram maiores nos tratamentos de preparo convencional e escarificado do que no plantio direto, o qual, por sua vez, teve a maior capacidade de campo.

Avaliando-se uma semeadora-adubadora de precisão em LATOSSOLO VERMELHO ESCURO Eutrófico através de três sistemas de manejo do solo (preparo convencional, uma aração com arado de discos e duas gradagens niveladoras; preparo com escarificador conjugado com rolo destorroador e plantio direto), Furlani et al. (2005), concluíram que a operação de semeadura em preparo com escarificador apresentou maior consumo de combustível, menor velocidade de deslocamento, menor capacidade de campo efetiva e maior patinagem.

Utilizando uma semeadora-adubadora com seis linhas, Furlani (2000), encontrou valores de 9,3; 7,6 e 7,1 L ha⁻¹ de consumo por área e 13,8; 11,3 e 12,0 kW de potência para o preparo convencional, cultivo mínimo e plantio direto, respectivamente.

Marques (2002), obteve valores médios de 19,53; 22,97 e 20,30 kN de exigência de força de tração na operação de semeadura em preparo convencional, plantio direto e cultivo mínimo, respectivamente.

Levien et al. (1999), encontraram valores de força de tração de 3,24 a 3,64 kN por linha de semeadura, não diferindo estatisticamente entre os tratamentos de manejo do solo (preparo convencional, cultivo mínimo e plantio direto). Os mesmos autores concluíram ainda, que a necessidade de potência na barra para a operação de semeadura foi de 19,9; 21,4 e 23,7 kW para o preparo convencional, cultivo mínimo e plantio direto, respectivamente.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material*

5.1.1 Localização e histórico da área experimental

Os experimentos foram instalados e conduzidos no período compreendido entre fevereiro de 2005 e maio de 2006, na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu, Estado de São Paulo, na gleba denominada Triângulo. A localização geográfica é definida pelas coordenadas 22°49'41'' de Latitude Sul, 48°25'37'' de Longitude Oeste de Greenwich, altitude média de 770 m, declividade média de 4,5% e exposição face oeste.

A área experimental vem sendo cultivada a partir do ano agrícola de 1998, com três sistemas de manejo do solo (preparo convencional, cultivo mínimo e plantio direto). Na safra de verão de 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 e 2003 foram implantadas as culturas de milho, soja, milho, milho, soja e pousio, respectivamente; e no inverno aveia preta, aveia preta, milheto, triticale, aveia preta e pousio, respectivamente. No ano agrícola de 2004 foi implantado milho safrinha e no período compreendido entre agosto de 2004 e janeiro de 2005 a área experimental permaneceu em pousio.

* A citação de marcas comerciais não representa recomendação pelo autor.

5.1.2 Caracterização do solo

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), o solo da área experimental foi classificado como NITOSSOLO VERMELHO Distroférico, de textura muito argilosa.

Os resultados das análises químicas do solo estão apresentados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, segundo metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983), cujas amostras foram coletadas antes da instalação das culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho, na profundidade de 0-20 cm.

Tabela 1. Análises químicas do solo antes da instalação das culturas de nabo forrageiro e nabiça.

Manejos	pH	MO g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	S mg dm ⁻³
	CaCl ₂			mmol _c dm ⁻³								
PC	5,2	24	15	1	33	2,1	35	16	54	87	62	9
CM	4,8	21	20	1	46	2,5	28	14	44	90	49	20
PD	5,7	25	22	1	28	2,7	45	25	73	101	72	14
Média	5,2	23	19	1	36	2,4	36	18	57	93	61	14

PC – preparo convencional; CM – cultivo mínimo; PD – plantio direto; pH – potencial de hidrogênio iônico; MO – matéria orgânica; P resina – fósforo; Al³⁺ – alumínio; H + Al – hidrogênio + alumínio; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V% – saturação por bases; S – enxofre.

Tabela 2. Análises químicas do solo antes da instalação da cultura de milho.

Manejos	pH	MO g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	S mg dm ⁻³
	CaCl ₂			mmol _c dm ⁻³								
PC	5,2	31	24	1	37	2,8	32	18	52	90	58	8
CM	5,2	32	24	1	36	4,2	35	18	57	93	62	14
PD	5,2	39	31	1	39	4,2	34	18	57	96	60	16
Média	5,2	34	26	1	37	3,7	34	18	55	93	60	13

PC – preparo convencional; CM – cultivo mínimo; PD – plantio direto; pH – potencial de hidrogênio iônico; MO – matéria orgânica; P resina – fósforo; Al³⁺ – alumínio; H + Al – hidrogênio + alumínio; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V% – saturação por bases; S – enxofre.

Tabela 3. Análises de micronutrientes do solo antes da instalação das culturas de nabo forrageiro e nabiça.

Manejos do solo	Boro	Cobre	mg dm ⁻³		
			Ferro	Manganês	Zinco
Preparo convencional	0,13	6,9	16	50,8	1,4
Cultivo mínimo	0,16	9,1	18	57,0	1,2
Plantio direto	0,15	9,8	17	55,2	1,4
Média	0,15	8,6	17	54,3	1,3

Tabela 4. Análises de micronutrientes do solo antes da instalação da cultura de milho.

Manejos do solo	Boro	Cobre	mg dm ⁻³		
			Ferro	Manganês	Zinco
Preparo convencional	0,26	9,4	15	71,5	1,4
Cultivo mínimo	0,21	8,0	16	74,0	1,3
Plantio direto	0,18	9,1	19	77,6	1,8
Média	0,22	8,9	17	74,4	1,5

Na Tabela 5 são apresentados os resultados das análises granulométricas, segundo metodologia de Kiehl (1979), cujas amostras foram coletadas antes da instalação das culturas de nabo forrageiro e nabiça, na profundidade de 0-20 cm.

Tabela 5. Análises granulométricas do solo antes da instalação das culturas de nabo forrageiro e nabiça.

Manejos do solo	Areia grossa	Areia fina	g kg ⁻¹		
			Areia/Total	Argila	Silte
Preparo convencional	18	98	116	696	188
Cultivo mínimo	19	89	108	720	172
Plantio direto	21	93	114	688	198
Média	19	93	113	701	186

5.1.3 Dados referentes ao clima

De acordo com Cunha e Martins (2008) o clima predominante no município de Botucatu/SP, segundo classificação de Köppen, é tipo Cfa, temperado quente (mesotérmico), úmido, temperatura média anual de 20,3°C, temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e índice médio pluvial anual de 1.428,4 mm; pela classificação de Thornthwaite o clima é caracterizado como B_{2r}B'_{3a}' (clima úmido com pequena deficiência

hídrica nos meses de abril, julho e agosto, mesotérmico, com evapotranspiração potencial anual de 945,15 mm e concentração da evapotranspiração potencial no verão igual a 33%).

Os dados das temperaturas mínima, média e máxima durante os anos de 2005 e 2006 encontram-se nas Figuras 1 e 2, respectivamente. A Figura 3 mostra a precipitação pluvial nos anos de 2005 e 2006.

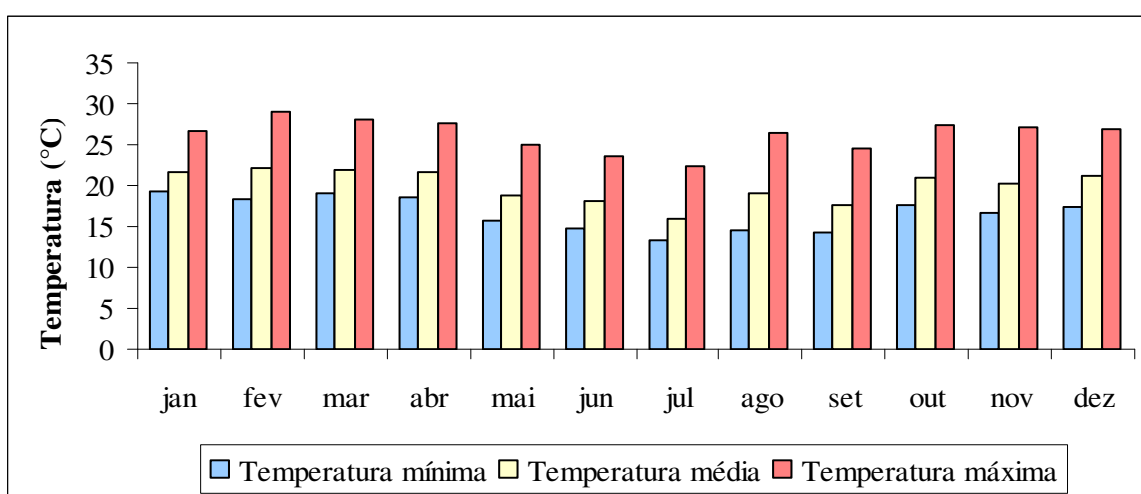


Figura 1. Resultado das temperaturas mínima, média e máxima durante o ano de 2005.

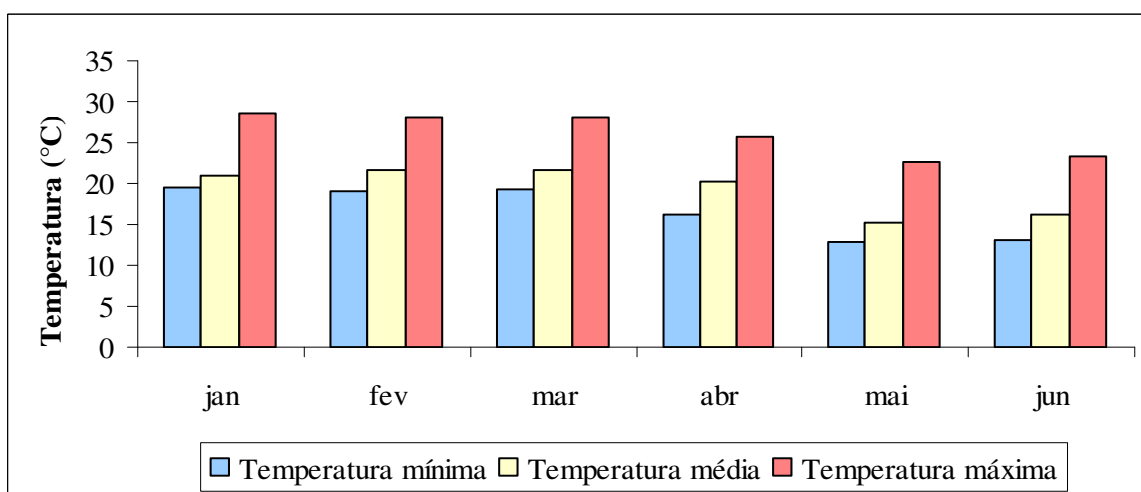


Figura 2. Resultado das temperaturas mínima, média e máxima compreendido entre os meses de janeiro a junho de 2006.

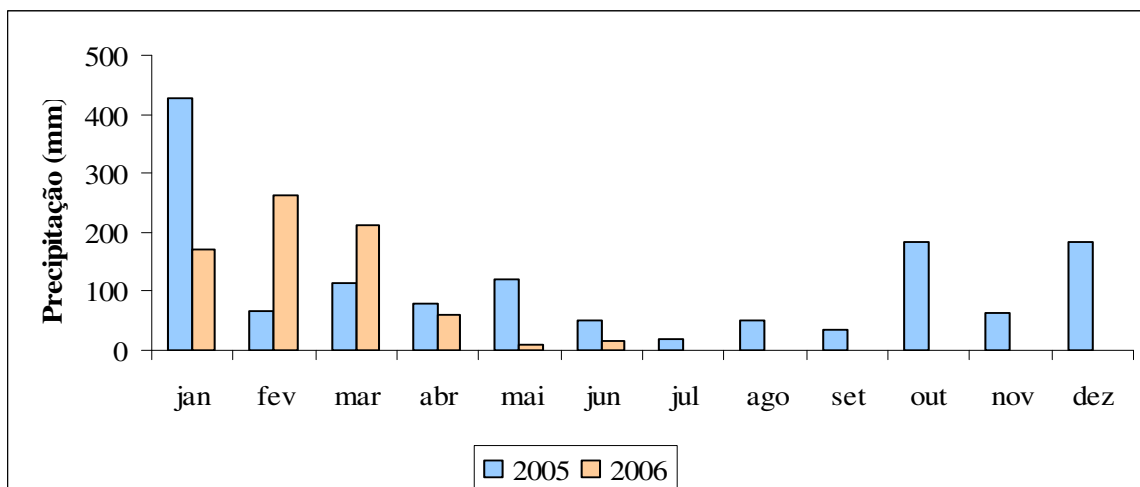


Figura 3. Resultado da precipitação pluvial no ano de 2005 até o mês de junho de 2006.

Os valores referentes ao balanço hídrico nos anos de 2005 e 2006, calculados segundo Thornthwaite e Mather (1955) e Camargo e Camargo (1984), encontram-se nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

Os resultados das temperaturas, precipitações pluviométricas e balanços hídricos, foram obtidos na Estação Agrometeorológica do Departamento de Recursos Naturais, setor de Ciências Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu, situada na Fazenda Experimental Lageado.

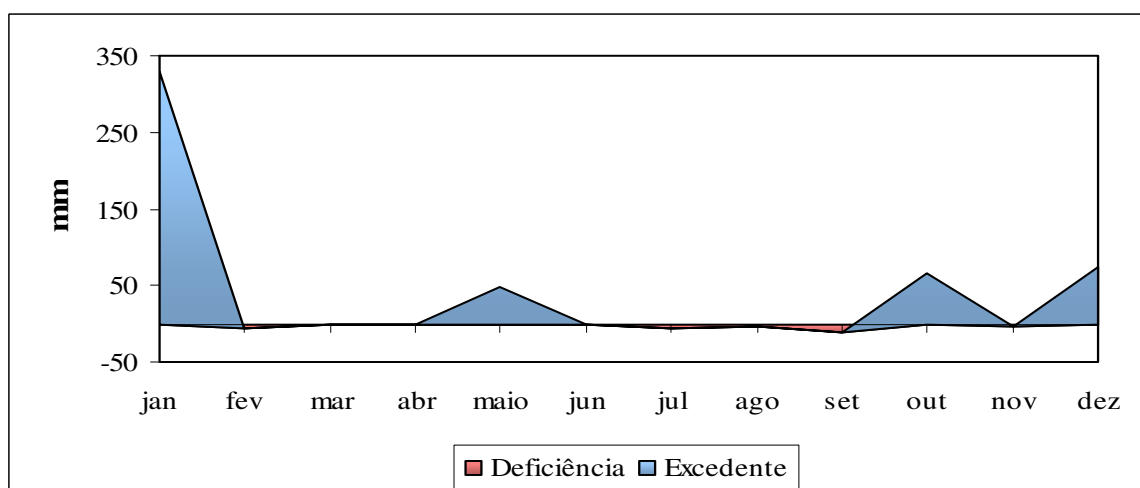


Figura 4. Balanço hídrico referente ao ano de 2005.

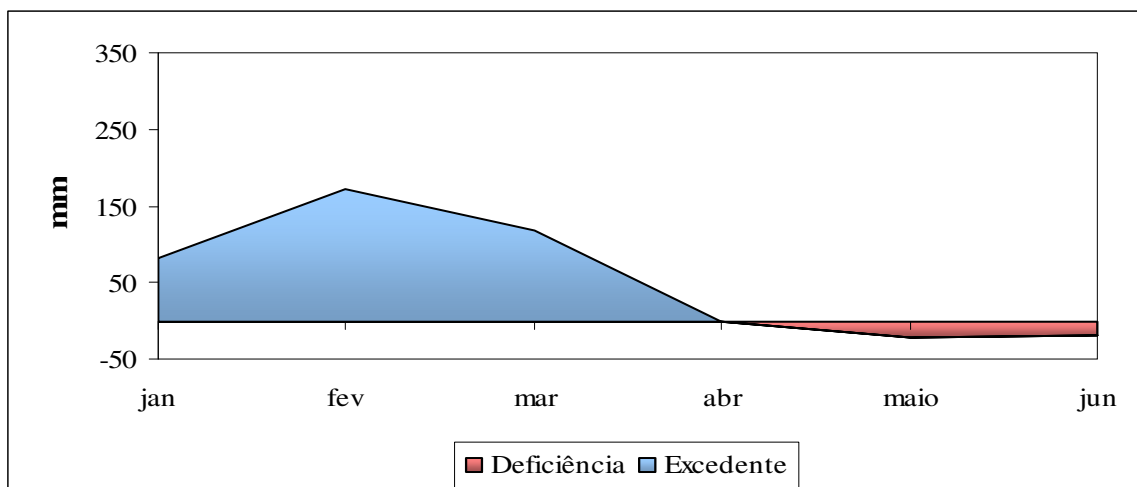


Figura 5. Balanço hídrico compreendido entre os meses de janeiro a junho de 2006.

5.1.4 Insumos agrícolas

5.1.4.1 Sementes

Para a implantação do experimento, utilizou-se as espécies a seguir relacionadas, com respectivas quantidades de sementes:

- Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), cultivar CATI AL 1000, crucífera com sistema radicular pivotante, semeado em maio de 2005 com 88% de germinação e 95% de pureza, no espaçamento de 0,40 m entre linhas (FACHOLI, 2005) com densidade de 14 kg ha⁻¹.

- Nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.), crucífera com sistema radicular pivotante, semeada em maio de 2005 com 60% de poder germinativo e 95% de pureza, no espaçamento de 0,40 m entre linhas com densidade de 18 kg ha⁻¹.

- Milho (*Zea mays* L.), híbrido simples modificado DKB 333B, gramínea com sistema radicular fasciculado de ciclo semiprecoce, semeado em novembro de 2005 com 97% de poder germinativo e 98% de pureza, no espaçamento de 0,90 m entre linhas com densidade estimada em 60.000 plantas por hectare.

5.1.4.2 Corretivos e fertilizantes

Na semeadura de nabo forrageiro e nabiça não foram utilizados fertilizantes devido à baixa exigência nutricional das culturas.

Com a finalidade de aumentar a saturação por bases a 70%, foi utilizada 1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT = 91%), em todos os tratamentos, segundo metodologia proposta por Rajj et al. (1996), aplicado 10 dias antes da semeadura de milho.

De acordo com as médias das análises de solo, para uma produtividade esperada entre 10 e 12 t ha⁻¹ foram utilizados 320 kg ha⁻¹ do adubo formulado 8-28-16, na semeadura de milho.

Quanto à adubação de cobertura foram aplicados 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio (aproximadamente 200 kg ha⁻¹ de uréia) em uma única aplicação, 25 dias após a semeadura em todos os tratamentos.

5.1.4.3 Defensivos agrícolas

Durante os manejos das plantas daninhas e no desenvolvimento das culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho, foram usados os seguintes produtos:

- Herbicida dessecante: dessecação das plantas daninhas antes da semeadura de nabo forrageiro, nabiça e milho com 2 kg ha⁻¹ de Roundup WG (sal de amônio glifosato 720 g kg⁻¹) e 1 L ha⁻¹ de DMA 806 BR (sal dimetilamina do ácido 2,4 diclorofenoxiacético 670 g L⁻¹).

- Herbicida pós emergente: na cultura de milho foi utilizado 3 L ha⁻¹ de Atranex 500 SC (atrazina 500 g L⁻¹) e 0,4 L ha⁻¹ de Sanson 40 SC (nicosulfuron 40 g L⁻¹), para controle das principais espécies de plantas daninhas.

- Inseticida: primeira aplicação aos 27 dias após a semeadura de Keshet 25 CE (deltametrina 25 g L⁻¹), na dosagem de 300 ml ha⁻¹ e segunda aplicação aos 57 dias após a semeadura de Tracer (spinosad 480 g L⁻¹), na dosagem de 50 ml ha⁻¹ para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), na cultura de milho.

- Fungicida: as sementes de nabiça foram tratadas com Vitavax - Thiram 200 SC (carboxina 200 g L⁻¹ + tiram 200 g L⁻¹), na dosagem de 250 ml a cada 100 kg de semente.

- Formicida: durante o desenvolvimento das culturas utilizou-se isca granulada Mirex-S (sulfluramida 0,3%) para o controle de formigas saúvas.

5.1.5 Máquinas e equipamentos agrícolas

5.1.5.1 Tratores

Para instalação e condução do experimento, foram utilizados os seguintes tratores agrícolas, com respectivas potências:

- Trator marca Massey Ferguson, modelo MF 275, com tração 4 x 2, potência de 56 kW no motor, para as operações de gradagens leve, semeadura de nabo forrageiro e nabiça, aplicação de calcário, inseticida e adubação de cobertura na cultura de milho;

- Trator marca Massey Ferguson, modelo MF 283, com tração 4 x 2, potência de 63 kW no motor, utilizado para semeadura de milho;

- Trator marca John Deere, modelo 6.600, com tração 4 x 2, potência de 89 kW no motor, utilizado nas operações de escarificação e gradagem pesada;

- Trator marca New Holland, modelo NH 3030, com tração 4 x 2, potência de 38,8 kW no motor, utilizado nas aplicações de defensivos agrícolas.

5.1.5.2 Equipamentos

Para instalação e condução do experimento, foram utilizados os seguintes equipamentos agrícolas:

- Grade de discos superpesada marca Marchesan, de arrasto tipo “off set”, modelo GASPCR/10, com 10 discos recortados de 32”, massa total de 3.027 kg, largura

de trabalho de 1,8 m, controle remoto para controle da profundidade e levante através do sistema hidráulico;

- Grade de discos leve marca Marchesan, de arrasto tipo “off set”, modelo GNL 32, com 32 discos (16 recortados dianteiros e 16 lisos traseiros) de 20”, espaçados entre si de 0,17 m, operada com ângulo de 34° entre as seções, 18° de ataque dos discos, massa total de 760 kg e largura de corte de 2,5 m;

- Escarificador marca Jan, modelo Jumbo Matic JMAD-7, de arrasto com mecanismo de levante no sistema hidráulico, equipado com sete hastes parabólicas espaçadas a 0,40 m, comprimento das hastes de 0,43 m, ponteiros estreitos de 0,05 m de largura, com ângulo de penetração de 24°, dotadas de sistema de segurança por molas planas, discos de corte de 18” colocado a frente de cada haste e dois rolos destorroadores/niveladores de ação independente acoplados a parte posterior, cada um medindo 1,5 m de largura, 0,40 m de diâmetro e 10 barras transversais com saliências, dispostas em forma helicoidal e com possibilidade de regulagem de pressão sobre o solo, largura de trabalho de 2,40 m e massa total de 1.400 kg;

- Semeadora adubadora marca Semeato, modelo SHM 15/17 para plantio direto com seis linhas espaçadas de 0,40 m, distribuição de sementes tipo rotor acanalado helicoidal, distribuição de adubo tipo rosca sem-fim, profundidade de trabalho regulável com duas rodas limitadoras por linha e regulagem do ângulo de abertura das rodas, duas rodas compactadoras em forma de “V” para fechamento de sulco e compactação lateral da semente, com ação de mola e regulagem do ângulo de abertura das rodas, disco de corte liso colocado à frente de cada linha de semeadura, com mecanismos sulcadores tipo discos duplos desencontrados, capacidade para 282 kg de sementes e 600 kg de adubo e massa de 3.732 kg, para semeadura de nabo forrageiro e nabiça;

- Semeadora-adubadora marca Semeato, modelo PS-6 para plantio direto com quatro linhas espaçadas a 0,90 m, distribuição de sementes tipo discos perfurados horizontais e intercambiáveis, distribuição de adubo tipo rotores dentados, os quais giram na posição horizontal, rodas limitadoras de profundidade de borracha com 9,5” de diâmetro, rodas compactadoras em “V” com banda de rodagem de borracha flexível de 12” de diâmetro, disco de corte liso de 16” de diâmetro colocado à frente de cada linha de semeadura, com mecanismos sulcadores tipo discos duplos com diâmetro de 13” para fertilizante e semente,

com capacidade para 650 kg de adubo e 180 kg de semente e massa de 2.405 kg, utilizada para semeadura de milho;

- Pulverizador de barras marca Jacto, modelo PJ-600, montado com tanque com capacidade de 600 L de calda, barra de 12 m equipada com 24 pontas de pulverização, massa de 195 kg, sendo pontas de jato leque para aplicação de herbicida e de jato cônico para inseticidas;

- Distribuidor de calcário, marca Nevoeiro, modelo 5003-ST4, massa de 1.350 kg, capacidade de carga de 3.000 kg, largura útil de 3,30 m e largura total de 4,25 m;

- Cultivador adubador marca Marchesan, modelo CAC, com mecanismos sulcadores tipo discos duplos desencontrados, três caixas para fertilizante e capacidade de 65 kg, para adubação de cobertura no milho;

- Colhedora autopropelida de grãos, marca Massey Ferguson, modelo MF 1630, dotada de plataforma para soja com 3,9 m de largura, com picador-distribuidor de palhas e massa de 6.080 kg, para colheita de nabo forrageiro e nabiça;

- Colhedora autopropelida de grãos, marca Massey Ferguson, modelo MF 3640, motor da marca Cummins com 130 kW, sistema de limpeza tipo “fluxo conduzido”, peneiras superior e inferior ajustáveis com área de 3,1 m², ventilador tipo turbina e tanque graneleiro com capacidade de 4.500 L. A colhedora é dotada de plataforma para colheita de milho de 4 linhas espaçadas de 0,90 m, com picador-distribuidor de palhas e massa de 7.060 kg;

- Trilhadora estacionária de grãos, montada no sistema de três pontos do trator, marca NUX, modelo SDMN-15/35, com acionamento pela TDP, para trilha das espigas de milho;

- Carreta agrícola marca Casa Grande, modelo 4 rodas, com capacidade de 6 t, para transporte de sementes, corretivos e fertilizantes.

5.1.6 Materiais e equipamentos utilizados para coleta de amostras e avaliações do solo

5.1.6.1 Fertilidade e granulometria do solo

Para coleta das amostras de solo foram utilizados enxadão, balde, sacos plásticos, etiquetas, caneta porosa e régua graduada em centímetros.

5.1.6.2 Densidade do solo

Na obtenção de amostras e determinação da densidade do solo empregou-se enxadão, régua graduada em centímetros, sacos plásticos, parafina, aparelho para “banho-maria”, barbantes, etiquetas, caneta porosa, vidrarias, balança de precisão (0,01 g) e estufa elétrica.

5.1.6.3 Densidade das partículas

Para coleta de amostras e avaliação da densidade das partículas foram utilizados enxadão, régua graduada em centímetros, sacos plásticos, peneira de 2 mm, álcool etílico, etiquetas, caneta porosa, vidrarias, balança de precisão (0,01 g) e estufa elétrica.

5.1.6.4 Resistência mecânica do solo à penetração

Foi obtida através do uso do penetrógrafo manual SC-60, marca Soilcontrol, modelo Penetrografer SC-60, penetração máxima de 60 cm, resistência/registro de 7600 Kpa, carga máxima admitida de 120 kg, cone de ângulo de 30°, área de base 0,20 pol², diâmetro de haste de 9,5 mm, dimensão sem haste de 350 x 370 x 120 mm, peso de 4 kg, resistência máxima admissível de 76 MPa e cartões padronizados para registrar os dados.

5.1.6.5 Ensaio de Proctor

O aparelho utilizado no ensaio de laboratório Proctor Normal é constituído de um extrator de amostra, cilindro metálico e colar complementar, base de engate do cilindro, parafusos de fixação, soquete de 2,5 kg, talhador de amostra, cápsulas de alumínio, peneira e caixa metálica.

5.1.6.6 Teor de água do solo

Para coleta das amostras de solo foram utilizados enxadão, cápsulas de alumínio, régua graduada em centímetros, fita crepe, caneta porosa, caixa de isopor, estufa elétrica e balança de precisão (0,01 g).

5.1.6.7 Profundidade de trabalho, área de solo mobilizada, área de solo elevada e empolamento do solo

Para avaliação destes parâmetros foi utilizado um perfilômetro de superfície, constando de 67 hastes graduadas, espaçadas de 5 cm, piquetes de madeira, enxadão, barbantes, marreta e nível.

5.1.6.8 Área de solo mobilizada na linha de semeadura

Utilizou-se um mini perfilômetro de madeira, possuindo 32 hastes de 30 cm, espaçadas de 1,5 cm, folhas de papel de 60 cm de comprimento por 30 cm de largura, caneta porosa, mesa digitalizadora e régua graduada em centímetros.

5.1.7 Materiais e equipamentos utilizados para determinação da demanda energética

5.1.7.1 Sistema de aquisição de dados

No armazenamento dos dados de força de tração, velocidade de deslocamento e consumo de combustível, foi utilizado o equipamento Micrologger, da marca Campbell Scientific, modelo 21X, para registrar os dados providos dos sinais gerados pela célula de carga e o medidor de combustível e um módulo de armazenamento externo, Storage module SM 196, para gravação e armazenamento dos dados.

5.1.7.2 Força na barra de tração

Para determinação da força de tração utilizou-se uma célula de carga, marca Sodemex, modelo N-400, com capacidade de 100 kN e sensibilidade de $1,998 \text{ mV V}^{-1}$.

5.1.7.3 Consumo de combustível por área

O consumo de combustível por área trabalhada foi avaliado com o uso de um fluxômetro, marca Flowmate oval, modelo Oval M-III, com precisão de 0,01 ml.

5.1.8 Massa seca da cobertura vegetal

A coleta do material vegetal foi feita com auxílio de um quadrado de madeira de $0,25 \text{ m}^2$ de área ($0,50 \times 0,50 \text{ m}$), tesoura de poda, sacos de papel, caneta porosa, estufa elétrica com circulação forçada de ar e balança de precisão (0,01 g).

5.1.9 Porcentagem de cobertura vegetal do solo

Para determinação da porcentagem de cobertura vegetal do solo foi utilizado um cordão plástico de 15 m de comprimento, com marcações a cada 15 cm, totalizando 100 pontos.

5.1.10 Materiais e equipamentos utilizados para determinação dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento das culturas de nabo forrageiro e nabiça

5.1.10.1 Profundidade de deposição de sementes

A profundidade de deposição de sementes foi determinada utilizando estilete, pá de jardinagem e régua graduada em centímetros.

5.1.10.2 Populações inicial e final

Na obtenção das populações inicial e final utilizou-se trena graduada em centímetros.

5.1.10.3 Altura das plantas

A altura das plantas foi avaliada usando-se régua de madeira graduada em centímetros.

5.1.10.4 Amostragem de folhas para diagnose foliar e de plantas para relação carbono/nitrogênio

Para amostragem destes parâmetros foram empregados tesoura de poda, sacos de papel, caneta porosa, água, detergente, água deionizada, estufa elétrica com circulação forçada de ar e moinho elétrico.

5.1.10.5 Sistema radicular

O sistema radicular foi avaliado usando-se uma estrutura cúbica de ferro com dimensões de 30 x 30 x 10 cm, para comprimento, largura e altura, respectivamente, enxadão, vanga, marreta, sacos e potes plástico, etiquetas, caneta porosa, trena graduada em centímetros, câmara fria, peneira de malha de um milímetro, mangueira de 30 m, álcool e scanner modelo Scanjet 4C/T, da marca HP.

5.1.10.6 Comprimento das síliquas

Na avaliação do comprimento das síliquas empregou-se régua graduada em centímetros.

5.1.10.7 Massa seca da parte aérea

A massa seca foi obtida utilizando trena graduada em centímetros, tesoura de poda, sacos de papel, caneta porosa, sacos de rafia, estufa elétrica com circulação de ar forçada e balança de precisão (0,1 g).

5.1.10.8 Teor de óleo contido no grão

O teor de óleo foi determinado utilizando papéis filtro, grampeador, cápsulas de alumínio, extrator hexano, aparelho de extração Soxhlet, estufa elétrica e balança de precisão (0,01 g).

5.1.10.9 Massa de mil grãos e produtividade

Para avaliação da massa de mil grãos e da produtividade foi utilizada trena graduada em centímetros, sacos de rafia, sacos de papel, caneta porosa, balança eletrônica de precisão (0,01 g), estufa elétrica e cápsulas de alumínio.

5.1.11 Materiais e equipamentos utilizados para determinação dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento da cultura de milho

5.1.11.1 Profundidade de deposição de sementes

Para obtenção da profundidade de deposição de sementes foram empregados estilete, pá de jardinagem e régua graduada em centímetros.

5.1.11.2 Populações inicial e final

As populações inicial e final foram avaliadas usando-se trena graduada em centímetros.

5.1.11.3 Altura das plantas e de inserção da primeira espiga

A altura das plantas e de inserção da primeira espiga foi determinada com uma régua de madeira graduada em centímetros.

5.1.11.4 Diâmetro dos colmos e das espigas

Para obtenção do diâmetro dos colmos e das espigas foi utilizado um paquímetro digital, marca Starrett, com precisão de 0,01 mm.

5.1.11.5 Comprimento das espigas

Utilizou-se régua graduada em centímetros na avaliação do comprimento das espigas.

5.1.11.6 Massa seca da parte aérea

Foram utilizados tesoura de poda, sacos de ráfia, caneta porosa, estufa elétrica com circulação de ar forçada e balança de precisão (0,1 g), para obtenção da massa seca de milho após a colheita das espigas.

5.1.11.7 Massa de mil grãos e produtividade

Nestas avaliações foram empregados trena graduada em centímetros, sacos de ráfia, caneta porosa, trilhadora, balanças eletrônicas de precisão de 1,00 e 0,01 g, estufa elétrica e cápsulas de alumínio.

5.2 Métodos

5.2.1 Delineamento experimental

Os experimentos foram constituídos de seis tratamentos com quatro repetições utilizando o delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas por três sistemas de manejo do solo e as subparcelas foram compostas por duas culturas de inverno, que conseqüentemente formaram os dois tipos de coberturas vegetais para a implantação da cultura de milho. Portanto, cada experimento totalizou 12 parcelas e 24 subparcelas, ocupando 7.200 m² estabelecidos dentro de uma área de aproximadamente três hectares.

As parcelas apresentaram dimensões de 20 m de comprimento e 30 m de largura, perfazendo uma área de 600 m². As subparcelas possuíam dimensões de 20 m de comprimento por 15 m de largura, perfazendo uma área de 300 m². As parcelas foram separadas por carregadores de 10 m de comprimento por 10 m de largura, sendo utilizados para trânsito, manobras e estabilização operacional dos diversos conjuntos motomecanizados empregados no decorrer do experimento (Figura 6).

5.2.2 Descrição dos tratamentos

Os sistemas de manejo do solo empregados foram: PC - preparo convencional, constituído por uma gradagem pesada e duas gradagens leves; CM - cultivo mínimo, escarificador equipado com disco de corte e rolo destorroador, trabalhando na profundidade entre 25 e 30 cm e PD - plantio direto, com dessecação da vegetação de cobertura por meio de aplicação de herbicida (Figura 6).

As duas culturas de inverno utilizadas no experimento e que conseqüentemente formaram os dois tipos de cobertura vegetal, sobre as quais foram realizados os sistemas de manejo do solo para a implantação da cultura de milho foram: NF - nabo forrageiro e N - nabiça (Figura 6).

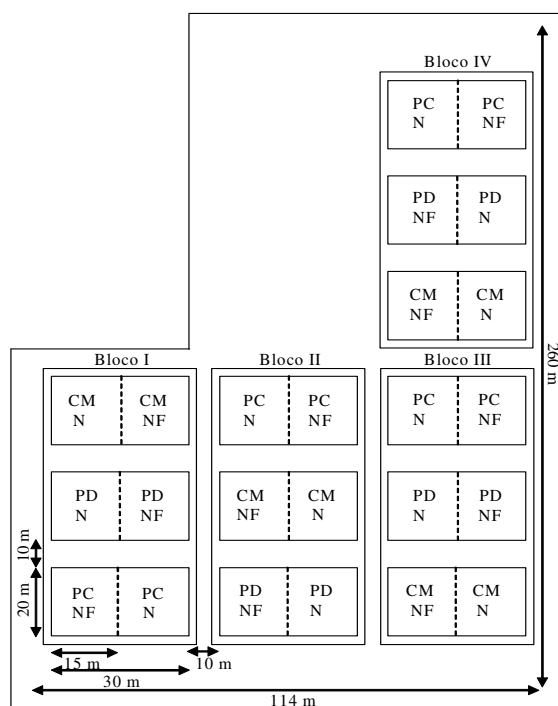


Figura 6. Distribuição das parcelas, subparcelas e dos tratamentos na área experimental.

As Figuras 7 a 12 mostram a área geral dos experimentos, em diferentes fases de desenvolvimento.



Figura 7. Plantas de nabo forrageiro em preparo convencional no início do desenvolvimento.



Figura 8. Plantas de nabo forrageiro em preparo convencional no pleno florescimento.



Figura 9. Plantas de nabiça em plantio direto no início do desenvolvimento.



Figura 10. Plantas de nabiça em plantio direto no pleno florescimento.



Figura 11. Plantas de milho emergidas em cultivo mínimo.



Figura 12. Vista geral das plantas de milho no início do desenvolvimento.

5.2.3 Instalação e condução do experimento

A instalação, condução e coleta de amostras foram realizadas conforme o cronograma descrito na Tabela 6.

Tabela 6. Seqüência de atividades realizadas durante o período experimental.

Datas	Atividades realizadas
01/02/2005	Demarcação das parcelas e subparcelas.
02/02/2005	Amostragem de solo para análises de fertilidade e granulometria.
03/02/2005	Coleta de solo para determinação do ensaio de Proctor.
14/02/2005	Aplicação de herbicida Roundup WG e DMA 806 BR em todos os tratamentos.
01/03/2005	Coleta de solo para avaliação da densidade do solo e das partículas.
21/03/2005	Determinação da resistência mecânica do solo à penetração. Coleta de solo para verificação do teor de água.
30/03/2005	Avaliação da massa seca e da porcentagem de cobertura vegetal do solo.
01/04/2005	Gradagem pesada e primeira gradagem leve nas parcelas de preparo convencional. Escarificação do solo nas parcelas de cultivo mínimo. Coleta de solo para verificação do teor de água. Avaliação da porcentagem de cobertura vegetal, após os preparos do solo. Determinação da profundidade de trabalho, área de solo mobilizada, área de solo elevada e empolamento do solo, após escarificação e gradagem pesada.
11/04/2005	Aplicação de herbicida Roundup WG e DMA 806 BR em todos os tratamentos.
29/04/2005	Tratamento das sementes de nabiça com Vitavax-Thiram 200 SC.
02/05/2005	Segunda gradagem leve nas parcelas de preparo convencional. Semeadura das culturas de nabo forrageiro e nabiça. Coleta de solo para verificação do teor de água. Avaliação da área de solo mobilizada na linha de semeadura, nas parcelas de plantio direto.
03/06/2005	Medição da profundidade de deposição de sementes de nabo forrageiro e nabiça.
08/06/2005	Determinação da população inicial das plantas de nabo forrageiro e nabiça.

21/07/2005	Amostragem de folhas para diagnose foliar e de plantas para relação carbono/nitrogênio.
23/07/2005	Determinação da altura das plantas de nabo forrageiro e nabiça.
02 e 03/08/2005	Abertura das trincheiras e coleta de raízes das plantas de nabo forrageiro e nabiça.
08 a 11/08/2005	Lavagem do sistema radicular de nabo forrageiro e nabiça.
25 a 27/08/2005	Preparação em laboratório do sistema radicular de nabo forrageiro e nabiça, para ser submetido à leitura pelo scanner.
05 e 06/09/2005	Avaliação do comprimento, diâmetro e volume radicular de nabo forrageiro e nabiça pelo scanner, através do programa Win Mac Rhizo.
12/09/2005	Obtenção da massa seca radicular.
27/09/2005	Determinação da população final das plantas de nabo forrageiro e nabiça.
28/09/2005	Colheita manual das plantas de nabo forrageiro e nabiça.
03 a 06/10/2005	Determinação do número de síliquas e síliquas chochas por plantas.
04/10/2005	Colheita mecânizada das plantas de nabo forrageiro e nabiça.
08/10/2005	Avaliação da massa seca da parte aérea de nabo forrageiro e nabiça.
10 e 11/10/2005	Obtenção do comprimento das síliquas e número de grãos por síliquas.
11/10/2005	Amostragem de solo para análise de fertilidade.
12 a 14/10/2005	Determinação da massa de mil grãos e da produtividade de nabo forrageiro e nabiça.
13/10/2005	Determinação da resistência mecânica do solo à penetração. Coleta de solo para verificação do teor de água.
03/11/2005	Aplicação de herbicida Roundup WG e DMA 806 BR em todos os tratamentos.
07/11/2005	Aplicação de calcário em todos os tratamentos.
10/11/2005	Gradagens pesada e leve nas parcelas de preparo convencional. Escarificação do solo nas parcelas de cultivo mínimo. Coleta de solo para verificação do teor de água. Avaliação da porcentagem de cobertura vegetal, antes e após os preparos do solo.

17/11/2005	Semeadura da cultura de milho. Avaliação da área de solo mobilizada na linha de semeadura, nas parcelas de plantio direto. Coleta de solo para verificação do teor de água.
27/11/2005	Determinação da população inicial das plantas de milho. Medição da profundidade de deposição de sementes de milho.
05/12/2005	Aplicação de herbicida Atranex 500 SC e Sanson 40 SC em todos os tratamentos.
12/12/2005	Adubação nitrogenada de cobertura na cultura de milho.
14/12/2005	Primeira aplicação de inseticida (Keshet 25 CE) em todos os tratamentos, para controle da lagarta do cartucho.
13/01/2006	Segunda aplicação de inseticida (Tracer) em todos os tratamentos, para controle da lagarta do cartucho.
15/02/2006	Avaliação da altura das plantas, inserção da primeira espiga e diâmetro do colmo na cultura de milho.
08/05/2006	Determinação da população final na cultura de milho. Colheita manual das espigas de milho para avaliação do comprimento, diâmetro, número de fileiras e grãos por espiga. Obtenção do número de espigas por planta. Avaliação de plantas quebradas e acamadas na cultura de milho. Determinação da massa seca das plantas de milho.
09/05/2006	Trilha mecânica das espigas de milho.
09 a 11/05/2006	Avaliação do comprimento, diâmetro, número de fileiras e grãos por espiga.
11 e 12/05/2006	Determinação da massa de mil grãos e da produtividade.
16/05/2006	Colheita mecanizada na cultura de milho.
30/05/2006	Avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. Coleta de solo para determinação da densidade do solo e verificação do teor de água.

5.2.4 Avaliações referentes aos parâmetros do solo

5.2.4.1 Fertilidade do solo

Em cada parcela de manejo do solo foram tomadas duas amostras ao acaso, coletadas na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação das culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho. Após a homogeneização da amostra composta por manejo do solo, aproximadamente um quilo foi colocado em saco plástico, identificado e encaminhado ao Departamento de Recursos Naturais, setor de Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu, para processamento e análise química, segundo metodologia de Raij et al. (2001).

5.2.4.2 Análise granulométrica do solo

Foram coletadas oito amostras em cada parcela de manejo do solo na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação das culturas de nabo forrageiro e de nabiça. Após a homogeneização da amostra composta por manejo do solo, aproximadamente um quilo foi colocado em saco plástico, identificado e encaminhado ao Departamento de Recursos Naturais, setor de Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu, para processamento e análise física, segundo método de Boyoucus, descrito em Kiehl (1979).

5.2.4.3 Densidade do solo

Para determinação da densidade do solo utilizou-se o método do torrão parafinado, conforme Embrapa (1979). Os torrões foram retirados por parcela, em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-30 cm) na caracterização inicial do solo e nas entrelinhas no final dos ciclos de cultivo de nabo forrageiro, nabiça e milho.

5.2.4.4 Densidade das partículas

A densidade das partículas foi determinada pelo método do picnômetro, segundo Embrapa (1979). Foram obtidas quatro amostras por parcela de manejo do solo, na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação das culturas de nabo forrageiro e nabiça. Os valores das densidades para o preparo convencional, cultivo mínimo e plantio direto ficaram em 2,99; 2,98 e 2,96 Mg m⁻³, respectivamente.

5.2.4.5 Resistência mecânica do solo à penetração

Para medir a resistência mecânica do solo à penetração das raízes foi utilizado o penetrógrafo manual, modelo Penetrografer SC-60. Foram tomadas aleatoriamente três leituras por parcela, na profundidade de 0-40 cm, na caracterização inicial do solo e nas entrelinhas no final dos ciclos de cultivo de nabo forrageiro, nabiça e milho.

5.2.4.6 Ensaio de Proctor

Para orientar o teor de água que o solo deveria ser manejado, foi realizado o ensaio de laboratório Proctor Normal, segundo metodologia descrita por Kiehl, (1979). Através dos valores do teor de água versus densidade do solo, tem-se a curva de compactação que indica a umidade crítica de compactação e a máxima densidade do solo. O valor do teor de água crítico de compactação e da densidade do solo máxima correspondente foram de 30% e 1,48 Mg m⁻³, respectivamente (Figura 13).

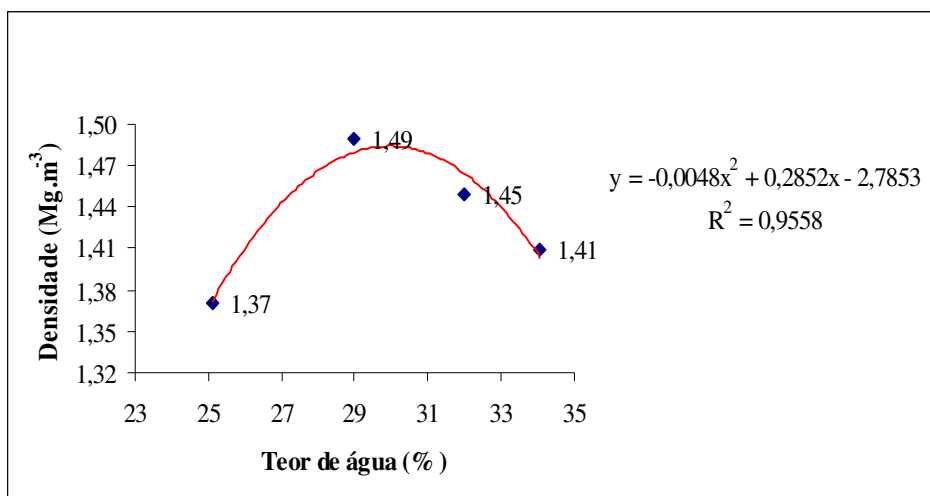


Figura 13. Curva de compactação para o solo da área experimental antes da instalação das culturas de nabo forrageiro e nabiça.

5.2.4.7 Teor de água no solo

Na obtenção do teor de água do solo foram coletadas quatro amostras em cada parcela, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, segundo método gravimétrico padrão da Embrapa (1979). Nas Tabelas 7, 8 e 9 são apresentados os resultados dos teores de água na resistência mecânica do solo à penetração, no momento do manejo do solo e na semeadura das culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho, respectivamente.

Tabela 7. Teores de água na resistência mecânica do solo à penetração, antes da instalação das culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho.

Manejo do solo	Profundidade (cm)	Teor de água (%)	
		Nabo forrageiro e nabiça	Milho
Preparo convencional	0-10	19,47	19,84
	10-20	20,64	20,19
	20-30	21,49	21,52
Cultivo mínimo	0-10	19,71	20,13
	10-20	20,68	20,92
	20-30	21,25	21,41
Plantio direto	0-10	20,75	20,03
	10-20	21,24	21,56
	20-30	22,32	22,04

Tabela 8. Teores de água no momento do manejo do solo, para a instalação das culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho.

Manejo do solo	Profundidade (cm)	Nabo forrageiro e nabiça		Milho
		(%)		
Preparo convencional	0-10	19,30		20,29
	10-20	22,27		22,04
	20-30	23,12		22,27
Cultivo mínimo	0-10	20,34		20,58
	10-20	22,31		21,07
	20-30	23,38		22,76

Tabela 9. Teores de água no momento da semeadura das culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho.

Manejo do solo	Profundidade (cm)	Nabo forrageiro e nabiça		Milho
		(%)		
Preparo convencional	0-10	15,68		22,13
	10-20	16,26		23,21
	20-30	17,01		23,45
Cultivo mínimo	0-10	15,85		21,94
	10-20	16,38		22,89
	20-30	17,11		22,93
Plantio direto	0-10	16,53		24,32
	10-20	17,26		25,05
	20-30	17,57		25,84

5.2.4.8 Profundidade de trabalho, área de solo mobilizada, área de solo elevada e empolamento do solo

Estes parâmetros foram avaliados para as operações de gradagem pesada e escarificação, utilizando-se o perfilômetro de superfície construído e descrito por Lanças (1987), colocado transversalmente à linha de manejo do solo.

Primeiramente foram tomadas leituras no perfil superficial do solo, antes da realização dos preparos. Após os preparos, foram realizadas leituras para determinar o empolamento do solo causado pelos equipamentos de preparo; em seguida foi aberto um sulco manualmente com auxílio de um enxadão, removendo-se todo o solo mobilizado pelos órgãos ativos dos equipamentos, para avaliação do perfil subsuperficial do solo, no mesmo local onde foi realizada a leitura do perfil superficial e do empolamento (Figuras 14 e 15). Para se marcar corretamente e assegurar que as três leituras fossem realizadas no mesmo local, utilizaram-se

de duas estacas cravadas no solo, uma em cada lado, que também serviram como apoio a base do perfilômetro.

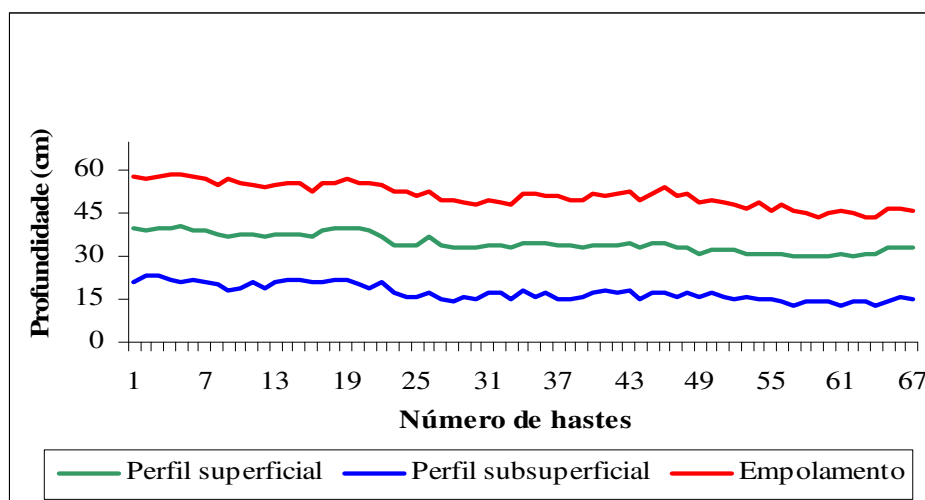


Figura 14. Representação gráfica do perfil do solo mobilizado no preparo convencional.

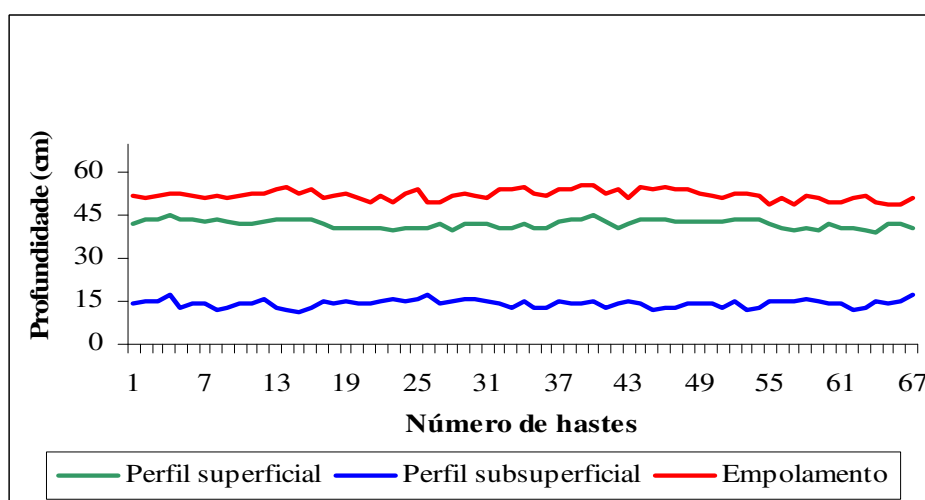


Figura 15. Representação gráfica do perfil do solo mobilizado no cultivo mínimo.

A profundidade de trabalho foi calculada pela equação:

$$P_t = P_s - P_{sub} \quad (1)$$

onde:

P_t = profundidade de trabalho (cm);

Ps = leitura do perfil superficial do solo (cm);

Psub = leitura do perfil subsuperficial do solo (cm).

A área de solo mobilizada foi calculada segundo a equação:

$$A_{sm} = P_t \cdot L_t \quad (2)$$

onde:

A_{sm} = área de solo mobilizada pelos equipamentos de manejo do solo (cm²);

P_t = profundidade de trabalho (cm);

L_t = largura de trabalho dos equipamentos de manejo do solo (cm).

A área de elevação do solo foi calculada pela equação:

$$A_e = (P_e - P_s) \cdot L_t \quad (3)$$

onde:

A_e = área de solo elevada pelos preparos do solo (cm²);

P_e = leitura do perfil elevado após os preparos do solo (cm);

P_s = leitura do perfil superficial do solo (cm);

L_t = largura de trabalho dos equipamentos de manejo do solo (cm).

O empolamento do solo foi calculado segundo a equação:

$$E = (A_e / A_{sm}) \cdot 100 \quad (4)$$

onde:

E = empolamento do solo (%);

A_e = área de solo elevada pelos preparos do solo (cm²);

A_{sm} = área de solo mobilizada pelos equipamentos de manejo do solo (cm²).

5.2.4.9 Área de solo mobilizada na linha de semeadura

Para avaliar a área de solo mobilizado na linha de semeadura, utilizou-se o mini perfilômetro de madeira, descrito por Mahl (2002), coletando-se uma amostra nas duas linhas centrais de cada parcela de plantio direto. Logo após a passagem da semeadora-adubadora, marcou-se o perfil da superfície do solo em folhas de papel rosa, inseridas no mini perfilômetro; em seguida, foi colocado na posição horizontal mantendo-se a base fixa ao solo, para a retirada manual do solo mobilizado no sulco de semeadura. Voltando-se novamente o mini perfilômetro na posição vertical, remarcou-se o perfil do sulco na mesma folha de papel.

Para determinar a área de solo mobilizada, traçou-se uma linha ligando as extremidades dos pontos coletados em cada folha, os quais forneceram o perfil superficial do solo em cada linha de semeadura. A área de solo mobilizada correspondeu à área existente entre a união dos pontos demarcados após a abertura do sulco e a linha que representou o perfil superficial do solo em cada linha de semeadura foi obtida através de digitalização em escala real por uma mesa digitalizadora, sendo codificada e calculada em unidade de cm^2 pelo software SPLAN - Sistema de Planimetria, desenvolvido pelo CINAG - Centro de Informática na Agricultura, na Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu.

5.2.5 Avaliações referentes aos parâmetros de demanda energética

5.2.5.1 Força na barra de tração

A força de tração média utilizada nas operações de manejo do solo (gradagem pesada, gradagem leve e escarificação) e semeadura (nabo forrageiro e nabiça) foi determinada com uma célula de carga, a qual foi posicionada entre a barra de tração do trator e o cabeçalho dos equipamentos de manejo do solo e da semeadora. Esta foi instalada em um suporte fixo (adaptado de TANAKA, 2001) no trator de forma a mantê-la em posição horizontal e sem sofrer impactos.

A força de tração máxima ou pico de força correspondeu ao valor máximo de força de tração armazenado pelo sistema de aquisição de dados, durante o

deslocamento do conjunto trator-equipamentos de manejo do solo e trator-semeadora pela área experimental.

Os dados de força foram coletados nas parcelas, utilizando-se um Microllogger para registrar os dados gerados e um módulo de armazenamento externo Storage module, para gravar os dados. Após o processamento, a força de tração média e máxima foi calculada e expressa em kgf.

5.2.5.2 Velocidade de deslocamento

O monitoramento da velocidade de deslocamento nas operações de manejo do solo e semeadura das culturas foi realizado indiretamente, através da frequência de aquisição de dados (10 Hz) do Micrologger. A velocidade média foi obtida segundo equação:

$$\text{Vel} = (L / \Delta t) \cdot 3,6 \quad (5)$$

onde:

Vel = velocidade de deslocamento (km h^{-1});

L = comprimento das parcelas (20 m);

Δt = tempo de percurso das parcelas (s);

3,6 = fator de conversão.

5.2.5.3 Potência na barra de tração

A potência média exigida na barra de tração do trator foi calculada pela equação:

$$P = (F_t \cdot \text{Vel}) / 367,09771 \quad (6)$$

onde:

P = potência média requerida na barra de tração (kW);

F_t = força de tração média requerida na barra de tração (kgf);

Vel = velocidade de deslocamento ($km\ h^{-1}$);

367,09771 = fator de conversão.

A potência máxima requerida na barra de tração do trator foi obtida segundo equação:

$$P_{max} = (F_{tmax} \cdot Vel) / 367,09771 \quad (7)$$

onde:

P_{max} = potência máxima requerida na barra de tração (kW);

F_{tmax} = força de tração máxima requerida na barra de tração (kgf);

Vel = velocidade de deslocamento ($km\ h^{-1}$);

367,09771 = fator de conversão.

5.2.5.4 Capacidade de campo efetiva

A capacidade de campo efetiva foi determinada utilizando-se a seguinte equação:

$$C_{ce} = (Vel \cdot Le) / 10 \quad (8)$$

onde:

C_{ce} = capacidade de campo efetiva ($ha\ h^{-1}$);

Vel = velocidade real de deslocamento ($km\ h^{-1}$);

Le = largura real do equipamento (m).

5.2.5.5 Tempo efetivo demandado

O tempo efetivo demandado foi avaliado pela equação:

$$T_{ed} = 1 / C_{ce} \quad (9)$$

onde:

T_{ed} = tempo efetivo demandado ($h \text{ ha}^{-1}$);

C_{ce} = capacidade de campo efetiva ($ha \text{ h}^{-1}$).

5.2.5.6 Uso específico de energia por área

O uso específico de energia por área foi determinado segundo equação:

$$U_{ee} = P \cdot T_{ed} \quad (10)$$

onde:

U_{ee} = uso específico de energia por área ($kWh \text{ ha}^{-1}$);

P = potência média requerida na barra de tração (kW);

T_{ed} = tempo efetivo demandado ($h \text{ ha}^{-1}$).

5.2.5.7 Consumo de combustível por área

O consumo de combustível por área trabalhada nas operações de manejo do solo e semeadura das culturas foi avaliado com um fluxômetro, o qual foi instalado em um suporte próximo ao filtro de combustível do trator. O gerador registrou uma unidade de pulso a cada ml de combustível que passou pelo mesmo. Contabilizando-se a quantidade de pulsos e o tempo gasto para percorrer as parcelas, o consumo de combustível foi calculado pela equação:

$$C_{ca} = (\sum p \cdot 3,6) / \Delta t \quad (11)$$

onde:

C_{ca} = consumo de combustível ($L \text{ ha}^{-1}$);

$\sum p$ = somatório de pulsos (ml);

Δt = tempo gasto para percorrer as parcelas (s);

3,6 = fator de conversão.

5.2.6 Massa seca da cobertura vegetal

Na determinação desta variável foi utilizado um quadrado de madeira de 0,25 m² de área, segundo método de Chaila (1986), no início do experimento. Coletaram-se duas amostras por parcelas que foram desidratadas, até atingirem massa constante, em estufa com circulação forçada de ar a 65°C. Após secagem, os valores obtidos foram transformados em quilos por hectare.

5.2.7 Porcentagem da cobertura vegetal do solo

A porcentagem da cobertura vegetal do solo foi obtida utilizando o método da linha transversal, descrita por Laflen et al. (1981), onde cada marca da linha coincidente com resíduos vegetais na superfície do solo foi considerada um ponto percentual de cobertura. Foram feitas duas leituras diagonais formando um “X” nas parcelas, antes e após as operações de manejo do solo, e após a colheita mecanizada das culturas.

5.2.8 Avaliações referentes aos parâmetros de crescimento e desenvolvimento das culturas de nabo forrageiro e nabiça

5.2.8.1 Profundidade de deposição de sementes

A profundidade de deposição de sementes foi obtida cortando-se rentes ao solo quinze plantas, coletadas aleatoriamente fora da área útil da subparcela. As plantas foram desenterradas e então se mediu a distância da semente até a superfície do solo.

5.2.8.2 Populações inicial e final

As populações inicial e final de plantas foram avaliadas após a estabilização da emergência e antes da colheita, respectivamente, em cinco metros de cada uma das duas linhas centrais de cada subparcela, contando-se o número de plantas existentes e calculando-se a população por hectare.

5.2.8.3 Amostragem de folhas para diagnose foliar e de plantas para relação carbono/nitrogênio

Na determinação de diagnose foliar, foram coletadas aleatoriamente quarenta folhas da parte central das plantas por subparcela e para a análise de relação carbono/nitrogênio, foram coletadas aleatoriamente quinze plantas por subparcela, ambas na fase do florescimento. As folhas e as plantas foram lavadas no laboratório com solução de detergente diluído, água comum e água deionizada, respectivamente. Em seguida, o material foi levado a uma estufa com circulação forçada de ar e mantido a 65°C até obtenção de massa constante; posteriormente foram moídas em moinho elétrico com peneira de 40 meshes e armazenadas em saquinhos de papel até o momento das análises. As análises foram processadas no laboratório do Departamento de Recursos Naturais, Setor de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu, para determinação dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e relação carbono/nitrogênio.

5.2.8.4 Sistema radicular

Na fase de pleno florescimento das culturas, foram coletados os sistemas radiculares utilizando-se o método da trincheira, descrito por Bohm (1979). A trincheira apresentava dimensões de 50 cm de profundidade e 80 cm de largura por subparcela. Posteriormente nivelou-se o perfil a ser amostrado, deixando o mais vertical possível e retiraram-se as partes aéreas das plantas antes das coletas das amostras.

Na coleta das amostras utilizou-se uma estrutura cúbica de ferro com dimensões de 30 x 30 x 10 cm, para comprimento, largura e altura, respectivamente, que foi introduzida no perfil para retirada de uma amostra de solo com raízes. Cada bloco de solo correspondente a uma amostra, que resultou num volume de 9.000 cm³, totalizou 36.000 cm³ de solo coletado para cada trincheira. As raízes foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm e armazenadas em câmara fria até o momento da lavagem, para separar o solo das raízes.

Os sistemas radiculares foram lavados em água corrente sobre peneira de malha de um milímetro e colocados em sacos plásticos previamente numerados. Após a lavagem, as raízes foram submetidas a um segundo processo de separação em laboratório, com a retirada de qualquer material que não fizesse parte da composição do sistema radicular das plantas de nabo forrageiro e nabiça. Em seguida foram armazenadas em recipientes plásticos, contendo solução aquosa de álcool etílico a 30% e conservadas em refrigerador para que posteriormente fosse realizadas as leituras pelo Scanner, modelo Scanjet 4C/T, marca HP. Através do programa Win Mac Rhizo, versão 3.8-b determinou-se o comprimento, o diâmetro e o volume radicular, que foram calculados em quilômetros por hectare, milímetros e metros cúbicos por hectare, respectivamente. Após efetuadas as leituras, as raízes foram desidratadas em estufa com circulação de ar forçada a 65°C, até atingirem massa constante. Suas massas foram determinadas em balança eletrônica e calculadas em quilos por hectare.

5.2.8.5 Altura das plantas

Foram medidas as alturas de quinze plantas por subparcela com o auxílio de régua de madeira graduada em centímetros, posicionada entre a superfície do solo e o final da inflorescência de cada planta.

5.2.8.6 Número de siliquis e siliquis chochas por plantas

Estes parâmetros foram avaliados em quinze plantas, contando-se o número de siliquis e siliquis chochas presentes em cada planta, colhidas manualmente por subparcela.

5.2.8.7 Comprimento das síliquas

O comprimento foi obtido medindo-se trinta síliquas das quinze plantas descritas anteriormente por subparcela, com auxílio de uma régua graduada em centímetros.

5.2.8.8 Número de grãos por síliqua

O número de grãos por síliqua foi determinado nas trinta síliquas descritas anteriormente. Cada síliqua foi aberta manualmente, contando-se o número total de grãos.

5.2.8.9 Massa seca da parte aérea

Para determinação desta variável foram colhidas manualmente às plantas sem as síliquas em cinco metros de cada uma das duas linhas centrais de cada subparcela. As plantas foram secas até atingirem massa constante, em estufa com circulação forçada de ar a 65°C. Após secagem, os valores obtidos foram transformados em quilos por hectare.

5.2.8.10 Massa de mil grãos

Retiraram-se amostras de grãos trilhados manualmente de cada subparcela, para contagem e pesagem de mil grãos inteiros, onde os valores obtidos foram corrigidos para 13% de água.

5.2.8.11 Teor e produtividade de óleo

O teor de óleo contido no grão foi avaliado pelo método químico Soxhlet, técnica adaptada por Zanotto (1986). As amostras foram coletadas e padronizadas para um peso de aproximadamente cinco gramas de grãos, por subparcela. A seguir foram

previamente maceradas e envoltas em cartuchos de papel filtro grampeados nas extremidades, com o peso do conjunto papel e grampo conhecido e secas em estufa a temperatura de 60°C, por doze horas. Após a secagem, foram devidamente pesadas e inseridas no Soxhlet juntamente com o extrator hexano e após sete horas em contato com o extrator, foram retiradas e secas em estufa por mais doze horas. Terminado o processo foi determinado o teor de óleo por diferença de peso.

A produtividade de óleo foi determinada segundo equação:

$$Po = \text{Prod} \cdot To / 100 \quad (12)$$

onde:

Po = produtividade de óleo (kg ha⁻¹);

Prod = produtividade de grãos (kg ha⁻¹);

To = teor de óleo (%).

5.2.8.12 Produtividade de grãos

Foram colhidas manualmente as plantas contidas em cinco metros de cada uma das duas linhas centrais de cada subparcela. Após a trilha manual das síliquas, a massa dos grãos foi pesada e desta foi retirada uma amostra para determinação do teor de água. A produtividade foi corrigida para quilos por hectare com 13% de água.

5.2.9 Avaliações referentes aos parâmetros de crescimento e desenvolvimento da cultura de milho

5.2.9.1 Profundidade de deposição de sementes

Para determinação deste parâmetro cortaram-se rentes ao solo quinze plantas, coletadas aleatoriamente fora da área útil da subparcela. As plantas foram desenterradas e então se mediu à distância da semente até a superfície do solo.

5.2.9.2 Populações inicial e final

As populações inicial e final de plantas foram obtidas após a estabilização da emergência e antes da colheita, respectivamente, em cinco metros de cada uma das duas linhas centrais de cada subparcela, contando-se o número de plantas existentes e calculando-se a população por hectare.

5.2.9.3 Altura das plantas

A determinação da altura das plantas foi realizada com o auxílio de uma régua de madeira graduada em centímetros, medindo-se a distância entre a superfície do solo e a inserção da folha bandeira. Foram medidas quinze plantas por subparcela na época do florescimento.

5.2.9.4 Altura de inserção da primeira espiga

Foram avaliadas quinze plantas de milho por subparcela, medindo-se a distância entre a superfície do solo e a inserção da primeira espiga, utilizando-se uma régua de madeira graduada em centímetros.

5.2.9.5 Diâmetro dos colmos

O diâmetro dos colmos foi determinado com um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, medindo-se o primeiro internódio do colmo, a partir da superfície do solo, em quinze plantas por subparcela.

5.2.9.6 Índice de espiga

O índice de espiga foi avaliado através da relação entre o número de espigas colhidas e a população final de plantas de milho.

5.2.9.7 Comprimento e diâmetro das espigas

O comprimento e o diâmetro das espigas foram avaliados a partir de uma amostra de 15 espigas, coletadas aleatoriamente dentro de cada subparcela. O comprimento foi obtido com auxílio de uma régua graduada em centímetros e o diâmetro foi determinado medindo-se, com um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, o terço médio das espigas.

5.2.9.8 Número de fileiras e grãos por espiga

O número de fileiras e grãos por espiga foram obtidos pela contagem manual dos mesmos, em uma amostra de quinze espigas de cada uma das subparcelas.

5.2.9.9 Plantas quebradas e acamadas

As plantas quebradas foram obtidas pela contagem das plantas que se apresentaram quebradas abaixo da primeira espiga; quanto às plantas acamadas, foram contadas as plantas tombadas num ângulo abaixo de 45°, ambas contadas em cinco metros de linha fora da área útil de cada subparcela.

5.2.9.10 Massa seca da parte aérea

Para a determinação desta variável foram colhidas manualmente quinze plantas sem as espigas de cada subparcela. As plantas foram desidratadas até atingirem massa constante, em estufa com circulação forçada de ar a 65°C. Após secagem, os valores obtidos foram transformados em quilos por hectare.

5.2.9.11 Índice de colheita

O índice de colheita foi obtido através da relação entre a produtividade de grãos e a matéria seca das plantas após a colheita das espigas.

5.2.9.12 Massa de mil grãos

Foi obtida retirando-se amostras dos grãos trilhados mecanicamente de cada subparcela. Foram contados e pesados mil grãos inteiros. Os valores obtidos foram corrigidos para 13% de água.

5.2.9.13 Produtividade de grãos

As espigas foram colhidas manualmente em cinco metros de cada uma das duas linhas centrais de cada subparcela. Após trilha mecânica, a massa dos grãos foi pesada e desta foi retirada uma amostra para determinação do teor de água. A produtividade foi corrigida para quilos por hectare com 13% de água.

5.2.10 Análise estatística

Os resultados dos experimentos foram computadorizados estatisticamente em relação à análise de variância, com teste de Tukey para comparar as médias entre as culturas e os manejos de solo e os desdobramentos das interações entre esses dois fatores, no primeiro experimento e entre as médias das coberturas vegetais e dos manejos de solo e dos desdobramentos das interações entre esses dois fatores, no segundo experimento.

Quando as variáveis em estudo (comprimento radicular, diâmetro radicular, volume radicular e massa seca radicular) não apresentaram aderência à distribuição normal de probabilidade, foi utilizado o procedimento não-paramétrico, para o modelo com três fatores (culturas, manejos de solo e profundidades), complementada com o teste de comparações múltiplas de Kruskal-Wallis (ZAR, 1999).

O nível de significância para os testes foi de 5% de probabilidade. Utilizou-se para as análises, o programa estatístico SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), versão 4.0.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Avaliações referentes aos parâmetros do solo

6.1.1 Densidade do solo

Na Tabela 10, estão apresentados os resultados de densidade do solo nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm antes da instalação dos sistemas de manejo do solo. Os dados obtidos revelaram diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo, onde os tratamentos com plantio direto mostraram valores superiores aqueles encontrados no cultivo mínimo e no preparo convencional, nas três profundidades estudadas. Os maiores valores de densidade do solo no sistema de plantio direto, em relação aos demais manejos, deve-se a ausência de revolvimento e a compactação ocasionada pelo tráfego de máquinas, uma vez que a área experimental vem sendo conduzida com os mesmos sistemas de manejo desde 1998.

Tabela 10. Densidade do solo (Mg m^{-3}) em diferentes profundidades antes da instalação dos sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-30
Preparo convencional	1,22 B	1,35 B	1,43 B
Cultivo mínimo	1,23 B	1,36 B	1,44 B
Plantio direto	1,42 A	1,44 A	1,48 A
CV (%)	3,81	2,19	1,01

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A densidade do solo na profundidade de 0-10 cm após a colheita de nabo forrageiro e nabiça (Tabela 11), apresentou maior valor no sistema de plantio direto, diferindo-se estatisticamente do preparo convencional e do cultivo mínimo. Já para as profundidades de 10-20 e 20-30 cm não foram observadas diferenças estatísticas entre os manejos do solo; este resultado possivelmente está relacionado ao efeito dos sistemas de manejo do solo.

Tabela 11. Densidade do solo (Mg m^{-3}) em diferentes profundidades e sistemas de manejo do solo após a colheita de nabo forrageiro e nabiça.

Manejo do solo	Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-30
Preparo convencional	1,19 B	1,31 A	1,41 A
Cultivo mínimo	1,20 B	1,33 A	1,42 A
Plantio direto	1,40 A	1,42 A	1,47 A
CV (%)	7,03	6,46	4,89

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Gonçalves (1999), verificou que a densidade do solo nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm não apresentou diferenças estatísticas entre o preparo convencional e o plantio direto, após a colheita de nabo forrageiro em NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico. Yano (2005), trabalhando na mesma classe de solo, notou que o preparo com escarificação apresentou menor densidade do solo em relação ao preparo convencional e plantio direto, após a colheita de aveia preta, sorgo e pousio.

Como se pode observar na Tabela 12, a densidade do solo após a colheita de milho diferiu estatisticamente entre os sistemas de manejo do solo, nas três profundidades analisadas. Nas profundidades 0-10 e 20-30 cm, verifica-se que o plantio direto mostrou valores superiores, seguido pelo cultivo mínimo e preparo convencional; já na profundidade 10-20 cm não houve diferença estatística entre o plantio direto e o cultivo mínimo, ficando o preparo convencional com os menores resultados. Gonçalves (1999), Leite (2002), Silva (2004) e Bertolini (2005), não encontraram diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo do solo, após a colheita de milho.

Tabela 12. Densidade do solo (Mg m^{-3}) em diferentes profundidades e sistemas de manejo do solo após a colheita de milho.

Manejo do solo	Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-30
Preparo convencional	1,14 C	1,18 B	1,29 C
Cultivo mínimo	1,19 B	1,31 A	1,38 B
Plantio direto	1,24 A	1,35 A	1,43 A
CV (%)	1,25	1,86	1,35

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nota-se no preparo convencional e no cultivo mínimo, que a densidade do solo em todas as profundidades após a colheita de milho (Tabela 12) diminuiu em relação ao início do experimento (Tabela 10); este resultado provavelmente pode ser explicado pelo efeito dos sistemas de manejo do solo. Entretanto, no sistema de plantio direto esta diminuição na densidade do solo após a colheita de milho em relação ao início do experimento, deve-se a decomposição da matéria orgânica proveniente dos sistemas radiculares das culturas de nabo forrageiro e nabiça, que conseguiram romper camadas compactadas, tornando o solo poroso.

6.1.2 Resistência mecânica do solo à penetração

Os valores da resistência mecânica do solo à penetração antes da instalação dos sistemas de manejo do solo sob diferentes profundidades encontram-se na Tabela 13 e na Figura 16; os teores de água no solo em que foram feitas as determinações são apresentados na Tabela 7 (página 71). Observa-se que o sistema de plantio direto apresentou resultados estatisticamente superiores, quando comparado ao preparo convencional e cultivo mínimo, em todas as profundidades estudadas. Da mesma forma que no item 6.1.1, os maiores valores apresentados no sistema de plantio direto deve-se a ausência de revolvimento e a compactação ocasionada pelo tráfego de máquinas, uma vez que a área experimental vem sendo conduzida com os mesmos sistemas de manejo desde 1998.

Tabela 13. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) antes da instalação dos sistemas de manejo do solo sob diferentes profundidades.

Profundidade (cm)	Manejo do solo			CV (%)
	Preparo convencional	Cultivo mínimo	Plantio direto	
5	0,96 c	1,46 b	2,24 a	1,12
10	1,69 b	1,65 b	2,66 a	1,62
15	2,38 b	1,85 c	2,68 a	1,56
20	2,57 b	2,09 c	2,71 a	1,42
25	2,60 a	2,27 b	2,69 a	2,61
30	2,54 b	2,35 c	2,66 a	1,94
35	2,46 b	2,40 b	2,70 a	1,96
40	2,47 b	2,42 b	2,69 a	2,05

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Camargo e Alleoni (1997) citam Sene et al. (1985) e Camarache (1990), onde sugerem que valores acima de 2,5 MPa começam a restringir o pleno crescimento das raízes; portanto, pode-se notar na Figura 16, que no plantio direto há uma tendência à compactação a partir da profundidade de 10 cm e no preparo convencional entre 20 e 30 cm, pois são nestas faixas que a resistência mecânica do solo à penetração assume os maiores valores, sendo que no preparo convencional este fato estaria relacionado com a profundidade de trabalho do implemento, que resulta na formação do “pé-de-grade”, uma vez que a área experimental vem sendo conduzida com o mesmo sistema de manejo desde 1998.

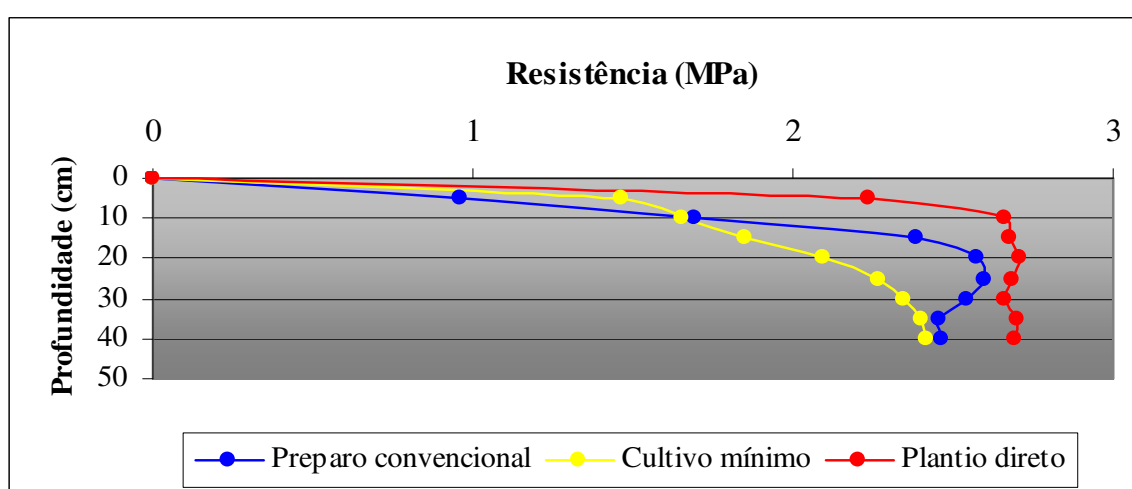


Figura 16. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) antes da instalação dos sistemas de manejo do solo sob diferentes profundidades.

Como pode ser observado na Tabela 14 e na Figura 17, os valores da resistência mecânica do solo à penetração após a colheita de nabo forrageiro e nabiça continuam maiores no sistema de plantio direto, diferindo-se estatisticamente do preparo convencional e do cultivo mínimo. Não houve diferença estatística entre o preparo convencional e o cultivo mínimo até 15 cm de profundidade, porém entre 20 e 35 cm o cultivo mínimo apresentou estatisticamente os menores resultados, igualando-se ao preparo convencional a partir dos 40 cm de profundidade; provavelmente estes resultados devem-se aos efeitos dos sistemas de manejo do solo.

Tabela 14. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) após colheita de nabo forrageiro e nabiça sob três sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades.

Profundidade (cm)	Manejo do solo			CV (%)
	Preparo convencional	Cultivo mínimo	Plantio direto	
5	0,66 b	0,64 b	2,25 a	5,73
10	0,96 b	1,10 b	2,50 a	6,08
15	1,52 b	1,61 b	2,55 a	4,42
20	2,18 b	1,75 c	2,56 a	4,01
25	2,40 b	1,82 c	2,63 a	2,54
30	2,45 b	2,02 c	2,62 a	1,59
35	2,42 b	2,30 c	2,65 a	1,61
40	2,40 b	2,32 b	2,65 a	3,03

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

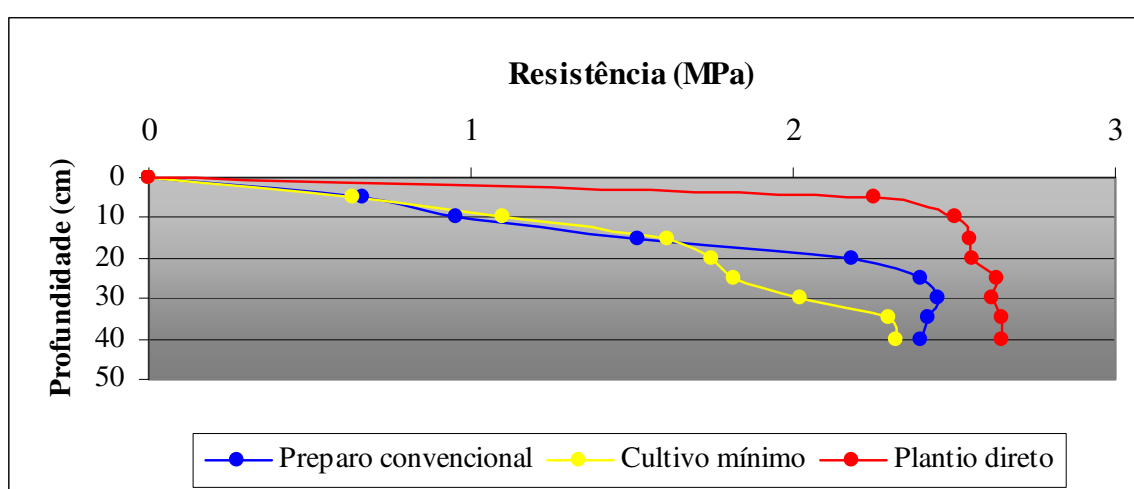


Figura 17. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) após colheita de nabo forrageiro e nabiça sob três sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades.

Constata-se ainda na Figura 17, que no plantio direto há uma tendência à compactação a partir de 10 cm de profundidade, pois é nesta faixa que a resistência mecânica do solo à penetração assume os maiores valores.

Comparando o preparo convencional com o plantio direto após a colheita de nabo forrageiro em NITOSSOLO VERMELHO Distroférico, Gonçalves (1999), verificou que o plantio direto apresentou estatisticamente os maiores resultados de resistência mecânica do solo à penetração entre as profundidades de 5 e 25 cm, sendo que a partir dos 30 cm de profundidade não houve diferença estatística entre os manejos do solo.

Na Tabela 15 e na Figura 18, os valores da resistência mecânica do solo à penetração após a colheita de milho continuam superiores nos tratamentos com sistema de plantio direto, diferindo-se estatisticamente do preparo convencional e do cultivo mínimo, concordando com os resultados obtidos por Gonçalves (1999) e Bertolini (2005), quando trabalharam na mesma classe de solo, comparando o sistema de plantio direto com o preparo convencional e preparo com escarificação, respectivamente. Ainda, pode-se verificar que não houve diferença estatística entre o preparo convencional e o cultivo mínimo até 15 cm de profundidade, porém entre 20 e 40 cm o cultivo mínimo apresentou estatisticamente os menores resultados; isto se deve ao efeito dos sistemas de manejo do solo.

Tabela 15. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) após colheita de milho sob três sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades.

Profundidade (cm)	Manejo do solo			CV (%)
	Preparo convencional	Cultivo mínimo	Plantio direto	
5	0,51 b	0,59 b	2,21 a	5,59
10	0,90 b	0,98 b	2,41 a	2,93
15	1,45 b	1,50 b	2,51 a	1,59
20	2,05 b	1,70 c	2,53 a	3,14
25	2,30 b	1,80 c	2,55 a	3,08
30	2,35 b	1,93 c	2,55 a	1,36
35	2,38 b	2,20 c	2,57 a	2,13
40	2,36 b	2,22 c	2,60 a	1,92

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No plantio direto observa-se que há uma tendência à compactação a partir de 15 cm de profundidade, pois é nesta faixa que a resistência mecânica do solo à penetração assume os maiores valores (Figura 18).

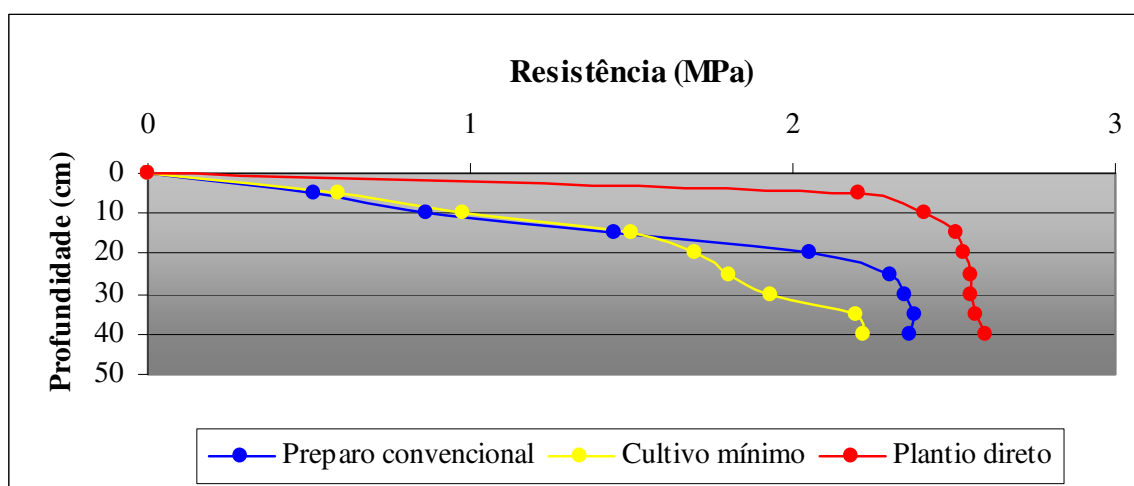


Figura 18. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) após colheita de milho sob três sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades.

Nota-se no preparo convencional e no cultivo mínimo, que a resistência mecânica do solo à penetração em todas as profundidades após a colheita de milho (Tabela 15 e Figura 18) diminuiu em relação ao início do experimento (Tabela 13 e Figura 16); este resultado provavelmente pode ser explicado pelo efeito dos sistemas de manejo do solo. Contudo, no sistema de plantio direto esta diminuição na resistência mecânica do solo à penetração após a colheita de milho em relação ao início do experimento, deve-se a decomposição da matéria orgânica proveniente dos sistemas radiculares das culturas de nabo forrageiro e nabiça, que conseguiram romper camadas compactadas, tornando o solo poroso.

6.1.3 Profundidade de trabalho, área de solo mobilizada, área de solo elevada e empolamento do solo

Os resultados obtidos para a profundidade de trabalho dos equipamentos de preparo primário do solo encontram-se na Tabela 16, onde pode ser

observado que a utilização do escarificador proporcionou valor estatisticamente superior na profundidade de trabalho em relação a grade pesada.

Observa-se, também, na Tabela 16, que a área de solo mobilizada pelo escarificador foi estatisticamente superior ao da grade pesada. Este resultado está associado a maior profundidade de trabalho do escarificador, em relação ao outro equipamento.

Tabela 16. Profundidade de trabalho (cm) e área de solo mobilizada (cm²) pelos equipamentos de manejo do solo.

Equipamentos	Profundidade de trabalho (cm)	Área mobilizada (cm ²)
Grade pesada	18,00 B	3.240 B
Escarificador	25,75 A	6.180 A
CV (%)	6,66	7,46

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Silva (2004), não encontrou diferença estatística entre as profundidades de trabalho, verificando 23,72 e 21,55 cm, quando analisou o escarificador e a grade pesada, respectivamente. Já Siqueira (1999b), Marques (2002) e Levien et al. (2003), encontraram valores de 30,06; 15,58 e 17,50 cm na operação de escarificação, respectivamente. Marques (1999), obteve na operação com gradagem pesada, profundidade de trabalho de 15,83 cm; valor este inferior ao encontrado neste trabalho.

Os dados obtidos de área de solo mobilizada estão de acordo com os citados por Silva (2004). Já Boller (1996), Marques (2002) e Levien et al. (2003), encontraram valores inferiores de área mobilizada, 4.113; 3.817 e 4.904 cm², respectivamente, quando utilizaram o escarificador, devido a menor profundidade de trabalho realizada pelo equipamento.

Na Tabela 17, são apresentados os resultados da área de solo elevada, onde pode ser constatado que não houve diferença estatística entre o escarificador e a grade pesada. Constata-se, também, que o empolamento do solo foi estatisticamente superior no manejo com grade pesada, quando comparado ao escarificador, devido a profundidade de trabalho dos equipamentos de manejo do solo.

Tabela 17. Área de solo elevada (cm²) e empolamento do solo (%) pelos equipamentos de manejo do solo.

Equipamentos	Área de elevação (cm ²)	Empolamento do solo (%)
Grade pesada	2.925 A	90,17 A
Escarificador	2.400 A	39,72 B
CV (%)	15,52	14,04

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Boller (1996) e Marques (2002), encontraram valores menores de empolamento do solo, 25,10 e 25,40%, respectivamente, para o manejo do solo com escarificador.

6.1.4 Área de solo mobilizada na linha de semeadura

A área de solo mobilizada na linha de semeadura no sistema de plantio direto (Tabela 18) foi estatisticamente superior para a cultura de milho, em relação às culturas de nabo forrageiro e nabiça. Esta maior mobilização de solo encontrado para a cultura de milho está relacionada à maior profundidade de deposição de sementes.

Tabela 18. Área de solo mobilizada (cm²) na linha de semeadura no sistema de plantio direto para as culturas de nabo forrageiro, nabiça e milho.

Culturas	Área de solo mobilizada (cm ²)
Nabo forrageiro e nabiça	19,55 B
Milho	48,21 A
CV (%)	13,95

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em sistema de plantio direto Mahl (2002), Silva (2003) e Mahl (2006), encontraram valores de 72,86; 59,90 e 137,42 cm², respectivamente de área de solo mobilizada, quando utilizaram semeadora com mecanismo sulcador de disco duplo para a cultura de milho em NITOSSOLO VERMELHO Distroférico, mostrando, desta forma, resultados superiores ao obtido neste experimento.

6.2 Avaliações referentes aos parâmetros de demanda energética

6.2.1 Força na barra de tração

Devido à utilização de dois equipamentos distintos (grades pesada e leve) na operação do preparo convencional, os parâmetros força média e máxima na barra de tração nas operações de manejo do solo, não puderam ser submetidos à análise estatística, pois o somatório dessas forças não demonstra precisamente o que ocorreu neste estudo (Tabela 19). Porém, observa-se que o escarificador apresentou maior força média e máxima na barra de tração, em relação aos demais equipamentos de manejo do solo.

Tabela 19. Força média e máxima na barra de tração (kgf) dos equipamentos utilizados nas operações de manejo do solo.

Manejo do solo		Força média (kgf)	Força máxima (kgf)
Preparo convencional	Grade pesada	3.154	3.606
	Grade leve	1.472	1.891
Cultivo mínimo	Escarificador	3.323	4.357

Os valores da força média e máxima na barra de tração nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça encontram-se na Tabela 20. Observa-se que entre os manejos de solo estudados, o cultivo mínimo e o preparo convencional apresentaram valores estatisticamente maiores que o plantio direto, tanto para força média de tração como para a força máxima de tração.

Tabela 20. Força média e máxima na barra de tração (kgf) para as operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Força média (kgf)	Força máxima (kgf)
Preparo convencional	321 A	498 A
Cultivo mínimo	357 A	556 A
Plantio direto	152 B	385 B
CV (%)	6,88	9,90

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De acordo com Levien (1999), a maior exigência de esforço de tração média com a semeadora no preparo convencional e no preparo com escarificação, pode ser explicada pela superfície do solo relativamente mais mobilizada e menos nivelada e a maior exigência de esforço de tração máxima pela semeadora deve-se a irregularidades e desuniformidades do terreno, a diferenças na profundidade de semeadura e a “embuchamentos” momentâneos.

Furlani (2000) e Yano (2005), observaram no preparo com escarificação maior valor na força média de tração, em relação ao preparo convencional e ao plantio direto, para as operações de semeadura de feijão e soja, respectivamente. Yano (2005), verificou também no preparo com escarificação maior valor na força de tração máxima, em relação aos manejos de solo empregados na semeadura de soja.

6.2.2 Velocidade de deslocamento

Da mesma forma que no item 6.2.1, a velocidade de deslocamento nas operações de manejo do solo não foi submetida à análise estatística, pois foram utilizados dois equipamentos distintos (grades pesada e leve) no preparo convencional, portanto o somatório dessas velocidades não demonstra precisamente o que ocorreu no experimento (Tabela 21). Entretanto, pode-se notar que a grade leve obteve maior velocidade de deslocamento, seguida pelo escarificador e grade pesada.

Tabela 21. Velocidade média de deslocamento (km h^{-1}) dos equipamentos utilizados nas operações de manejo do solo.

Manejo do solo	Velocidade de deslocamento (km h^{-1})	
Preparo convencional	Grade pesada	3,22
	Grade leve	6,76
Cultivo mínimo	Escarificador	3,59

Na Tabela 22, são apresentados os resultados de velocidade de deslocamento nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça. Nota-se que a maior velocidade foi observada no manejo de plantio direto, diferindo-se estatisticamente do cultivo mínimo, tendo o preparo convencional apresentado valor intermediário, concordando com os

resultados de Furlani (2000), Mahl (2002) e Yano (2005), nas operações de semeadura de feijão, milho e soja, respectivamente.

Tabela 22. Velocidade média de deslocamento (km h^{-1}) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Velocidade de deslocamento (km h^{-1})
Preparo convencional	5,32 AB
Cultivo mínimo	5,12 B
Plantio direto	5,97 A
CV (%)	6,75

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Segundo Silva (2004), os resultados da velocidade média de deslocamento nas operações de semeadura podem estar relacionados com os parâmetros de profundidade de deposição das sementes e a força média de tração, onde se observa que o manejo menos mobilizado como o plantio direto, exigiu menos força média de tração e conseqüentemente, obteve maior velocidade de deslocamento. Já Pontes (2002), acredita que a menor velocidade de deslocamento na semeadura sobre preparo convencional e preparo com escarificação, deve-se à maior resistência ao rolamento do rodado trator-semeadora, do deslizamento das rodas do trator e da irregularidade na superfície do terreno.

6.2.3 Potência na barra de tração

Seguindo os itens 6.2.1 e 6.2.2, a potência média e máxima na barra de tração nas operações de manejo do solo, Tabela 23, não foi submetida à análise estatística, pois foram utilizados dois equipamentos distintos (grades pesada e leve) no preparo convencional, portanto o somatório dessas potências não demonstra precisamente o que ocorreu no experimento. Contudo, o escarificador apresentou maior potência média e máxima na barra de tração comparado a grade pesada, sendo a diferença em torno de 15 e 18%, respectivamente.

Tabela 23. Potência média e máxima na barra de tração (kW) dos equipamentos utilizados nas operações de manejo do solo.

Manejo do solo		Potência média (kW)	Potência máxima (kW)
Preparo convencional	Grade pesada	27,70	34,84
	Grade leve	21,13	29,66
Cultivo mínimo	Escarificador	32,58	42,52

A potência média na barra de tração com a semeadora foi estatisticamente superior no cultivo mínimo e no preparo convencional, em relação ao plantio direto, porém os maiores valores de potência máxima na barra de tração foram observadas no cultivo mínimo, diferindo-se estatisticamente do plantio direto, tendo o preparo convencional apresentado valor intermediário (Tabela 24); este resultado deve-se a menor força na barra de tração e a maior velocidade de deslocamento encontrado no sistema de plantio direto.

Tabela 24. Potência média e máxima na barra de tração (kW) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Potência média (kW)	Potência máxima (kW)
Preparo convencional	4,66 A	7,21 AB
Cultivo mínimo	4,99 A	7,76 A
Plantio direto	2,46 B	6,25 B
CV (%)	8,60	8,96

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Levien (1999) e Yano (2005), trabalhando com estes tratamentos de manejo do solo, nas semeaduras de milho e soja, respectivamente, observaram que a potência média na barra de tração foi estatisticamente maior no manejo do solo com escarificação, do que no preparo convencional e sistema de plantio direto. Já Silva (2004), não observou diferença estatística entre os sistemas de manejo do solo.

6.2.4 Capacidade de campo efetiva

De acordo com a Tabela 25, a utilização do cultivo mínimo resultou numa capacidade de campo efetiva estatisticamente superior ao preparo convencional, sendo a diferença de 63%. Esse resultado deve-se ao número de operações exigidas para cada manejo

de solo, ou seja, no cultivo mínimo o solo foi preparado com uma única passada do escarificador, enquanto que no preparo convencional foram realizadas três operações de gradagem (uma pesada e duas leves).

Tabela 25. Capacidade de campo efetiva (ha h^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Capacidade de campo efetiva (ha h^{-1})
Preparo convencional	0,32 B
Cultivo mínimo	0,86 A
CV (%)	6,09

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Silva (2004), também observou diferença estatística entre os sistemas de manejo do solo, encontrando valores de 1,10 e 0,42 ha h^{-1} , para o preparo com escarificação e preparo convencional, respectivamente. Marques (2002), verificou valor de 1,15 ha h^{-1} na capacidade de campo efetiva, quando realizou o preparo com escarificador.

A largura útil da semeadora nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça foi a mesma em todos os manejos do solo estudados, desta forma supõe-se que apenas a velocidade média de deslocamento poderia influir sobre os valores de capacidade de campo efetiva, apresentados na Tabela 26. Nota-se que a maior capacidade de campo efetiva foi observada no plantio direto, diferindo-se estatisticamente do cultivo mínimo, tendo o preparo convencional apresentado valor intermediário. Resultados semelhantes também foram encontrados por Levien (1999) na operação de semeadura de milho e por Marques (2002) e Yano (2005), na operação de semeadura de soja.

Tabela 26. Capacidade de campo efetiva (ha h^{-1}) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Capacidade de campo efetiva (ha h^{-1})
Preparo convencional	0,95 AB
Cultivo mínimo	0,92 B
Plantio direto	1,07 A
CV (%)	7,10

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Mahl (2002), também verificou maior capacidade de campo efetiva na operação de semeadura no sistema de plantio direto, em relação ao preparo com escarificação, concluindo que a patinação dos rodados do trator interferiu neste parâmetro, ou seja, quanto maior o grau de desagregação do solo durante o manejo, menor seria a capacidade operacional do conjunto motomecanizado.

6.2.5 Tempo efetivo demandado

Na Tabela 27, são apresentados os valores de tempo efetivo demandado para os sistemas de manejo do solo. Nota-se que o preparo convencional exigiu um tempo estatisticamente superior, quando comparado ao cultivo mínimo, concordando com Marques (2002) e Silva (2004). Observa-se também na Tabela 27, que o cultivo mínimo resultou num tempo 62,5% menor, em relação ao preparo convencional. Esse resultado está relacionado com a capacidade de campo efetiva, pois o tempo demandado é função direta da variação desse parâmetro.

Tabela 27. Tempo efetivo demandado (h ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Tempo efetivo demandado (h ha^{-1})
Preparo convencional	3,10 A
Cultivo mínimo	1,16 B
CV (%)	8,77

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os resultados do tempo efetivo demandado nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça, em três sistemas de manejo do solo, estão apresentados na Tabela 28, onde o menor tempo demandado foi observado no manejo de plantio direto, diferindo-se estatisticamente do cultivo mínimo, tendo o preparo convencional apresentado valor intermediário, discordando, desta forma, dos valores encontrados por Silva (2004), que não observou diferença estatística nos mesmos sistemas de manejo do solo, na semeadura de milho. Estes resultados também estão relacionados com a capacidade de campo efetiva, pois o tempo demandado é função direta da variação desse parâmetro.

Tabela 28. Tempo efetivo demandado (h ha^{-1}) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Tempo efetivo demandado (h ha^{-1})
Preparo convencional	1,04 AB
Cultivo mínimo	1,08 A
Plantio direto	0,93 B
CV (%)	6,40

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.2.6 Uso específico de energia por área

Nos sistemas de manejo do solo, o preparo convencional apresentou valor estatisticamente superior de uso de energia por área trabalhada, em relação ao cultivo mínimo, sendo a diferença de energia da ordem de 45% (Tabela 29); este resultado se deve a capacidade de campo efetiva e a potência exigida para cada sistema de manejo do solo. Levien et al. (2003) e Silva (2004), obtiveram uso de energia de 37,88 e 35,63 kWh ha^{-1} , respectivamente; os resultados desses pesquisadores são semelhantes aos encontrados neste experimento, para o manejo de cultivo mínimo com escarificação.

Tabela 29. Uso específico de energia (kWh ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Uso específico de energia (kWh ha^{-1})
Preparo convencional	68,60 A
Cultivo mínimo	37,71 B
CV (%)	3,27

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 30, a utilização do preparo convencional e do cultivo mínimo, resultou num uso específico de energia por área estatisticamente superior ao plantio direto, durante as operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça. Podem-se explicar os resultados encontrados, uma vez que estão relacionados com os parâmetros de potência média na barra de tração (Tabela 24) e capacidade de campo efetiva (Tabela 26).

Tabela 30. Uso específico de energia (kWh ha⁻¹) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Uso específico de energia (kWh ha ⁻¹)
Preparo convencional	4,86 A
Cultivo mínimo	5,41 A
Plantio direto	2,31 B
CV (%)	7,01

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados parecidos de uso específico de energia foram obtidos por Levien (1999), na operação da semeadura de aveia, utilizando os mesmos manejos do solo. Já Silva (2004), encontrou valores superiores no preparo convencional e no preparo com escarificação, em relação ao plantio direto, mas não observou diferença estatística entre os manejos estudados, uma vez que estes estão relacionados com os parâmetros de capacidade de campo efetiva, tempo efetivo demandado, velocidade média de deslocamento e largura de trabalho.

6.2.7 Consumo de combustível por área

Os resultados do consumo de combustível por área trabalhada em dois sistemas de manejo do solo estão apresentados na Tabela 31, onde o maior consumo foi observado no preparo convencional, pois este parâmetro é função direta do tempo efetivo demandado, concordando com os valores encontrados por Marques (2002) e Silva (2004). Nota-se que para os tratamentos com cultivo mínimo obteve-se valores aproximadamente 55,5% menores que no preparo convencional.

Tabela 31. Consumo de combustível por área (L ha⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Consumo de combustível (L ha ⁻¹)
Preparo convencional	44,43 A
Cultivo mínimo	19,79 B
CV (%)	8,05

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo, ocorreram diferenças estatísticas no consumo de combustível por área (Tabela 32), onde o menor valor foi observado no sistema de plantio direto, devido a menor exigência de esforço na barra de tração com a semeadora, discordando assim, dos valores encontrados por Silva (2004), que não observou diferença estatística nos mesmos sistemas de manejo do solo. Porém, Furlani et al. (2003) e Yano (2005), encontraram maior consumo de combustível no preparo com escarificação, seguido pelo preparo convencional, ficando o plantio direto com o menor valor de consumo.

Nota-se ainda na Tabela 32, que o consumo de combustível total por sistema de manejo do solo foi maior no preparo convencional, diferindo estatisticamente do cultivo mínimo, que por sua vez superou o plantio direto. Esse resultado deve-se ao número de operações exigidas para cada manejo de solo, ou seja, no cultivo mínimo o solo foi preparado com uma única passada do escarificador, no preparo convencional foram realizadas três operações de gradagem (uma pesada e duas leves), enquanto que no sistema de plantio direto houve movimentação mecânica do solo apenas na linha de semeadura.

Tabela 32. Consumo de combustível por área ($L ha^{-1}$) nas operações de semeadura de nabo forrageiro e nabiça e consumo total ($L ha^{-1}$) por sistema de manejo do solo.

Manejo do solo	Consumo na semeadura ($L ha^{-1}$)	Consumo total ($L ha^{-1}$)
Preparo convencional	8,21 A	52,64 A
Cultivo mínimo	8,54 A	28,33 B
Plantio direto	6,59 B	6,59 C
CV (%)	5,45	7,32

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.3 Massa seca da cobertura vegetal

Na Tabela 33 são apresentadas as quantidades de massa seca da cobertura vegetal existente na superfície do solo antes da instalação dos sistemas de manejo do solo, as quais se originaram de restos culturais (culturas anteriores e plantas daninhas), visto que a área experimental manteve-se em pousio até a implantação do experimento. Pode-se constatar que a massa seca da cobertura vegetal presente nas parcelas não diferiu

estatisticamente, indicando homogeneidade da área experimental antes da instalação dos tratamentos, encontrando-se uma produção média de 8.662 kg ha⁻¹.

Tabela 33. Massa seca da cobertura vegetal (kg ha⁻¹) antes da instalação dos sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Massa seca (kg ha ⁻¹)
Preparo convencional	8.570 A
Cultivo mínimo	8.677 A
Plantio direto	8.740 A
Média	8.662
CV (%)	6,14

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A produção de massa seca encontrada no plantio direto pode ser considerada adequada ao sistema, de acordo com Alvarenga et al. (2001), que consideraram apropriada a quantidade de 6.000 kg ha⁻¹ de massa seca de cobertura vegetal.

6.4 Porcentagem de cobertura do solo

Os valores percentuais de cobertura antes dos manejos do solo encontram-se na Tabela 34, onde pode ser observado que não ocorreram diferenças entre as parcelas, indicando homogeneidade da área experimental antes da instalação dos tratamentos.

Houve diferenças estatísticas na porcentagem de cobertura após a realização das operações de manejo do solo, onde se pode constatar maior porcentagem de cobertura nos tratamentos com plantio direto seguido pelo cultivo mínimo e preparo convencional (Tabela 34). Tais resultados concordam com Leite (2002), Silva (2004), Rodrigues (2005) e Yano (2005), trabalhando com os mesmos sistemas de manejo do solo. Bertolini (2005), obteve 92,8 e 47,2% de cobertura após os manejos em plantio direto e preparo com escarificação, respectivamente. A menor porcentagem de cobertura encontrado no preparo convencional deve-se a incorporação dos restos culturais (culturas anteriores e plantas daninhas), deixando a superfície do solo desprotegida. Já no cultivo mínimo houve incorporação parcial dos restos culturais, proporcionado pelo disco de corte e haste do equipamento. No plantio direto, por não haver nenhuma movimentação mecânica do solo

antes da semeadura, a incorporação dos restos culturais proporcionada pela semeadora foi de apenas 5%.

Tabela 34. Porcentagem de cobertura do solo (%) antes e após os sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo (%)	
	Antes do manejo	Após o manejo
Preparo convencional	89 A	2 C
Cultivo mínimo	90 A	37 B
Plantio direto	92 A	87 A
CV (%)	3,76	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De acordo com ASAE (1992), o preparo conservacionista é aquele que mantém no mínimo 30% de cobertura sobre o solo após a semeadura da cultura, portanto o cultivo mínimo e o plantio direto neste estudo podem ser considerados conservacionistas.

6.5 Avaliações referentes aos parâmetros de crescimento e desenvolvimento das culturas de nabo forrageiro e nabiça

6.5.1 Profundidade de deposição de sementes

De acordo com os dados apresentados na Tabela 35, verifica-se que a profundidade de deposição de sementes de nabo forrageiro e nabiça não diferiu estatisticamente entre os sistemas de manejo do solo, pois a regulagem da semeadora foi realizada a fim de proporcionar a mesma profundidade de deposição de sementes para cada um dos sistemas de manejo avaliados.

Tabela 35. Profundidade de deposição de sementes (cm) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Profundidade de deposição de sementes (cm)
Preparo convencional	3,22 A
Cultivo mínimo	3,15 A
Plantio direto	2,90 A
CV (%)	4,85

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.5.2 Populações inicial e final

Na Tabela 36 são apresentados os valores da população inicial de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo, onde se observa que este parâmetro foi influenciado pelas culturas utilizadas. A cultura de nabo forrageiro resultou em maior população inicial de plantas comparado a cultura de nabiça; este resultado pode ser devido às diferenças no poder germinativo existente entre as sementes.

Comparando as culturas dentro dos sistemas de manejo do solo, nota-se que a população inicial de nabo forrageiro foi estatisticamente superior a de nabiça, em todos os sistemas de manejo do solo (Tabela 36).

Tabela 36. População inicial (plantas ha⁻¹) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	292.500 Aa	240.000 Ab	266.250 A
Cultivo mínimo	296.250 Aa	229.375 Ab	262.813 A
Plantio direto	274.375 Aa	224.375 Ab	249.375 A
Média	287.708 a	231.250 b	
CV (%)			7,51

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se, na Tabela 37, que houve diferenças estatísticas na população final entre as culturas e os sistemas de manejo do solo. A cultura de nabo forrageiro apresentou maior população final de plantas comparado à cultura de nabiça; possivelmente este resultado está relacionado pelas diferenças observadas na população inicial. O preparo convencional resultou em maior população final de plantas, diferindo-se estatisticamente do cultivo mínimo, que por sua vez superou o plantio direto. A baixa população final no sistema de plantio direto pode ser explicada pelos altos valores na densidade do solo e na resistência mecânica do solo à penetração.

Para as interações, Tabela 37, observa-se na cultura de nabo forrageiro que o preparo convencional e o cultivo mínimo apresentaram-se com maiores populações finais e foram estatisticamente diferentes do plantio direto. Na cultura de nabiça, todos os

manejos diferiram estatisticamente entre si, ficando o preparo convencional com a maior população final de plantas. Apenas o plantio direto apresentou populações finais diferentes estatisticamente entre as culturas, sendo os maiores valores verificados na cultura de nabo forrageiro.

Tabela 37. População final (plantas ha⁻¹) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	232.500 Aa	220.625 Aa	226.563 A
Cultivo mínimo	220.625 Aa	202.500 Ba	211.563 B
Plantio direto	200.000 Ba	180.000 Cb	190.000 C
Média	217.708 a	201.042 b	
CV (%)			6,20

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.5.3 Diagnose foliar

O valor do teor de nitrogênio nas folhas de nabo forrageiro e nabiça encontra-se na Tabela 38, onde se pode constatar que este parâmetro não foi influenciado pelas culturas utilizadas, concordando com os valores encontrados por Lima et al. (2007), quando compararam o teor de nitrogênio das culturas de nabo forrageiro, variedade oleiferus Metzg., e nabiça, obtendo resultados de 25,4 e 27,2 g kg⁻¹, respectivamente. Calegari (1990), Calegari (1998) e Crusciol et al. (2005), encontraram teores de nitrogênio de 29,6; 26,8 e 19,6 g kg⁻¹, respectivamente, na cultura de nabo forrageiro, cultivar Siletina, mostrando resultados com valores inferiores aos obtidos neste experimento.

Para os sistemas de manejo do solo, Tabela 38, observa-se que o preparo convencional resultou em maior teor de nitrogênio em relação ao plantio direto, tendo o cultivo mínimo apresentado valor intermediário. Uma possível explicação seria a imobilização do nitrogênio no sistema de plantio direto, pois a presença de resíduos vegetais ricos em carbono resulta na imobilização temporária de nitrogênio mineral pela biomassa microbiana, diminuindo sua disponibilidade para a cultura instalada.

Visualiza-se ainda na Tabela 38, que o teor de nitrogênio apresentou diferenças estatísticas nas interações entre os sistemas de manejo do solo na cultura de nabiça. Nota-se que o preparo convencional foi estatisticamente superior ao plantio direto, enquanto que o cultivo mínimo mostrou resultado intermediário.

Tabela 38. Teor de nitrogênio (g kg^{-1}) nas folhas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	48,75 Aa	47,25 Aa	48,00 A
Cultivo mínimo	48,25 Aa	46,25 ABa	47,25 AB
Plantio direto	46,75 Aa	42,75 Ba	44,75 B
Média	47,92 a	45,42 a	
CV (%)			7,00

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 39, verifica-se que houve diferenças estatísticas no teor de fósforo entre as culturas e os sistemas de manejo do solo. A cultura de nabo forrageiro apresentou maior teor de fósforo nas folhas comparado à cultura de nabiça, tais resultados podem ser devido às características genéticas, discordando dos valores obtidos por Lima et al. (2007), que não encontraram diferença estatística entre as culturas de nabo forrageiro, variedade oleiferus Metzg., e nabiça, obtendo resultados de 1,8 e 2,1 g kg^{-1} , respectivamente. Calegari (1990) e Calegari (1998) encontraram valores de 1,9 e 1,7 g kg^{-1} , respectivamente, na cultura de nabo forrageiro, cultivar Siletina e Giacomini et al. (2000) de 1,94 g kg^{-1} na variedade oleiferus Metzg.; os resultados citados por esses pesquisadores são inferiores aos obtidos neste experimento. Já Crusciol et al. (2005), encontraram teor de 5,2 g kg^{-1} na cultura de nabo forrageiro, cultivar Siletina, que foi superior ao obtido neste estudo. Nos sistemas de manejo do solo, nota-se que o cultivo mínimo resultou em maior teor de fósforo em relação ao preparo convencional, ficando o plantio direto com resultado intermediário.

Para as interações, constata-se na cultura de nabo forrageiro que o cultivo mínimo e o plantio direto apresentaram-se com maior teor de fósforo e foram estatisticamente superiores ao preparo convencional. Nos sistemas de manejo do solo, apenas

o plantio direto apresentou teor de fósforo diferente estatisticamente entre as culturas, sendo maior valor verificado na cultura de nabo forrageiro (Tabela 39).

Tabela 39. Teor de fósforo (g kg^{-1}) nas folhas de nabo forrageiro e de nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	2,52 Ba	2,37 Aa	2,45 B
Cultivo mínimo	2,87 Aa	2,70 Aa	2,79 A
Plantio direto	2,92 Aa	2,37 Ab	2,65 AB
Média	2,77 a	2,48 b	
CV (%)			10,44

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 40, o teor de potássio foi influenciado apenas pelas culturas utilizadas. Nota-se que o maior teor foi observado na cultura de nabo forrageiro, diferindo-se estatisticamente da cultura de nabiça, a possível explicação poderia ser também a variabilidade genética entre as culturas, discordando, assim, dos resultados encontrados por Lima et al. (2007), que compararam o teor de potássio entre as mesmas culturas, concluindo que a nabiça apresentou valor estatisticamente superior ao nabo forrageiro, variedade oleiferus Metzg., obtendo valores de 40,2 e 31,4 g kg^{-1} , respectivamente.

Tabela 40. Teor de potássio (g kg^{-1}) nas folhas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	17,50 Aa	16,50 Aa	17,00 A
Cultivo mínimo	17,25 Aa	15,25 Aa	16,25 A
Plantio direto	17,75 Aa	16,25 Aa	17,00 A
Média	17,50 a	16,00 b	
CV (%)			15,47

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estudando o teor de potássio na cultura de nabo forrageiro, cultivar Siletina, Calegari (1990), Calegari (1998) e Crusciol et al. (2005), encontraram teores de 39,0;

28,0 e 29,2 g kg⁻¹, respectivamente; os resultados desses pesquisadores são superiores aos obtidos neste experimento. Contudo, Giacomini et al. (2000), constataram teor de 18,9 g kg⁻¹, na cultura de nabo forrageiro, variedade oleiferus Metzg., valor semelhante ao teor encontrado neste estudo.

O valor do teor de cálcio nas folhas de nabo forrageiro e nabiça encontra-se na Tabela 41, onde pode-se constatar que este parâmetro não foi influenciado pelas culturas e pelos sistemas de manejo do solo, concordando com os resultados encontrados por Lima et al. (2007), quando compararam o teor de cálcio das culturas de nabo forrageiro, variedade oleiferus Metzg., e nabiça, obtendo valores de 14,2 e 16,2 g kg⁻¹, respectivamente. Calegari (1990), Calegari (1998) e Crusciol et al. (2005), encontraram teores de cálcio de 21,5; 15,4 e 12,6 g kg⁻¹, respectivamente, na cultura de nabo forrageiro, cultivar Siletina, mostrando, assim, valores inferiores aos obtidos neste experimento.

Tabela 41. Teor de cálcio (g kg⁻¹) nas folhas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	29,00 Aa	29,00 Aa	29,00 A
Cultivo mínimo	28,75 Aa	30,75 Aa	29,75 A
Plantio direto	29,50 Aa	29,75 Aa	29,62 A
Média	29,08 a	29,83 a	
CV (%)			12,32

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Como pode se observar na Tabela 42, não houve diferenças estatísticas no teor de magnésio entre as culturas e os sistemas de manejo do solo, concordando com os valores encontrados por Lima et al. (2007), quando compararam esse parâmetro nas culturas de nabo forrageiro, variedade oleiferus Metzg. e nabiça, obtendo resultados de 10,5 e 13,2 g kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 42. Teor de magnésio (g kg^{-1}) nas folhas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	4,55 Aa	4,82 Aa	4,68 A
Cultivo mínimo	3,97 Aa	4,77 Aa	4,37 A
Plantio direto	4,40 Aa	4,60 Aa	4,50 A
Média	4,30 a	4,73 a	
CV (%)			18,64

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Avaliando o teor de magnésio na cultura de nabo forrageiro, cultivar Siletina, Calegari (1990), Calegari (1998), encontraram teores de 9,5 e 7,6 g kg^{-1} , respectivamente; os resultados destes pesquisadores são superiores aos obtidos neste experimento. Entretanto, Crusciol et al. (2005), obtiveram teor de 4,2 g kg^{-1} , semelhante ao valor encontrado neste estudo.

Na Tabela 43, verifica-se que houve diferenças estatísticas no teor de enxofre entre os sistemas de manejo do solo. Observa-se que o preparo convencional resultou em maior teor comparado ao cultivo mínimo e ao plantio direto. O maior acúmulo de fósforo nas camadas superficiais do solo sob sistema de plantio direto pode resultar em maior transporte de sulfato pela água de percolação para camadas mais profundas do solo, já que as formas aniônicas desses dois nutrientes competem pelos mesmos sítios de ligação com os colóides, diminuindo a disponibilidade de enxofre para as culturas nos manejos menos mobilizados.

Tabela 43. Teor de enxofre (g kg^{-1}) nas folhas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	8,20 Aa	8,57 Aa	8,38 A
Cultivo mínimo	7,37 Bb	8,10 Aa	7,73 B
Plantio direto	7,82 ABa	8,00 Aa	7,91 B
Média	7,79 a	8,22 a	
CV (%)			6,10

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para as interações, nota-se ainda na cultura de nabo forrageiro que o preparo convencional foi estatisticamente superior ao cultivo mínimo, enquanto que o plantio direto mostrou resultado intermediário. Nos sistemas de manejo do solo, apenas o cultivo mínimo apresentou teor de enxofre diferente estatisticamente entre as culturas, sendo que o maior valor foi verificado na cultura de nabiça (Tabela 43).

Crusciol et al. (2005), encontraram teor de enxofre de 4,6 g kg⁻¹ na cultura de nabo forrageiro, cultivar Siletina, mostrando, desta forma, resultado inferior ao obtido neste experimento.

6.5.4 Relação carbono/nitrogênio

O resultado da relação carbono/nitrogênio nas plantas de nabo forrageiro e nabiça encontra-se na Tabela 44, onde pode se verificar que não houve diferenças estatísticas entre as culturas, concordando com os valores encontrados por Lima et al. (2007), quando compararam esse parâmetro nas culturas de nabo forrageiro, variedade oleiferus Metzg., e nabiça, obtendo resultados de 29,2 e 31,2, respectivamente. Ceretta et al. (2002b) e Giacomini et al. (2003) encontraram valores de relação carbono/nitrogênio na cultura de nabo forrageiro, superiores aos encontrados nesse estudo, obtendo 28,0 e 22,5, respectivamente. Essa baixa relação carbono/nitrogênio observada nas culturas de nabo forrageiro e nabiça podem resultar em maior velocidade de decomposição, diminuindo o tempo de permanência da cobertura vegetal sobre o solo.

Para os sistemas de manejo do solo, Tabela 44, nota-se que o plantio direto resultou em maior relação carbono/nitrogênio comparado ao cultivo mínimo, tendo o preparo convencional apresentado valor intermediário, este resultado pode ser devido ao menor teor de nitrogênio observado nas folhas no sistema de plantio direto.

Constata-se ainda na Tabela 44, que a relação carbono/nitrogênio apresentou diferenças estatísticas nas interações entre os sistemas de manejo do solo na cultura de nabiça. Nota-se que os manejos apresentaram o mesmo desempenho, onde o plantio direto obteve maior relação carbono/nitrogênio, diferindo-se estatisticamente do cultivo mínimo.

Tabela 44. Relação carbono/nitrogênio nas plantas de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	11,00 Aa	11,25 ABa	11,13 AB
Cultivo mínimo	11,25 Aa	10,75 Ba	11,00 B
Plantio direto	12,25 Aa	12,25 Aa	12,25 A
Média	11,50 a	11,42 a	
CV (%)			9,59

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Siqueira (1999b), não observou diferença estatística na relação carbono/nitrogênio na cultura de nabo forrageiro entre os diversos sistemas de manejo do solo que avaliou, obtendo média de 32,35.

6.5.5 Morfologia radicular

6.5.5.1 Comprimento radicular

Pela análise da Tabela 45, verifica-se que o comprimento radicular não foi influenciado pelos sistemas de manejo do solo e pelas culturas de inverno, somente constatou-se diferenças estatísticas nas profundidades estudadas.

Comparando as profundidades dentro da cultura de nabo forrageiro, Tabela 45, nota-se que o preparo convencional resultou em maior comprimento radicular nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, diferindo estatisticamente da profundidade de 20-30 cm, que por sua vez superou a profundidade de 30-40 cm; provavelmente este resultado pode ser explicado pela formação do “pé-de-grade”, que dificultou o crescimento radicular abaixo da camada de 20-30 cm. No cultivo mínimo e no plantio direto, observa-se que a profundidade de 0-10 cm obteve maior comprimento radicular em relação à profundidade de 30-40 cm, tendo as profundidades 10-20 e 20-30 cm propiciado valores intermediários.

Para as profundidades dentro da cultura de nabiça, Tabela 45, constata-se que o preparo convencional apresentou maior comprimento radicular nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, diferindo estatisticamente das profundidades 20-30 e 30-40 cm. No cultivo

mínimo verifica-se que nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, o comprimento radicular foi estatisticamente superior à profundidade de 30-40 cm, ficando a profundidade de 20-30 cm com resultado intermediário. Já, o plantio direto apresentou maior comprimento radicular na profundidade de 0-10 cm, diferindo estatisticamente das profundidades 20-30 e 30-40 cm, enquanto que a profundidade de 10-20 cm mostrou valor intermediário.

Tabela 45. Comprimento radicular (km ha^{-1}) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo e quatro profundidades.

Cultura x Manejo	Profundidade (cm)					
	0-10	10-20	20-30	30-40	Total	
Nabo Forrageiro	PC	1.072,99 a	932,63 a	474,37 b	185,41 c	2.665,40
	CM	1.532,97 a	1.096,65 ab	585,00 bc	203,13 c	3.417,72
	PD	1.272,92 a	718,71 ab	361,64 bc	151,79 c	2.505,04
Nabiça	PC	1.398,27 a	1.001,52 a	278,45 b	235,74 b	2.913,96
	CM	1.417,24 a	1.212,83 a	864,20 ab	353,71 b	3.847,96
	PD	1.345,96 a	753,08 ab	469,62 b	201,75 b	2.770,40

PC – preparo convencional; CM – cultivo mínimo; PD – plantio direto. Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha comparando profundidade, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de probabilidade.

Os valores encontrados para o comprimento radicular mostram uma tendência das culturas de nabo forrageiro e nabiça em obterem maior comprimento no cultivo mínimo, não apresentando, no entanto, diferenças estatísticas entre os tratamentos, conforme pode se verificar ainda através da Tabela 45; este resultado possivelmente está relacionado com a profundidade de trabalho do equipamento de preparo do solo.

Ainda na Tabela 45, verifica-se que a cultura de nabiça obteve maior comprimento radicular em relação à cultura de nabo forrageiro, entretanto não se constatou diferença estatística entre ambas. O maior comprimento radicular permite que as mesmas possam atingir camadas de solo com alta densidade e resistência mecânica à penetração, provocando desarranjos e formando canais que podem servir de passagem para exploração do solo por raízes de plantas futuras.

Algumas pesquisas demonstraram a existência de plantas com sistema radicular agressivo atuando como descompactadoras do solo, é o caso do guandu pesquisado por Alvarenga et al. (1995), do mata pasto citado também por Alvarenga et al. (1996), da

crotalaria juncea observada por Foloni (1999), do nabo forrageiro descrito por Müller et al. (1999) e do pé de galinha citado por Maronezzi e Lucas (2000) e Piffer (2004).

6.5.5.2 Diâmetro radicular

O diâmetro radicular das culturas de nabo forrageiro e nabiça, Tabela 46, foi influenciado pelos manejos do solo e pelas profundidades.

No fator manejo do solo, Tabela 46, houve diferença estatística na cultura de nabo forrageiro apenas na profundidade de 20-30 cm, onde o preparo convencional apresentou maior diâmetro radicular comparado ao cultivo mínimo, enquanto que o plantio direto mostrou valor intermediário; possivelmente este resultado no preparo convencional esta relacionado com a formação do “pé-de-grade”, que limitou o crescimento radicular abaixo desta camada, proporcionando o aumento do seu diâmetro. Para a cultura de nabiça, houve diferença estatística apenas na profundidade de 0-10 cm, onde o preparo convencional e o cultivo mínimo constataram maiores diâmetros em relação ao plantio direto.

Tabela 46. Diâmetro radicular (mm) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo e quatro profundidades.

Cultura x Manejo	Profundidade (cm)				Média	
	0-10	10-20	20-30	30-40		
Nabo Forrageiro	PC	0,84 Aa	0,70 Aa	0,65 Aa	0,58 Aa	0,69
	CM	0,77 Aa	0,70 Aab	0,51 Bab	0,50 Ab	0,62
	PD	0,85 Aa	0,67 Aab	0,61 ABbc	0,43 Ac	0,64
Nabiça	PC	0,71 Aa	0,57 Aa	0,56 Aa	0,55 Aa	0,59
	CM	0,77 Aa	0,65 Aab	0,52 Aab	0,51 Ab	0,61
	PD	0,62 Ba	0,62 Aa	0,51 Aa	0,47 Aa	0,55

PC – preparo convencional; CM – cultivo mínimo; PD – plantio direto. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna comparando manejo do solo e minúscula na linha comparando profundidade, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de probabilidade.

Entre as profundidades estudadas, ainda na Tabela 46, nota-se que o preparo convencional não apresentou diferenças estatísticas nas culturas de nabo forrageiro e nabiça. Entretanto, o cultivo mínimo obteve maior diâmetro na profundidade de 0-10 cm, diferindo estatisticamente da profundidade de 30-40 cm, tendo as profundidades de 10-20 e

20-30 cm propiciado resultados intermediários, em ambas as culturas. Já, o plantio direto na cultura de nabo forrageiro, apresentou maior diâmetro radicular na profundidade de 0-10 cm, diferindo estatisticamente da profundidade de 30-40 cm, ficando as profundidades de 10-20 e 20-30 cm com valores intermediários; porém, na cultura de nabiça não houve diferenças estatísticas entre as profundidades analisadas.

6.5.5.3 Volume radicular

O volume radicular é uma variável dependente do diâmetro e do comprimento radicular; assim, pode-se afirmar que esta é uma variável compensatória, ou seja, as espécies que apresentam pequeno comprimento radicular, mas com alto diâmetro de raízes, podem obter o mesmo volume radicular que as espécies que apresentam um grande comprimento radicular e um pequeno diâmetro de raízes (FOLONI, 1999).

Na Tabela 47, observa-se que o volume radicular não foi influenciado pelos sistemas de manejo do solo e pelas culturas de inverno, somente constatou-se diferenças estatísticas nas profundidades avaliadas.

Comparando as profundidades dentro da cultura de nabo forrageiro, Tabela 47, nota-se que o preparo convencional resultou em maior volume radicular nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, diferindo estatisticamente das profundidades de 20-30 e 30-40 cm. No cultivo mínimo e no plantio direto, observa-se que a profundidade de 0-10 cm obteve maior volume radicular em relação à profundidade de 30-40 cm, enquanto que nas profundidades 10-20 e 20-30 cm apresentaram valores intermediários.

Para as profundidades dentro da cultura de nabiça, Tabela 47, constata-se que o preparo convencional resultou em maior volume radicular na profundidade de 0-10 cm, diferindo estatisticamente das profundidades de 20-30 e 30-40 cm, enquanto que a profundidade de 10-20 cm apresentou valor intermediário. No cultivo mínimo e no plantio direto, observa-se que a profundidade de 0-10 cm obteve maior volume radicular em relação à profundidade de 30-40 cm, enquanto que nas profundidades 10-20 e 20-30 cm apresentaram valores intermediários.

Os resultados encontrados para o volume radicular mostram uma tendência das culturas de nabo forrageiro e nabiça em obterem maior volume no cultivo

mínimo, não apresentando, contudo, diferenças estatísticas entre os tratamentos, conforme pode se constatar através da Tabela 47; este resultado provavelmente está associado com a profundidade de trabalho do equipamento de preparo do solo.

Tabela 47. Volume radicular ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo e quatro profundidades.

Cultura x Manejo		Profundidade (cm)				Total
		0-10	10-20	20-30	30-40	
Nabo Forrageiro	PC	0,48 a	0,26 a	0,11 b	0,05 b	0,90
	CM	0,63 a	0,40 ab	0,15 bc	0,07 c	1,25
	PD	0,36 a	0,17 ab	0,08 bc	0,03 c	0,64
Nabiça	PC	0,57 a	0,32 ab	0,14 b	0,07 b	1,10
	CM	0,65 a	0,35 ab	0,20 ab	0,10 b	1,30
	PD	0,43 a	0,17 ab	0,10 ab	0,04 b	0,74

PC – preparo convencional; CM – cultivo mínimo; PD – plantio direto. Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha comparando profundidade, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de probabilidade.

Ainda na Tabela 47, verifica-se que a cultura de nabiça obteve maior volume radicular em relação à cultura de nabo forrageiro, porém não se constatou diferença estatística entre ambas. Desta forma, estes resultados permitem confirmar que a nabiça apresenta um grande potencial em aumentar a aeração do solo até a profundidade de 40 cm.

6.5.5.4 Massa seca radicular

O resultado da massa seca radicular de nabo forrageiro e nabiça encontra-se na Tabela 48, onde pode se verificar que houve diferenças estatísticas somente entre as profundidades.

Na cultura de nabo forrageiro, Tabela 48, nota-se que o preparo convencional e o cultivo mínimo apresentaram maior massa seca radicular na profundidade de 0-10 cm, diferindo estatisticamente das profundidades de 10-20 e 20-30 cm, que por sua vez superou a profundidade de 30-40 cm. No plantio direto, observa-se que a profundidade de 0-10 cm obteve massa seca radicular superior em relação à profundidade de 30-40 cm, tendo as profundidades 10-20 e 20-30 cm propiciado valores intermediários.

Constata-se, na cultura de nabiça, que o preparo convencional apresentou maior massa seca radicular na profundidade de 0-10 cm, diferindo estatisticamente das profundidades de 10-20 e 20-30 cm, que por sua vez superou a profundidade de 30-40 cm. No cultivo mínimo, observa-se que a profundidade de 0-10 cm obteve maior massa seca radicular em relação à profundidade de 30-40 cm; já, as profundidades 10-20 e 20-30 cm apresentaram valores intermediários. Contudo, o sistema de plantio direto obteve maior massa seca radicular na profundidade de 0-10 cm, diferindo estatisticamente das profundidades de 20-30 e 30-40 cm, enquanto que a profundidade de 10-20 cm mostrou resultado intermediário.

De acordo com a Tabela 48, nota-se que os resultados encontrados para a massa seca radicular demonstraram uma tendência das culturas de nabo forrageiro e nabiça em obterem maior massa seca no cultivo mínimo, mas não se verificou diferenças estatísticas entre os tratamentos. A maior massa seca observada neste manejo pode ser explicada pela profundidade de trabalho do equipamento de preparo do solo.

Tabela 48. Massa seca radicular (kg ha^{-1}) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo e quatro profundidades.

Cultura x Manejo	Profundidade (cm)					Total
	0-10	10-20	20-30	30-40		
Nabo Forrageiro	PC	383,33 a	107,22 b	43,33 b	11,11 c	544,99
	CM	425,55 a	126,66 b	45,55 b	17,77 c	615,53
	PD	306,66 a	48,88 ab	20,55 bc	7,77 c	383,86
Nabiça	PC	394,99 a	133,33 b	49,44 b	18,33 c	596,09
	CM	484,99 a	164,99 ab	50,55 bc	28,33 c	728,86
	PD	324,99 a	51,11 ab	29,99 b	9,99 b	416,08

PC – preparo convencional; CM – cultivo mínimo; PD – plantio direto. Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha comparando profundidade, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de probabilidade.

Verifica-se também na Tabela 48, que a cultura de nabiça apresentou maior massa seca radicular comparada à cultura de nabo forrageiro, no entanto não pode ser constatada diferença estatística entre ambas. Portanto, pode-se deduzir que a nabiça atua na descompactação do solo, incorporando a matéria orgânica até a profundidade de 40 cm, aumentando, desta forma, sua estruturação, tornando o solo poroso.

6.5.6 Altura das plantas

Verifica-se na Tabela 49, que houve diferenças estatísticas na altura das plantas entre as culturas e os sistemas de manejo do solo. A cultura de nabo forrageiro apresentou maior altura comparado à cultura de nabiça, discordando dos resultados encontrados por Lima et al. (2007), que não verificaram diferenças estatísticas quando compararam esse parâmetro nas culturas de nabo forrageiro, variedade oleiferus Metzg., e nabiça, obtendo valores de 0,87 e 0,81 m, respectivamente. Porém, Sá (2005) encontrou resultado semelhante na altura média de nabo forrageiro, cultivar CATI AL 1000, que foi de 0,99 m. O preparo convencional resultou em maior altura das plantas, diferindo-se estatisticamente do cultivo mínimo, que por sua vez superou o plantio direto. A baixa altura das plantas observada no sistema de plantio direto, possivelmente se deve ao menor desenvolvimento do sistema radicular, promovido pelos altos valores na densidade do solo e na resistência mecânica do solo à penetração, dificultando a absorção de água e nutrientes, resultando em menor altura da parte aérea.

Tabela 49. Altura das plantas (m) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	1,04 Aa	0,97 Ab	1,01 A
Cultivo mínimo	0,96 Ba	0,90 Bb	0,93 B
Plantio direto	0,82 Ca	0,76 Cb	0,79 C
Média	0,94 a	0,88 b	
CV (%)			3,20

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para as interações, ainda na Tabela 49, observa-se nas culturas de nabo forrageiro e nabiça que os sistemas de manejo do solo apresentaram o mesmo comportamento estatístico, onde o preparo convencional obteve maior altura de plantas seguido pelo cultivo mínimo e pelo plantio direto. Comparando as culturas dentro dos sistemas de manejo do solo, nota-se que o nabo forrageiro apresentou altura superior em relação à nabiça, em todos os manejos estudados; esse resultado provavelmente foi devido às diferenças genéticas existentes

entre as plantas. Decicino et al. (2006), encontraram valor superior na altura de nabiça em sistema de plantio direto, obtendo 1,13 m quando utilizaram a mesma densidade populacional adotada neste experimento.

6.5.7 Número de siliquas e siliquas chochas por planta

Os valores do número de siliquas por planta encontram-se na Tabela 50, onde pode ser observado que esse parâmetro foi influenciado pelas culturas e pelos sistemas de manejo do solo. A cultura de nabiça apresentou maior número de siliquas em relação à cultura de nabo forrageiro, provavelmente se deve as suas características genéticas. Os sistemas de manejo do solo diferiram estatisticamente entre si, ficando o cultivo mínimo com o maior número de siliquas por planta. O baixo número de siliquas no sistema de plantio direto, provavelmente esta relacionada com os altos valores na densidade do solo e na resistência mecânica do solo à penetração, que pode ter limitado o desenvolvimento do sistema radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes.

Tabela 50. Número de siliquas por planta de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	98,50 Ba	116,75 Aa	107,63 B
Cultivo mínimo	124,00 Aa	140,00 Aa	132,00 A
Plantio direto	74,75 Ba	89,75 Ba	82,25 C
Média	99,08 b	115,50 a	
CV (%)			18,04

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Visualiza-se ainda na Tabela 50, que o número de siliquas por planta apresentou diferenças estatísticas nas interações entre os sistemas de manejo do solo. Na cultura de nabo forrageiro, o cultivo mínimo obteve valor estatisticamente superior aos demais manejos. Já na cultura de nabiça, o preparo convencional e o cultivo mínimo apresentaram-se com maiores números de siliquas por planta e foram estatisticamente diferentes do plantio direto. Decicino et al. (2006), encontraram valor semelhante no número de siliquas de nabiça

em sistema de plantio direto, quando utilizaram a mesma densidade populacional adotada neste experimento.

Pela análise da Tabela 51, observa-se que houve diferenças estatísticas no número de siliques chochas por planta entre as culturas e os sistemas de manejo do solo. Nota-se que o maior número de siliques chochas foi encontrado na cultura de nabiça, que diferiu estatisticamente da cultura de nabo forrageiro. O plantio direto resultou em maior número de siliques chochas por planta, diferindo-se estatisticamente do cultivo mínimo, que por sua vez superou o preparo convencional, conforme já comentado anteriormente, possivelmente este resultado está relacionado com a dificuldade de absorção de água e nutrientes, proporcionando um maior número de siliques chochas no sistema de plantio direto.

Nas interações, Tabela 51, constata-se na cultura de nabo forrageiro que os sistemas de manejo diferiram estatisticamente entre si, ficando o plantio direto com o maior resultado, seguido pelo cultivo mínimo e preparo convencional. Entretanto, na cultura de nabiça, pode-se observar maior número de siliques chochas no plantio direto diferindo-se estatisticamente do preparo convencional e do cultivo mínimo. Comparando as culturas dentro dos sistemas de manejo do solo, nota-se que a nabiça apresentou o número de siliques chochas superior em relação ao nabo forrageiro, em todos os manejos estudados.

Tabela 51. Número de siliques chochas por planta de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	3,00 Cb	7,00 Ba	5,00 C
Cultivo mínimo	4,00 Bb	7,75 Ba	5,88 B
Plantio direto	5,00 Ab	9,50 Aa	7,25 A
Média	4,00 b	8,08 a	
CV (%)			12,18

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.5.8 Comprimento das siliques

Os resultados do comprimento das siliques de nabo forrageiro e nabiça encontram-se na Tabela 52, onde pode ser observado que esse parâmetro foi influenciado

pelas culturas e pelos sistemas de manejo do solo. A cultura de nabo forrageiro apresentou maior comprimento das síliquas comparado à cultura de nabiça, tais resultados podem ser devido às características genéticas. Os sistemas de manejo do solo diferiram estatisticamente entre si, ficando o preparo convencional com o maior comprimento das síliquas, seguido pelo cultivo mínimo, ficando o plantio direto com os menores valores, pois neste manejo ocorreram limitações do sistema radicular, afetando toda a parte aérea da planta, reduzindo assim o comprimento das síliquas.

Para as interações, Tabela 52, nota-se na cultura de nabo forrageiro que o preparo convencional resultou em maior comprimento das síliquas diferindo estatisticamente do cultivo mínimo, que por sua vez superou o plantio direto. Na cultura de nabiça observa-se que o preparo convencional diferiu estatisticamente do plantio direto, ficando o cultivo mínimo com resultado intermediário. Comparando as culturas dentro dos sistemas de manejo do solo, verifica-se que o comprimento das síliquas de nabo forrageiro no preparo convencional e no cultivo mínimo foi estatisticamente superior a de nabiça; já no plantio direto não houve diferenças estatísticas entre as culturas.

Tabela 52. Comprimento das síliquas (cm) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	5,40 Aa	3,82 Ab	4,61 A
Cultivo mínimo	4,87 Ba	3,65 ABb	4,26 B
Plantio direto	3,77 Ca	3,45 Ba	3,61 C
Média	4,68 a	3,64 b	
CV (%)			6,26

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.5.9 Número de grãos por síliqua

De acordo com os dados apresentados na Tabela 53, verifica-se que o número de grãos por síliqua foi influenciado pelas culturas e pelos sistemas de manejo do solo. Nota-se que esse parâmetro obteve valor superior na cultura de nabo forrageiro, diferindo estatisticamente da cultura de nabiça, a possível explicação poderia ser também a variabilidade

genética entre as culturas. O preparo convencional e o cultivo mínimo apresentaram-se com maior número de grãos por siliqua e foram estatisticamente diferentes do plantio direto. O menor número de grãos no sistema de plantio direto, possivelmente está relacionado ao menor comprimento das síliquas.

Constata-se ainda na Tabela 53, que o número de grãos por siliqua apresentou diferença estatística nas interações entre as culturas e os sistemas de manejo do solo. Nas culturas de nabo forrageiro e nabiça, esse parâmetro apresentou o mesmo desempenho, onde o preparo convencional e o cultivo mínimo foram estatisticamente diferentes do plantio direto. Comparando as culturas dentro dos sistemas de manejo do solo, observa-se que o nabo forrageiro obteve maior número de grãos por siliqua em relação à nabiça, em todos os manejos estudados.

Tabela 53. Número de grãos por siliqua de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	7,00 Aa	6,25 Ab	6,63 A
Cultivo mínimo	7,00 Aa	6,25 Ab	6,63 A
Plantio direto	6,00 Ba	5,25 Bb	5,63 B
Média	6,67 a	5,92 b	
CV (%)			7,72

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Trabalhando em sistema de plantio direto com as cultivares de nabo forrageiro CATI AL 1000 e IAPAR IPR 116, Silva et al. (2006), encontraram 6,8 e 4,7 grãos por siliqua, respectivamente.

6.5.10 Massa seca da parte aérea

Os valores das massas secas da parte aérea de nabo forrageiro e nabiça encontram-se na Tabela 54, onde se pode observar que este parâmetro foi influenciado pelas culturas e pelos sistemas de manejo do solo. A cultura de nabo forrageiro apresentou maior massa seca comparada à cultura de nabiça, esse resultado possivelmente se deve aos maiores

valores na população final e na altura das plantas. Lima et al. (2007), não verificaram diferenças estatísticas nas massas secas entre as culturas de nabo forrageiro, variedade oleiferus Metzg., e nabiça, encontrando resultados de 5.480 e 5.447 kg ha⁻¹. Contudo, Giacomini et al. (2000), Furlani (2000) e Crusciol et al. (2005) encontraram valores inferiores na massa seca da parte aérea de nabo forrageiro, obtendo 3.577, 2.379 e 2.938 kg ha⁻¹, respectivamente. Para os sistemas de manejo do solo, nota-se que o preparo convencional e o cultivo mínimo resultaram em maiores massas secas, diferindo estatisticamente do plantio direto. A menor massa seca da parte aérea no sistema de plantio direto, também pode estar associada aos baixos valores de população final e altura das plantas.

Nas interações, ainda na Tabela 54, constata-se na cultura de nabo forrageiro que o preparo convencional e o cultivo mínimo apresentaram-se com maiores massas secas e foram estatisticamente diferentes do plantio direto. Apenas o preparo convencional e o cultivo mínimo obtiveram massas secas diferentes estatisticamente entre as culturas, onde foram verificados maiores valores na cultura de nabo forrageiro.

Tabela 54. Massa seca da parte aérea (kg ha⁻¹) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	6.369,50 Aa	4.609,25 Ab	5.489,38 A
Cultivo mínimo	5.858,75 Aa	4.312,75 Ab	5.085,75 A
Plantio direto	4.300,25 Ba	3.615,50 Aa	3.957,88 B
Média	5.509,50 a	4.179,17 b	
CV (%)			20,72

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Silva et al. (2006), analisando diferentes cultivares de nabo forrageiro no sistema de plantio direto em NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, encontrou 1.104 e 827 kg ha⁻¹ de massa seca nas cultivares CATI AL 1000 e IAPAR IPR 116, respectivamente; os resultados citados por esses pesquisadores são inferiores aos obtidos neste experimento. Já, Siqueira (1999b), não encontrou diferença estatística na massa seca da parte aérea de nabo forrageiro entre os diversos sistemas de manejo que avaliou, obtendo média de 5.084 kg ha⁻¹.

6.5.11 Massa de mil grãos

Verifica-se na Tabela 55, que houve diferenças estatísticas na massa de mil grãos entre as culturas e os sistemas de manejo do solo. A cultura de nabo forrageiro apresentou maior massa de mil grãos comparada à cultura de nabiça, provavelmente devido às diferenças genéticas existentes entre as plantas. Sá (2005) encontrou valor inferior na massa de mil grãos de nabo forrageiro, cultivar CATI AL 1000, obtendo média de 7,94 g. Para os sistemas de manejo do solo nota-se que o preparo convencional apresentou valor estatisticamente superior, diferindo-se do cultivo mínimo e do plantio direto. A menor massa de mil grãos no plantio direto, também está relacionada com as restrições impostas por esse manejo ao desenvolvimento do sistema radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes.

A massa de mil grãos apresentou diferenças estatísticas nas interações entre as culturas e os sistemas de manejo do solo (Tabela 55). Na cultura de nabo forrageiro, o preparo convencional resultou em maior massa em relação ao cultivo mínimo e ao plantio direto. Comparando as culturas dentro dos sistemas de manejo do solo, nota-se que o nabo forrageiro apresentou massa de mil grãos superior em relação à nabiça, em todos os manejos avaliados.

Tabela 55. Massa de mil grãos (g) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	10,97 Aa	6,74 Ab	8,86 A
Cultivo mínimo	10,03 Ba	6,48 Ab	8,26 B
Plantio direto	9,98 Ba	6,20 Ab	8,09 B
Média	10,33 a	6,47 b	
CV (%)			6,12

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.5.12 Teor e produtividade de óleo

De acordo com os dados apresentados na Tabela 56, observa-se que houve diferenças estatísticas entre as culturas utilizadas. A cultura de nabiça obteve maior teor de óleo comparado à cultura de nabo forrageiro; este resultado possivelmente pode ser explicado pelas diferenças genéticas existentes entre as plantas. Sá (2005) encontrou valor inferior no teor de óleo de nabo forrageiro, cultivar CATI AL 1000, obtendo média de 34,48%.

Analisando as culturas dentro dos sistemas de manejo do solo, nota-se que o teor de óleo de nabiça foi estatisticamente superior ao de nabo forrageiro em todos os manejos avaliados, conforme Tabela 56.

Tabela 56. Teor de óleo (%) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	36,75 Ab	39,00 Aa	37,87 A
Cultivo mínimo	36,25 Ab	38,75 Aa	37,50 A
Plantio direto	36,00 Ab	38,50 Aa	37,25 A
Média	36,33 b	38,75 a	
CV (%)			2,75

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Segundo Húngaro (2000), o teor de óleo contido nos grãos de girassol varia em torno de 38 a 48%. A mamona possui teor entre 35 a 55%, de acordo com Vieira et al. (1997). A soja entre 18 a 20% de teor de óleo nos grãos e o algodão de 16 a 20%, conforme descrito por Faria (2001). O teor de óleo na canola varia em torno de 34 a 40%, segundo EMBRAPA (2007). Desta forma, pode-se notar que as culturas de nabo forrageiro e nabiça equiparam-se aos teores de óleo nos grãos das culturas de girassol, mamona e canola e mostram-se com teores superiores aos encontrados nas culturas de soja e algodão.

Os resultados da produtividade de óleo de nabo forrageiro e nabiça encontram-se na Tabela 57, onde pode ser constatado que esse parâmetro foi influenciado pelos sistemas de manejo do solo. O preparo convencional e o cultivo mínimo resultaram em

maiores produtividades de óleo, diferindo-se estatisticamente do plantio direto, pois este parâmetro está diretamente relacionado com a produtividade de grãos.

Tabela 57. Produtividade de óleo (kg ha^{-1}) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	187,25 Aa	187,00 Aa	187,12 A
Cultivo mínimo	181,50 Aa	181,50 Aa	181,50 A
Plantio direto	133,25 Aa	133,25 Aa	133,25 B
Média	167,33 a	167,25 a	
CV (%)			13,73

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.5.13 Produtividade de grãos

Na Tabela 58, são apresentados os resultados da produtividade de grãos de nabo forrageiro e nabiça, onde pode ser verificado que este parâmetro foi influenciado pelos sistemas de manejo do solo. O preparo convencional e o cultivo mínimo resultaram em maiores produtividades, sendo a diferença em relação ao sistema de plantio direto de 29 e 26%, respectivamente. A baixa produtividade neste sistema está diretamente relacionada aos menores valores na população final, número de síliquas por planta, número de grãos por síliqua e massa de mil grãos.

Tabela 58. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de nabo forrageiro e nabiça em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cultura		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	519,76 Aa	485,07 Aa	502,42 A
Cultivo mínimo	493,81 Aa	465,24 Aa	479,53 A
Plantio direto	366,98 Ba	343,60 Ba	355,29 B
Média	460,18 a	431,30 a	
CV (%)			12,57

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para as interações, ainda na Tabela 58, pode-se constatar nas culturas de nabo forrageiro e nabiça que os sistemas de manejo do solo apresentaram o mesmo comportamento estatístico, onde o preparo convencional e o cultivo mínimo encontraram-se com maiores produtividades de grãos e foram estatisticamente diferentes do plantio direto.

Silva et al. (2006), trabalhando no sistema de plantio direto em NEOSSOLO QUARTZARÊNICO, com diferentes cultivares de nabo forrageiro, observaram produtividade de grãos em torno de 428 kg ha⁻¹ para a cultivar CATI AL 1000 e de 150 kg ha⁻¹ para a cultivar IAPAR IPR 116. Porém, Sá (2005) encontrou valores inferiores na produtividade de grãos de nabo forrageiro, cultivar CATI AL 1000, obtendo média de 49,40 kg ha⁻¹.

6.6 Avaliações referentes aos parâmetros de crescimento e desenvolvimento da cultura de milho

6.6.1 Profundidade de deposição de sementes

Conforme pode ser constatado na Tabela 59, a profundidade de deposição de sementes de milho não apresentou diferença estatística entre os sistemas de manejo do solo, pois a regulagem da semeadora foi realizada a fim de proporcionar a mesma profundidade de deposição de sementes para cada um dos sistemas de manejo avaliados.

Tabela 59. Profundidade de deposição de sementes (cm) de milho em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Profundidade de deposição de sementes (cm)
Preparo convencional	6,45 A
Cultivo mínimo	6,42 A
Plantio direto	6,05 A
CV (%)	3,45

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Leite (2002), encontrou profundidade de deposição de sementes de milho estatisticamente superior no preparo convencional comparado ao plantio direto, tendo o

preparo com escarificação apresentado valor intermediário. Silva (2004), obteve variações na profundidade de semeadura de milho, quando comparou o preparo convencional, preparo com escarificação e o plantio direto. Bertolini (2005), também encontrou diferença na profundidade de deposição de sementes de milho, onde o preparo com escarificação resultou em maior profundidade em relação ao plantio direto.

6.6.2 Populações inicial e final

Na Tabela 60, verifica-se que não houve diferenças estatísticas na população inicial de milho entre as coberturas e os sistemas de manejo do solo e tampouco nas interações entre estes dois fatores. Marques (1999), Leite (2002), e Bertolini (2005), também não encontraram diferenças estatísticas na população inicial de milho entre os diferentes sistemas de manejo do solo. Já Silva (2000a), teve a população inicial de milho influenciada pelos sistemas de manejos do solo, onde a maior população inicial de plantas foi verificada no sistema de plantio direto e a menor no preparo convencional, já o preparo com escarificação teve comportamento intermediário.

Tabela 60. População inicial (plantas ha⁻¹) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	61.177,75 Aa	61.471,75 Aa	61.324,75 A
Cultivo mínimo	61.766,00 Aa	62.642,75 Aa	62.204,38 A
Plantio direto	62.060,25 Aa	61.766,00 Aa	61.913,13 A
Média	61.668,00 a	61.960,17 a	
CV (%)			1,56

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Analisando a população inicial de milho sob a cobertura de nabo forrageiro, Siqueira (1999b), concluiu que não houve diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo do solo.

A população final de plantas, Tabela 61, foi influenciada apenas pelos manejos do solo utilizados. O preparo convencional e o cultivo mínimo apresentaram-se com

maiores populações finais e foram estatisticamente diferentes do plantio direto. A baixa população final no sistema de plantio direto, provavelmente esta relacionada com os altos valores na densidade do solo e na resistência mecânica do solo à penetração, que pode ter limitado o desenvolvimento do sistema radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes, com conseqüente redução no índice de sobrevivência das plantas de milho.

Tabela 61. População final (plantas ha⁻¹) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	57.354,25 Aa	56.471,75 Aa	56.913,00 A
Cultivo mínimo	57.248,25 Aa	56.177,75 Aa	56.713,00 A
Plantio direto	55.883,75 Aa	55.295,50 Aa	55.589,63 B
Média	56.962,08 a	55.981,67 a	
CV (%)			2,52

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Avaliando o preparo convencional, preparo com escarificação e o plantio direto, Pereira (2000), Leite (2002) e Silva (2004) não obtiveram diferenças estatísticas na população final de plantas de milho. Bertolini (2005), também não encontrou diferença estatística nesse parâmetro quando comparou com o preparo com escarificação e o plantio direto. Entretanto, Silva (2000a), encontrou influência desses mesmos manejos nas populações finais de plantas de milho, onde o plantio direto e o preparo com escarificação apresentaram valores estatisticamente superiores ao preparo convencional.

Gonçalves (1999) e Siqueira (1999b), estudando a população final de milho sob a cobertura de nabo forrageiro, concluíram que não houve diferenças estatísticas entre os diferentes sistemas de manejo do solo.

6.6.3 Altura das plantas

Pela análise da Tabela 62, verifica-se que a altura das plantas de milho foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo. O preparo convencional resultou em maior altura de plantas em relação ao plantio direto, tendo o cultivo mínimo apresentado valor

intermediário. A baixa altura das plantas observada no sistema de plantio direto, possivelmente se deve ao menor desenvolvimento do sistema radicular, promovido pelos altos valores na densidade do solo e na resistência mecânica do solo à penetração, dificultando a absorção de água e nutrientes, resultando em menor altura da parte aérea. Marques (1999), Pontes (1999), Silva (2000a), Pereira (2000), Silva (2004) e Bertolini (2005) não encontraram diferenças estatísticas na altura das plantas quando avaliaram o comportamento da cultura de milho em diferentes sistemas de manejo do solo, discordando, assim, dos valores obtidos neste experimento.

Tabela 62. Altura das plantas (m) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	2,22 Aa	2,18 Aa	2,20 A
Cultivo mínimo	2,14 Aa	2,14 Aa	2,14 AB
Plantio direto	2,14 Aa	2,06 Aa	2,10 B
Média	2,17 a	2,13 a	
CV (%)			4,41

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Comparando a altura das plantas de milho sob a cobertura de nabo forrageiro, Gonçalves (1999), concluiu que não houve diferenças estatísticas entre o sistema de plantio direto e o preparo convencional. Porém, Siqueira (1999b), encontrou diferenças estatísticas na cultura de milho sob cobertura de nabo forrageiro, onde os preparos com arado de aiveca e de disco apresentaram plantas com maiores altura em relação à escarificação.

6.6.4 Altura de inserção da primeira espiga

A altura de inserção da primeira espiga não foi influenciada pelas coberturas e pelos sistemas de manejo do solo e tampouco pelas interações entre estes dois fatores, conforme verifica-se na Tabela 63. Resultados semelhantes aos observados neste estudo com relação à altura de inserção da primeira espiga foram obtidos por Silva (2000a), Pereira (2000), Silva (2004) e Bertolini (2005) quando analisaram a cultura de milho em

diferentes sistemas de manejo do solo. Entretanto, Carvalho et al. (2004), encontraram maior altura de inserção da primeira espiga no preparo convencional comparado ao sistema de plantio direto.

Tabela 63. Altura de inserção da primeira espiga (m) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	1,29 Aa	1,25 Aa	1,27 A
Cultivo mínimo	1,25 Aa	1,26 Aa	1,26 A
Plantio direto	1,28 Aa	1,22 Aa	1,25 A
Média	1,27 a	1,24 a	
CV (%)			6,04

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Avaliando a cultura de milho sob a cobertura de nabo forrageiro, Siqueira (1999b), concluiu que na escarificação houve menor altura de inserção da primeira espiga em relação ao arado de aiveca, tendo o preparo com arado de disco apresentado resultado intermediário.

6.6.5 Diâmetro dos colmos

Na Tabela 64 encontram-se os valores do diâmetro dos colmos das plantas de milho, onde se pode notar que este parâmetro foi influenciado pelos sistemas de manejo do solo. O preparo convencional e o cultivo mínimo resultaram em maiores diâmetros, diferindo estatisticamente do plantio direto, discordando, assim, dos resultados obtidos por Silva (2000a), Pereira (2000), Silva (2004) e Bertolini (2005), que não verificaram diferenças estatísticas entre os diversos sistemas de manejo do solo. O menor diâmetro dos colmos no sistema de plantio direto, possivelmente esta relacionado com os altos valores na densidade do solo e na resistência mecânica do solo à penetração, que pode ter limitado o desenvolvimento do sistema radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes.

Para as interações, constata-se na cobertura do solo sob nabo forrageiro que os sistemas de manejo do solo apresentaram o mesmo desempenho, onde o

preparo convencional e o cultivo mínimo foram estatisticamente superiores ao plantio direto (Tabela 64).

Tabela 64. Diâmetro dos colmos (mm) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	26,09 Aa	25,42 Aa	25,76 A
Cultivo mínimo	26,06 Aa	25,34 Aa	25,70 A
Plantio direto	24,63 Ba	24,44 Aa	24,54 B
Média	25,59 a	25,07 a	
CV (%)			3,35

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Gonçalves (1999) e Siqueira (1999b), relataram que o diâmetro dos colmos das plantas de milho sob a cobertura de nabo forrageiro, não apresentou diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo do solo.

6.6.6 Índice de espigas

Conforme se pode constatar na Tabela 65, o índice de espigas não foi influenciado pelas coberturas e pelos sistemas de manejo do solo e tampouco pelas interações entre estes dois fatores. Também, Silva (2004) e Bertolini (2005) não obtiveram diferenças estatísticas no índice de espigas quando compararam diversos sistemas de manejo do solo.

Tabela 65. Índice de espigas das plantas de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	1,02 Aa	1,01 Aa	1,01 A
Cultivo mínimo	1,01 Aa	1,01 Aa	1,01 A
Plantio direto	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 A
Média	1,01 a	1,01 a	
CV (%)			6,28

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Siqueira (1999b), não encontrou diferenças estatísticas no índice de espigas sob a cobertura de nabo forrageiro entre os manejos com arado de aiveca, arado de disco e escarificador. Avaliando o índice de espigas das plantas de milho sob a cobertura de nabo forrageiro, Gonçalves (1999), também concluiu que não houve diferenças estatísticas entre o sistema de plantio direto e o preparo convencional.

6.6.7 Parâmetros de espiga

6.6.7.1 Comprimento das espigas

Os resultados do comprimento das espigas de milho encontram-se na Tabela 66, onde se pode notar que esse parâmetro foi influenciado pelas coberturas e pelos sistemas de manejo do solo. A cobertura do solo sob nabo forrageiro apresentou maior comprimento de espiga comparado à cobertura sob nabiça. Para os sistemas de manejo do solo, observa-se que o preparo convencional e o cultivo mínimo resultaram em maiores comprimentos, diferindo estatisticamente do plantio direto, pois neste manejo ocorreram limitações do sistema radicular, afetando toda a parte aérea da planta, reduzindo assim o comprimento das espigas de milho. Contudo, Pereira (2000), Silva (2004) e Bertolini (2005), não encontraram diferenças estatísticas no comprimento das espigas de milho entre os diversos sistemas de manejo do solo, discordando, assim, dos valores obtidos neste estudo.

O comprimento das espigas de milho apresentou diferenças estatísticas nas interações entre as coberturas e os sistemas de manejo do solo (Tabela 66). Na cobertura do solo sob nabo forrageiro, os sistemas de manejo do solo mostraram o mesmo desempenho, onde os preparo convencional e o cultivo mínimo foram estatisticamente superiores ao plantio direto. Porém, na cobertura do solo sob nabiça, todos os manejos diferiram estatisticamente entre si, ficando o cultivo mínimo com o maior comprimento de espiga. Comparando as coberturas dentro dos sistemas de manejo do solo, verifica-se que apenas o preparo convencional e o plantio direto obtiveram comprimento das espigas diferentes estatisticamente entre as coberturas, onde foram encontrados maiores valores na cobertura do solo sob nabo forrageiro.

Tabela 66. Comprimento das espigas (cm) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	18,32 Aa	17,93 Bb	18,13 A
Cultivo mínimo	18,42 Aa	18,38 Aa	18,40 A
Plantio direto	16,91 Ba	16,42 Cb	16,67 B
Média	17,88 a	17,58 b	
CV (%)			1,41

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.6.7.2 Diâmetro das espigas

Pela análise da Tabela 67, verifica-se que o diâmetro das espigas de milho foi influenciado pelos sistemas de manejo do solo. O preparo convencional e o cultivo mínimo apresentaram-se com maiores diâmetros e foram estatisticamente diferentes do plantio direto. O menor diâmetro das espigas neste manejo provavelmente se deve as restrições impostas por esse sistema ao desenvolvimento das plantas, com conseqüente redução no diâmetro das espigas. Estes resultados discordam dos valores relatados por Pereira (2000), Silva (2004) e Bertolini (2005), que não observaram diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo do solo, quando avaliaram o diâmetro das espigas de milho.

Tabela 67. Diâmetro das espigas (cm) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	46,67 Aa	46,12 Aa	46,40 A
Cultivo mínimo	46,96 Aa	47,03 Aa	47,00 A
Plantio direto	44,74 Ba	44,58 Ba	44,66 B
Média	46,12 a	45,91 a	
CV (%)			2,07

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Visualiza-se ainda na Tabela 67, que o diâmetro das espigas de milho apresentou diferenças estatísticas nas interações entre os sistemas de manejo do solo. Nas

coberturas do solo sob nabo forrageiro e nabiça, esse parâmetro obteve o mesmo comportamento estatístico, onde o preparo convencional e o cultivo mínimo foram estatisticamente diferentes do plantio direto.

6.6.7.3 Número de fileiras de grãos por espiga

As coberturas e os sistemas de manejo do solo não exerceram qualquer influencia sobre o número de fileiras de grãos por espiga de milho. Entre os tratamentos, também não foram verificadas diferenças estatísticas nas interações (Tabela 68). Resultados semelhantes também foram encontrados por Pereira (2000), Silva (2004) e Bertolini (2005), no número de fileiras por espiga de milho, quando compararam diferentes sistemas de manejo do solo.

Tabela 68. Número de fileiras de grãos por espiga de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	14,50 Aa	14,25 Aa	14,38 A
Cultivo mínimo	14,75 Aa	14,50 Aa	14,63 A
Plantio direto	14,50 Aa	14,25 Aa	14,38 A
Média	14,58 a	14,33 a	
CV (%)			3,73

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.6.7.4 Número de grãos por espiga

Na Tabela 69, são apresentados os resultados do número de grãos por espiga de milho, onde se observa que o preparo convencional e o cultivo mínimo resultaram em maiores números de grãos e foram estatisticamente diferentes do plantio direto. O menor número de grãos por espiga no sistema de plantio direto, possivelmente está relacionado ao menor comprimento e diâmetro das espigas de milho. Carvalho et al. (2004), também encontraram maior número de grãos por espiga no preparo convencional, em relação ao sistema de plantio direto. Silva (2004) e Bertolini (2005), relataram que o número de grãos por

espiga de milho, não apresentou diferenças estatísticas entre os diferentes sistemas de manejo do solo.

Para as interações, nota-se na cobertura do solo sob nabo forrageiro que o cultivo mínimo apresentou maior número de grãos por espiga, diferindo-se estatisticamente do preparo convencional, que por sua vez superou o plantio direto. Na cobertura do solo sob nabiça, o preparo convencional e o cultivo mínimo foram estatisticamente diferentes do plantio direto, conforme verifica-se na Tabela 69.

Tabela 69. Número de grãos por espiga de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	545,25 Ba	532,00 Aa	538,63 A
Cultivo mínimo	570,00 Aa	545,75 Aa	557,88 A
Plantio direto	499,25 Ca	493,00 Ba	496,13 B
Média	538,17 a	523,58 a	
CV (%)			3,61

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.6.8 Plantas quebradas

Os resultados visualizados na Tabela 70 mostram que o número de plantas de milho quebradas apresentou diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo do solo, no qual o plantio direto resultou em maior número de plantas quebradas em relação ao preparo convencional, ficando o cultivo mínimo com valor intermediário. O maior número de plantas quebradas no sistema de plantio direto, provavelmente pode estar associado ao menor diâmetro do colmo observado neste manejo. Estes resultados discordam dos valores relatados por Silva (2004) e Bertolini (2005), que não observaram diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo do solo. Já, Silva (2000a), obteve maior número de plantas quebradas no plantio direto, que diferiu estatisticamente do preparo com escarificação, que por sua vez superou o preparo convencional.

Tabela 70. Número de plantas quebradas (plantas ha⁻¹) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	1.176,4 Aa	1.470,5 Aa	1.323,4 B
Cultivo mínimo	1.470,5 Aa	1.764,6 Aa	1.617,5 AB
Plantio direto	2.941,0 Aa	2.646,9 Aa	2.793,9 A
Média	1.862,6 a	1.960,6 a	
CV (%)			9,45

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.6.9 Plantas acamadas

O número de plantas acamadas de milho, Tabela 71, foi influenciado apenas pelos manejos do solo utilizados. Nota-se que o plantio direto diferiu estatisticamente do preparo convencional, tendo o cultivo mínimo apresentado comportamento intermediário. O maior número de plantas acamadas neste manejo, possivelmente pode estar relacionado ao menor diâmetro do colmo observado neste sistema. Silva (2000a) e Silva (2004), não encontraram nenhuma influência dos sistemas de manejo do solo no número de plantas acamadas, discordando, assim, dos valores obtidos neste experimento.

Tabela 71. Número de plantas acamadas (plantas ha⁻¹) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	294,1 Aa	588,2 Aa	441,1 B
Cultivo mínimo	588,2 Aa	882,3 Aa	735,2 AB
Plantio direto	1.470,5 Aa	1.176,4 Aa	1.323,4 A
Média	784,26 a	882,3 a	
CV (%)			7,12

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.6.10 Massa seca da parte aérea

A massa seca da parte aérea de milho, Tabela 72, foi influenciada apenas pelos manejos do solo utilizados. O preparo convencional e o cultivo mínimo apresentaram-se com maiores massas secas e foram estatisticamente diferentes do plantio direto, produzindo cerca de 1.383,93 e 1.484,21 kg ha⁻¹ a mais, respectivamente. A menor massa seca da parte aérea de milho no sistema de plantio direto, provavelmente pode estar associada aos baixos valores de população final, altura das plantas e diâmetro dos colmos. Estes resultados discordam dos valores relatados por Silva (2000a), Pereira (2000) e Silva (2004), que não observaram diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo do solo, quando avaliaram a massa seca da parte aérea de milho.

Tabela 72. Massa seca da parte aérea (kg ha⁻¹) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	10.125,69 Aa	9.913,22 Aa	10.019,46 A
Cultivo mínimo	10.212,77 Aa	10.026,70 Aa	10.119,74 A
Plantio direto	8.600,34 Ba	8.670,72 Ba	8.635,53 B
Média	9.646,27 a	9.536,88 a	
CV (%)			5,31

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Visualiza-se ainda na Tabela 72, que a massa seca da parte aérea apresentou diferenças estatísticas nas interações entre os sistemas de manejo do solo. Nas coberturas do solo sob nabo forrageiro e nabiça, esse parâmetro obteve o mesmo desempenho, onde o preparo convencional e o cultivo mínimo foram estatisticamente superiores ao plantio direto.

Avaliando a massa seca da parte aérea de milho sob a cobertura de nabo forrageiro, Gonçalves (1999), concluiu que não houve diferenças estatísticas entre o sistema de plantio direto e o preparo convencional.

6.6.11 Índice de colheita

Os resultados apresentados na Tabela 73 mostram que o índice de colheita apresentou diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo do solo, no qual o preparo convencional e o cultivo mínimo não diferiram entre si; o menor índice de colheita foi observado no plantio direto, pois este parâmetro está diretamente relacionado com a produtividade de grãos e massa seca da parte aérea, discordando dos valores obtidos por Bertolini (2005), que não encontrou diferenças estatísticas entre o preparo com escarificação e o plantio direto.

Tabela 73. Índice de colheita de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	0,88 Aa	0,88 Aa	0,88 A
Cultivo mínimo	0,88 Aa	0,87 ABa	0,88 A
Plantio direto	0,86 Ba	0,86 Ba	0,86 B
Média	0,87 a	0,87 a	
CV (%)			8,61

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

O índice de colheita de milho apresentou diferenças estatísticas nas interações entre os sistemas de manejo do solo. Nota-se na cobertura do solo sob nabo forrageiro que o preparo convencional e o cultivo mínimo resultaram maiores índices, diferindo-se estatisticamente do plantio direto. Na cobertura do solo sob nabiça, o preparo convencional foi estatisticamente diferente do plantio direto, ficando o cultivo mínimo com resultado intermediário, conforme verifica-se ainda na Tabela 73.

6.6.12 Massa de mil grãos

Na Tabela 74, onde são apresentados os resultados da massa de mil grãos de milho, pode-se verificar que o preparo convencional e o cultivo mínimo resultaram em maiores massas e foram estatisticamente diferentes do plantio direto. A menor massa de

mil grãos no plantio direto, também está relacionada com as restrições impostas por esse manejo ao desenvolvimento do sistema radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes. Resultados semelhantes também foram encontrados por Carvalho et al. (2004) que obtiveram maior massa de mil grãos de milho no preparo convencional em relação ao sistema de plantio direto. No entanto, Bertolini (2005) não encontrou diferenças estatísticas na massa de mil grãos entre o preparo com escarificação e o plantio direto.

Constata-se ainda na Tabela 74, que a massa de mil grãos apresentou diferenças estatísticas nas interações entre os sistemas de manejo do solo. Nas coberturas do solo sob nabo forrageiro e nabiça, esse parâmetro obteve o mesmo comportamento, onde o preparo convencional e o cultivo mínimo foram estatisticamente superiores ao plantio direto.

Tabela 74. Massa de mil grãos (g) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	328,95 Aa	332,37 Aa	330,66 A
Cultivo mínimo	328,56 Aa	331,24 Aa	329,90 A
Plantio direto	305,93 Ba	306,84 Ba	306,39 B
Média	321,15 a	323,48 a	
CV (%)			2,31

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Siqueira (1999b), não encontrou diferenças estatísticas na massa de mil grãos de milho sob a cobertura de nabo forrageiro entre os manejos com arado de aiveca, arado de disco e escarificador. Avaliando a massa de mil grãos de milho sob a cobertura de nabo forrageiro, Gonçalves (1999), também concluiu que não houve diferenças estatísticas entre o sistema de plantio direto e o preparo convencional.

6.6.13 Produtividade de grãos

Os valores da produtividade de grãos de milho encontram-se na Tabela 75, onde se pode notar que este parâmetro foi influenciado apenas pelos sistemas de manejo do solo. O preparo convencional e o cultivo mínimo apresentaram maiores produtividades,

sendo a diferença em relação ao plantio direto de 16 e 17%, respectivamente. A baixa produtividade neste sistema está diretamente relacionada aos menores valores na população final, número de grãos por espiga e massa de mil grãos. Resultados semelhantes foram citados por Secco e Reinert (1997), Mello et al. (1998b), Kluthcouski et al. (2000), Silveira e Stone (2003) e Carvalho et al. (2004), onde relataram que o plantio direto apresentou menor produtividade de grãos de milho, em relação aos demais manejos do solo. Entretanto, Silva (2000a), Leite (2002), Pauletti et al. (2003), Silva (2004) e Bertolini (2005), não encontraram nenhuma influência dos sistemas de manejo do solo na produtividade de grãos de milho, discordando, assim, dos valores obtidos neste experimento.

Nas interações, observa-se nas coberturas do solo sob nabo forrageiro e nabiça que os sistemas de manejo do solo apresentaram o mesmo comportamento estatístico, onde o preparo convencional e o cultivo mínimo encontraram-se com maiores produtividades de grãos e foram estatisticamente diferentes do plantio direto (Tabela 75).

Tabela 75. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de milho sob duas coberturas do solo em três sistemas de manejo do solo.

Manejo do solo	Cobertura do solo		Média
	Nabo forrageiro	Nabiça	
Preparo convencional	8.925,69 Aa	8.713,22 Aa	8.819,46 A
Cultivo mínimo	9.012,77 Aa	8.801,69 Aa	8.907,23 A
Plantio direto	7.400,34 Ba	7.470,72 Ba	7.435,53 B
Média	8.446,27 a	8.328,54 a	
CV (%)			6,14

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Comparando a produtividade de grãos de milho sob a cobertura de nabo forrageiro, Gonçalves (1999), concluiu que não houve diferenças estatísticas entre o sistema de plantio direto e o preparo convencional. Porém, Siqueira (1999b), encontrou diferenças estatísticas na cultura de milho sob cobertura de nabo forrageiro, onde o preparo com arado de aiveca apresentou maior produtividade em relação à escarificação, ficando o preparo com arado de disco com resultado intermediário.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de plantio direto apresentou maior densidade e resistência mecânica do solo à penetração, quando comparado ao preparo convencional e ao cultivo mínimo.

Para as operações de preparo do solo, observou-se que o cultivo mínimo apresentou capacidade de campo efetiva 63% maior que o preparo convencional. Os parâmetros tempo efetivo demandado, uso específico de energia por área e consumo de combustível por área foram respectivamente 62,5; 45,0 e 55,5% menores no cultivo mínimo, quando comparado ao preparo convencional.

Em relação às operações de semeadura das culturas de nabo forrageiro e nabiça, constatou-se que o sistema de plantio direto proporcionou menor força na barra de tração, potência na barra de tração, tempo efetivo demandado, uso específico de energia por área e consumo de combustível por área, comparado aos demais manejos. A velocidade de deslocamento e a capacidade de campo efetiva foram superiores no sistema de plantio direto, intermediárias no preparo convencional e inferiores no cultivo mínimo.

O plantio direto manteve maior porcentagem de cobertura do solo após o manejo, seguido pelo cultivo mínimo que, por sua vez, superou o preparo convencional.

A cultura de nabiça obteve maior comprimento, volume e massa seca radicular em relação à cultura de nabo forrageiro, entretanto não se constatou diferença estatística entre ambas. Logo, pode-se deduzir que a nabiça apresenta um grande potencial em

descompactar o solo, aumentar sua aeração, incorporar a matéria orgânica em profundidade e reciclar os nutrientes do solo.

Entre as culturas avaliadas no período de inverno, o nabo forrageiro foi o mais indicado para cobertura do solo, apresentando grande produção de massa seca. Os grãos de nabiça apresentaram altos teores de óleo, podendo ser cultivada com o propósito de extração para produção de biodiesel; porém é necessário que se realizem novas pesquisas visando o aumento de produtividade de grãos e conseqüentemente, da produtividade de óleo.

Nos sistemas de manejo do solo ocorreram diferenças estatísticas na maioria dos componentes de produção das culturas de nabo forrageiro e nabiça, sendo que o preparo convencional e o cultivo mínimo foram mais produtivos, comparados ao sistema de plantio direto.

Na cultura de milho, os sistemas de manejo convencional e mínimo apresentaram maior população final, diâmetro dos colmos, comprimento das espigas, diâmetro das espigas, número de grãos por espiga, massa seca da parte aérea, índice de colheita, massa de mil grãos e produtividade de grãos, em relação ao plantio direto.

8 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido e com base nos resultados obtidos concluiu-se que:

A nabiça é uma alternativa viável para formação de cobertura vegetal durante o inverno na região de Botucatu/SP e a palhada produzida não prejudica o desempenho da cultura de milho em sucessão.

O preparo convencional e o cultivo mínimo apresentaram maiores produtividades de grãos de nabo forrageiro, nabiça e milho, em relação ao plantio direto.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOUD, A. C. S.; DUQUE, F. F. Caracterização de leguminosas com potencial para a adubação verde no período da seca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1995, Campinas. **Resumos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 99-100.

AGRIANUAL, 2004. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Argos Comunicação, 2004. 496 p.

AGRIANUAL, 2007. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Argos Comunicação, p. 405-423, 2007.

AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

ALBUQUERQUE, J. A. et al. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.

ALCÂNTARA, F. A. de et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, fev. 2000.

ALLMARAS, R. R.; DOWDY, R. H. Conservation tillage systems and their adoption in the United States. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 5, p. 197-222, 1985.

ALMEIDA, E. M.; BENEZ, S. H. Roçadora: desempenho em função da velocidade de deslocamento e da rotação do rotor em terreno ondulado. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 13-17, 1997.

ALMEIDA, F. S. Influência da cobertura morta do plantio direto na biologia do solo. In: FANCELLI, A. L. **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargil, 1985. p. 101-144.

ALVARENGA, R. C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, fev. 1995.

ALVARENGA, R. C. et al. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 219-226, 1996.

ALVARENGA, R. C. et al. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes por leguminosas, em resposta à compactação do solo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 44, p. 421-431, 1997.

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

AMADO, M.; TOURN, M. C. ROSATO, H. Efecto de la velocidad de avance sobre la uniformidad de distribución y emergencia de maíz. In: BARBOSA, O. A. **Avances em ingeniería agrícola 2003-2005**. San Luis: CADIR 2005, 2005. p. 77-81.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 115-123, 2004.

AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes crotalária júncea e mucuna-preta com ^{15}N para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 219-224, 1997.

ANDREOLA, F. et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 867-874, 2000.

ARAÚJO, A. G.; CASÃO JÚNIOR, R.; FIGUEIREDO, P. R. A. Recomendações para dimensionamento e construção do rolo faca. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., 1993, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Instituto Agrônômico do Paraná, 1993. p. 271-280.

ARAÚJO, A. G.; CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R. Mecanização do plantio direto: problemas e soluções. **Instituto Agrônômico do Paraná**, Ponta Grossa, n. 137, p. 1-18, 2001.

ASAE. Terminology and definitions for soil tillage and soil tool relationships. In: _____. **ASAE standards 1992: standards engineering practices data**. San Joseph, 1992. p. 105.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: MANOLE, 1987. 307 p.

BALBUENA, R. H.; MENDEVIL, G. O.; RESSIA, J. M. Cobertura del suelo y características de labor de escarificadores con cuchillas circulares y rejas convencionales. In: BALBUENA, R. H.; BENEZ, S. H.; JORAJURÍA, D. **Ingeniería rural y mecanización agrária em el ámbito Latinoamericano**. La Plata: Editorial de la U. N. L. P., 1998. p. 137-142.

BARKER, N. W.; WHISLER, F. D.; COLWICK, R. F. Application of herbicides in small grain stubble. **Transactions American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 24, p. 1232-1236, 1982.

BASSO, C. J. **Épocas de aplicação de nitrogênio para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto**. 1999. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

BENEZ, S. H. **Estudo do cultivo mínimo na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo Podzólico vermelho amarelo var. Laras**. 1972. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

BERTOL, I. et al. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 705-712, 1998.

BERTOLINI, E. V. **Adubação de pré-semeadura na cultura do milho em diferentes manejos do solo**. 2005. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

BERTON, R. S. Adubação orgânica. **Boletim Técnico do Instituto Agronômico de Campinas**, n. 100, p. 30-35, 1997.

BIGNOLI, P. Presentacion. In: DAVIES, B.; EAGLE, D.; FINNEY, B. **Manejo del suelo**. 4 ed. Buenos Aires: El Ateneo, 1987. p.XI.

BODDEY, R. M. et al. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, n. 5/6, p. 787-799, 1997.

BOHM, W. **Methods of studying root system**. Berlim: Springer-Verlag, 1979. 188 p.

BOLLER, W. et al. Força de tração e potência para operar com uma semeadora-adubadora de precisão em solo sob preparo reduzido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1992, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. v. 2, p. 1111-1125.

BOLLER, W. **Avaliação de diferentes sistemas de manejo do solo visando à implantação da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1996. 272 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

BOLLER, W.; FAVORETTO, R. Eficiência energética da cultura do feijão sob diferentes sistemas de manejo do solo. **Ingeniería Rural y Mecanización Agraria em el Ámbito Latinoamericano**, La Plata, p. 154-158, 1998.

BOLLER, W. **Entrevista concedida à Universidade de Passo Fundo, RS**. 2003. Disponível em: <<http://www.upf.br>>. Acesso em: 12 mar. 2004.

BORGES, E. N. et al. Respostas de variedades de soja à compactação de camadas de solo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 35, n. 202, p. 553-568, 1988.

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E. et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, jan. 2003.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 897-903, 2000.

CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1990. 37 p. (Boletim Técnico, 35).

CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B. da. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CALEGARI, A. Espécies para cobertura de solo. In: DAROLT, M. R. (Coord.). **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: IAPAR, 1998. p. 65-94. (Circular 101).

CALEGARI, A. **Salada nutritiva**, 2000. Disponível em: <[http://www.globorural.com.br/adubação/salada nutritiva](http://www.globorural.com.br/adubacao/salada_nutritiva)>. Acesso em: 15 fev. 2005.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Teste de uma equação simples para estimativa da evapotranspiração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 1984, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p. 229-242, 1984.

CAMARGO, O. A.; ALEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 94 p.

CARVALHO, M. A. C. de et al. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 47-53, jan. 2004.

CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991. 157p.

CASÃO JÚNIOR, R.; FIGUEIREDO, P. R. A.; ARAÚJO, A. G. Desenvolvimento de um rolo faca à tração animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 18., 1989, Recife. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1989. p. 56-66.

CASÃO JÚNIOR, R. et al. Efeito de diferentes implementos na resistência a tração e qualidade de preparo do solo (Latosolo Roxo). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1992, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p. 847-868.

CASSEL, D. H.; RACZKOWSKI, C. W.; DENTON, H. P. Tillage effects on corn production and soil physical conditions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 59, p. 1436-1443, 1995.

CASTRO FILHO, C. et al. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, p. 271-283, 1991.

CASTRO, O. M. **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41 p.

CERETTA, C. A. et al. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 163-171, 2002a.

CERETTA, C. A. et al. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002b.

CHAILA, S. Metodos de evaluación de malezas para estudios de población y de control. **Malezas**, v. 14, n. 2, p. 1-78, 1986.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. **Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1995. 9 p.

COELHO, J. L. D.; GADANHA JUNIOR, C. D.; MILAN, M. **Manejo conservacionista do solo**: preparo reduzido. Piracicaba: Implementos Agrícolas JAN, 1993. 22 p.

CONAB. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Companhia Nacional de abastecimento**. CONAB, 2008. Acompanhamento da safra 2006/2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/safras>>. Acesso em: 21 maio. 2008.

CORRÊA, S. et al. **Anuário brasileiro do milho 2004**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2004. 136p.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 161-168, 2005.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. **Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP**. Departamento de Recursos Naturais - Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, 2008.

CURY, B. **Porque fazer plantio direto**. In: GUIA para plantio direto. Ponta Grossa: Federação de Plantio Direto na Palha, 2000. p. 9-15.

DALLMEYER, A. U. **Eficiência energética e operacional de equipamentos conjugados de preparo do solo**. 1994. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

DAPAAH, H. K.; VYN, T. J. Nitrogen fertilization and cover crop effects on soil structural stability and corn performance. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 29, p. 2557-2569, 1998.

DA ROS, C. O. **Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto**. 1993. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.

DEBARBA, L.; AMADO, T. J. C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no sul do Brasil com características de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 473-480, 1997.

DECICINO, T. O et al. Uso da nabiça (*Raphanus raphanistrum*) como planta de cobertura do solo em sistema de plantio direto de pequenas propriedades. In: 3º CONGRESSO ITEANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: Instituição Toledo de Ensino, 2006 (CD-ROM).

DENARDIN, J. E. Manejo adequado do solo para áreas motomecanizadas. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1, SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO DO PLANALTO, 3., 1984, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Projeto Integrado de Uso e Conservação do Solo, Universidade Federal de Passo Fundo, 1984. p. 127-123.

DENARDIN, J. E.; KOCHHAM, R. A. Requisitos para implantação e a manutenção do sistema de plantio direto. In: EMBRAPA, CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, FUNDAÇÃO CENTRO DE EXPERIMENTAÇÃO E PESQUISA FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.

DE-POLLI, H.; CHADA, S. S. de. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 287-293, 1989.

DE-POLLI, H. et al. Adubação verde: parâmetros para avaliação de sua eficiência. CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8., 1996, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p. 225-242.

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

DERPSCH, R. et al. **Controle da Erosão no Paraná, Brasil**: sistema de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1991. 272 p.

DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes**: manejo. Campinas: Edição do autor, 1997. 285 p.

DUARTE, J. O. **Importância econômica do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2003. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/importancia.htm>>. Acesso em: 25 ago 2005.

DUDA, G. P. et al. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 139-147, 2003.

EHLERS, E. Plantio direto e sustentabilidade no meio rural. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio direto na palha, 2000. p. 69.

EINHELLIG, F. A.; RASMUSSEN, J. A. Prior cropping with grain sorghum inhibits weeds. **Journal of Chemical Ecology**, Ljubljana, v. 15, n. 3, p. 951-960, 1989.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 227 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA TRIGO. **Definição de canola**. Disponível em <<http://www.cnpt.embrapa.br/cultivares/canola/definicao>>. Acesso em: 23 ago 2007.

ENDRES, V. C.; TEIXEIRA, M. R. O. População de plantas e arranjo entre fileiras. In: MILHO: informações técnicas. **Circular Técnica do Centro de Pesquisa Agropecuária Oeste/EMBRAPA**, Dourados, n. 5, p. 108-110, 1997.

EVANS, S. D. et al. Effect of subsoiling and subsequent tillage on soil bulk density, soil moisture, and corn yield. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, p. 35-46, 1996.

FACHOLI, A. **Boletim técnico de sementes Facholi**, p. 40, 2005.

FANCELLI, A. L. A importância da cultura do milho no plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.119-127.

FARIA, J. X. de. Mercado e importação da qualidade do caroço do algodão. In: **O agronegócio das plantas oleaginosas**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. cap. 9, p. 153-180.

FASOLO, P. J. Importância e uso dos levantamentos de solos e suas relações com o planejamento do uso da terra. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1996. p. 61-76.

FAVERO, C. et al. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, nov. 2001.

FERNANDES, L. A. et al. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, set. 1999.

FIGUEIREDO, L. H. A.; DIAS JÚNIOR, M. S.; FERREIRA, M. M. Umidade crítica de compactação e densidade do solo máxima em resposta a sistemas de manejo num Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 487-493, 2000.

FIGUEIREDO, P. R. A.; MAGALHÃES, P. S. G. Otimização do desempenho de uma máquina de preparo mínimo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. p. 1405-1418.

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

FOLONI, J. S. S. **Crescimento radicular da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e de cinco adubos verdes em função da compactação do solo**. 1999. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

FRANCHINI, J. C. et al. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 459-467, 2000.

FURLANI, C. E. A. **Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)** 2000. 218 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

FURLANI, C. E. A. et al. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão em função do preparo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003 (CD-ROM).

FURLANI, C. E. A. et al. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 388-395, 2004.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. da. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 458-464, 2005.

GADANHA JÚNIOR, C. D. et al. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas do Estado de São Paulo, 1991. 468 p.

GALETI, P. A. Operações agrícolas. In: GALETI, P. A. **Mecanização agrícola: preparo do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1983. p. 6-12.

GAMERO, C. A. **Efeitos dos tipos de preparos sobre características do solo e da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

GAMERO, C. A. **Enxada Rotativa: desempenho em função do tipo de lâmina, do número de pares de lâminas por flange, da rotação do rotor e da velocidade de deslocamento**. 1991. 227 f. Tese (Livre Docência em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.

GAMERO, C. A. et al. Prepare os implementos que está cegando a hora. **A Granja**, Porto Alegre, n. 585, p. 14-21, 1997.

GARCIA, R. F. et al. Desempenho operacional de conjunto trator – recolhadora de feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 199-206, 2005. (CD-ROM).

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio Direto: o caminho do futuro**. Passo Fundo: ALDEIA SUL, 1996. 207 p.

GIACOMINI, S. J. et al. Consorciação de plantas de cobertura: I produção e composição da fitomassa. In: FERTBIO, 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/ Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. (CD-ROM).

GIACOMINI, S. J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 325-334, 2003.

GIACOMINI, S. J. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 751-762, 2004.

GONÇALVES, J. R. P. **Efeitos de três espécies de adubos verdes cultivados no inverno sobre as propriedades físicas do solo, desenvolvimento da planta e produção de milho (*Zea mays* L.) sob cultivo convencional e plantio direto.** 1999. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

GRANDI, L. A. preparo do solo. **Informe Agropecuário**, Belo horizonte, v. 19, n. 191, p. 5-6, 1998.

GREGO, C. R.; BENEZ, S. H. Cobertura vegetal espontânea e produtividade da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), através do preparo do solo e manejo da cobertura. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 29-38, 1999.

GUPTA, S. C.; LARSOM, W. E. Modeling soil mechanical behavior during tillage. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. **Predicting tillage effects on soil physical properties and processes.** Madison, 1982. p. 151-178.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to assess the susceptibility of soil to excessive compaction. **Soil Science**, Baltimore, v. 6, n. 1, p. 65-100, 1987.

HADAS, A.; WOLF, D.; RAWITZ, E. Residual compaction effects on cotton stand and yields. **Trans American Society of Agricultural Engineers**, San Joseph, v. 28, n. 3, p. 691-695, 1985.

HÅKANSON, I. Soil tillage for crop production and for protection of soil and environmental quality: a scandinavian viewpoint. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 30, p. 109-124, 1994.

HENKLAIN, J. C.; CASÃO JÚNIOR, R. Preparo do solo. In: PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Manual técnico do subprograma manejo e conservação do solo**. Curitiba, 1989. p. 130-157.

HENKLAIN, J. C. Efeito do preparo do solo sobre as características do solo. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Instituto Agrônômico do Paraná, 1997. p. 207-221.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Manejo e conservação de solos. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Milho: informações técnicas**. Dourados: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste, 1997. p. 39-67.

HOLTZ, G. P.; SÁ, J. C. M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1995. p. 14-30.

HUNGARO, M. R. G. **Cultura do girassol**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas 2000, 36p. (Boletim técnico 188).

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

JOLANKAI, M.; BIRKAS, M.; SZALAI, T. Soil tillage influenced by the physical state of the soil. **Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae**, Budapest, v. 45, p. 155-161, 1997.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: CERES, 1979. 262 p.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. Tomo II. São Paulo: BASF, 1992. 798 p.

KLUTHCOUSKI, J. **Leucena**: alternativa para a pequena e média agricultura. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-DID, 1992. (Circular Técnica, 6).

KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Soil Water Conservation**, Washington, v. 36, n. 6, p. 341-343, 1981.

LALL, R. Tillage and agricultural sustainability. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, p. 133-146, 1991.

LANÇAS, K. P. **Subsolador: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiros e velocidade de deslocamento**. 1987. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1987.

LAZZAROTTO, C. et al. Épocas de semeadura e zoneamento agrícola. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Milho**: informações técnicas. Dourados: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária /Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste, 1997. p. 86-100.

LEITE, M. A. S. **Efeito de três sistemas de preparo do solo e dois espaçamentos entre fileiras sobre a cultura do milho**. 2002. 115 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

LEVIEN, R.; COGO, N. P.; ROCKENBACH, C. A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 73-80, 1990.

LEVIEN, R. et al. Desempenho de um triturador de palhas tratorizado em resíduos culturais de milho. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE INGENIERIA AGRÍCOLA, 2, INGENIERIA RURAL Y MECANIZACION AGRÁRIA EM EL ÂMBITO LATINOAMERICANO, 1, 1998, La Plata. **Trabalhos publicados...** La Plata, 1998. (CD-ROM)

LEVIEN, R. **Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 305 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

LEVIEN, R.; MARQUES, J. P.; BENEZ, S. H. Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em semeadura de milho (*Zea mays* L.), sob diferentes formas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999 (CD-ROM).

LEVIEN, R.; GAMERO, C. A.; FURLANI, C. E. A. Manejo mecânico da aveia preta com rolo faca e triturador de palhas tratorizado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001a, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001a. (CD-ROM).

LEVIEN, R. et al. Desempenho de semeadora-adubadora de fluxo contínuo, em semeadura de aveia preta após a cultura do milho, sob diferentes preparos do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 145-151, 2001b.

LEVIEN, R. et al. Preparo convencional e reduzido em solo argiloso em diferentes condições de cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 277-289, 2003.

LIMA, J. D. et al. Comportamento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 60-63, 2007.

LOMBARDI NETO, F. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p. 111-119.

LUCARELLI, J. R. de F.; DANIEL, L. A.; ESPÍNDOLA, C. R. Efeitos de sistemas de preparo do solo na erosão laminar e perdas de matéria orgânica e nutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1996, Bauru. **Anais...** Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. (CD-ROM).

MAGLEBY, R. S.; SCHERTZ, D. L. Conservation tillage chalks up steady gains. **Agricultural Engineering**, St Joseph, v. 67, n. 2, p. 14-16, 1988.

MAHL, D. **Desempenho de semeadoras - adubadoras de milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto**. Botucatu, 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MAHL, D. **Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho**. 2006. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S. **Avaliação do desempenho de semeadoras adubadoras de milho no campo**. EMBRAPA, 1990. 49p.

MARONI, J. et al. Velocidad de emergencia del maíz: prestaciones de diferentes organos para el contactado semilla-suelo la siembra. In: BARBOSA, O. A. **Avances em ingenieria agrícola 2003-2005**. San Luis: CADIR 2005, 2005. p. 9-14.

MARQUES, J. P. **Manejo da vegetação espontânea para implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto e preparo convencional do solo**. 1999. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

MARQUES, J. P. **Efeito dos sistemas de manejo do solo e da cobertura de entressafra na cultura da soja (*Glycine max* L.)**. 2002. 203 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MARQUES, L. **Maquinaria agrícola**. Madrid: B&H, 2004. 700p.

MARY, B. et al. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 181, p. 71-82, 1996.

MAZUCHOWSKI, J. Z.; DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas**. Curitiba: Associação de Crédito e Extensão Rural do Estado do Paraná, 1984. 68 p.

MELLO, L. M. M. **Efeito de diferentes sistemas de preparo de solo na cultura da soja (*Glycine Max* (L.) MERRIL) e sobre algumas propriedades de um latossolo vermelho escuro de cerrado.** 1988. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.

MELLO, L. M. M.; FERREIRA, S. R.; YANO, E. H. Desempenho do equipamento sobre o tamanho do fragmento do Guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). **Ingenieria Rural y Mecanización Agraria em el Ámbito Latinoamericano**, La Plata, p. 143-148, 1998a.

MELLO, L. M. M. et al. A cultura do milho (*Zea mays* L.) sob semeadura direta e cultivo mínimo na região de cerrado. **Ingenieria Rural y Mecanización Agraria em el Ámbito Latinoamericano**, La Plata, p. 149-153, 1998b.

MEREGE, W. H.; MARTINS, A. C. N. Milho. In: Manual técnico das culturas. **Milho**. Campinas: CATI, 1997. v. 1, p. 399-437.

MERTEN, G. H. Contribuição da pesquisa para adaptação do plantio direto com tração animal – experiência do IAPAR. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Instituto Agrônômico do Paraná, 1997. p. 85-100.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas ensaios e certificação**. Piracicaba, FEALQ, 1996. 722p.

MIELNICZUK, J.; SCHNEIDER, P. Aspectos sócio-econômicos do manejo de solos no Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1, SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO DO PLANALTO, 3., 1984, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Projeto integrado de uso e conservação do solo, Universidade de Passo Fundo, 1984. p. 3-27.

MIELNICZUK, J. Apresentação. In: MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Ed. Do Autor, 1991. p. 7.

MIELNICZUK, J. Potencialidade e perspectivas de uso de culturas de cobertura e rotações de culturas como prática de conservação do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p. 101-104.

MIRANDA, J. et al. Crescimento de leguminosas em cilindros de solo com camadas compactadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. **Programas e resumos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. (CD-ROM).

MÜLLER, M. M. L. et al. Crescimento de raízes e acúmulo de nutrientes em espécies de inverno em função da presença de camada de solo compactado em subsuperfície. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Programas e resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. (CD-ROM).

MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: FANCELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. **Atualização em plantio direto.** Campinas: Fundação Cargill, 1985a. p. 3-16.

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

MUZZILI, O.; BORGES, G. O.; MIRANDA, M. A sustentabilidade agrícola e o plantio direto. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável.** Ponta Grossa: Instituto Agrônomo do Paraná, 1997. p. 48-49.

OSTERROHT, M. V. O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroecologia**, Botucatu, ano 2, n. 14, p. 9-11, maio/jun. 2002.

ORTIZ-CANÁVATE, J. **Las maquinas agrícolas y su aplicacion.** Madrid: Mundi-Prensa, 1980. 490 p.

PACE, L. et al. Desenvolvimento radicular e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão submetidos à compactação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Programas e resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. (CD-ROM).

PAULETTI, V. et al. Rendimento de grãos de milho e soja em uma sucessão cultural de oito anos sob diferentes sistemas de manejo de solo e de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 491-495, 2003.

PEREIRA, J. P. G. **Influência energética entre três sistemas de preparo de solo em diferentes épocas na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2000. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

PERIN, A. **Desempenho de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização para cobertura viva e seus efeitos sobre alguns atributos físicos do solo**. 2001. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 791-796, jul. 2003.

PERTICARRARI, J. G.; IDE, B. Y. Cultivo mínimo. In: SEMINARIOS DE TECNOLOGIA AGRONOMICA, 4., 1988. Piracicaba. **Trabalhos apresentados...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1988. p. 43.

PIFFER, C. R. **Desenvolvimento do sistema radicular de amaranto (*Amaranthus cruentus*, variedade BRS Alegria), de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.), variedade BN-2) e de pé de galinha (*Eleusine coracana* L.) em duas classes de solo e quatro densidades**. 2004. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

PIFFER, C. R.; BENEZ, S. H. Desenvolvimento do sistema radicular de amaranto, milheto e pé de galinha em diferentes níveis de compactação. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 50-62, 2005 (CD-ROM).

PONTES, J. R. V. **Manejo da vegetação espontânea, desempenho dos equipamentos e efeitos na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

PONTES, J. R. V. **Implantação da cultura da soja em diferentes métodos e épocas de manejo do solo**. Botucatu, 2002. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

PORTELA, J. A.; FAGANELLO, B.; SATLER, A. Máquinas e implementos para plantio direto. In: EMBRAPA, CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 29-36.

POWER, J. F.; DORAN, J. W.; KOERNER, P. T. Hayry vetch as a winter cover crop for dryland corn production. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 4, n. 1, p. 62-67, 1991.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.dos S.S.; MIRANDA, M.A.C.de. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 929-938, maio 2000.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology**. 2 ed. New York: Wiley, 1997. 588 p.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo - Fundação IAC, 1996. 2 ed. 285 p.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação de fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundação IAC, 2001. 285 p.

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

REEDER, R. Making the transition to conservation tillage. In: CONSERVATION tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till. Ames: Midwest Plan Service, 1992. p. 3-4.

REIJNTJES, C.; HAVERKORT, B.; WATERS-BAYER, A. **Agricultura para o futuro: uma introdução à agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos**. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1994. 324 p.

RIBEIRO, M. F. S. et al. Máquinas para semeadura direta em solos de baixa aptidão agrícola. **Circular Técnica do Instituto Agrônomo do Paraná**, Londrina, n. 108, p. 139-153, 1999.

RODRIGUES, J. G. L. **Demanda energética de sistemas de manejos do solo na cultura da soja (*Glycine max* L.)**. 2005. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

RODRIGUES, J. G. L; GAMERO, C. A. Demanda energética e capacidade de campo efetiva em diferentes sistemas de manejo do solo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 4, p.55-62, 2006.

ROMAN, E. S.; VELLOSO, J. A. R. O. Controle cultural, coberturas mortas e alelopatia em sistemas conservacionistas. In: EMBRAPA, CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 77-84.

ROSECRANCE, R. C. et al. Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereale* L.) cover crop monocultures and bicultures. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 227, p. 283-290, 2000.

ROTH, C.; VIEIRA, M. J. Infiltração de água no solo. **Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 1, p. 4, 1983.

RUSSELL, R. S.; IGUE, K.; MEHTA, Y. R. **The soil-root system in relation to brazilian agriculture**. Londrina: IAPAR, 1981. 372 p.

SÁ, J. C. M. Plantio direto: transformação e benefícios ao agroecossistema. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Trabalhos publicados...** Castro: Fundação ABC, 1995. p. 1-11.

SÁ, R. O. de. **Variabilidade genética entre progênies de meios irmãos de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus*) cultivar CATI AL 1000**. 2005. 39 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SALET, R. L. et al. Porque a disponibilidade de nitrogênio é menor no sistema plantio direto? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo, RS : Aldeia Norte, 1997. p. 217.

SALTON, J. C. Alternativas para produzir palha no Mato Grosso do Sul. In: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO/EMBRAPA, FUNDAÇÃO CENTRO DE EXPERIMENTAÇÃO E PESQUISA/FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC, 1993. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo, RS : Aldeia Norte, 1993. p. 159-62.

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

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. **Milheto**: alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. Dourados: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste, 1998. 15 p.

SALVADOR, N. **Consumo de energia na operação de subsolagem realizada antes e depois de sistemas de preparo periódico do solo**. 1992. 166 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

SALVADOR, N.; BENEZ, S. H. Preparo periódico do solo II: consumo energético e desagregação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p. 1710-1721.

SALVADOR, N. et al. Preparo periódico do solo I: desempenho operacional e mobilização do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p. 1722-1732.

SANTOS, H. P.; REIS, E. M.; POTTKER, D. Culturas de inverno para plantio direto no Sul do Brasil. **Circular Técnico do Centro Nacional de Pesquisa do Trigo**, n. 3, p. 1-24, 1990.

SCHERTZ, D. L.; BECHERER, J. Terminology. In: MOLDENHAUER, W. C.; BLACK, A. L. **Crop residue management to reduce erosion and improve soil quality in Northern Great Plains**. Washington: United States Department of Agriculture, 1994. p. 3.

SCHULLER, R. T.; WOOD, R. K. Soil compaction. In: CONSERVATION tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till. Ames: Midwest Plan Service, 1992. p. 42-45.

SCHULTZ, L. A. **Manual do plantio direto: técnicas e perspectivas**. 1 ed. Porto alegre: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 1978. 83 p.

SECCO, D.; REINERT, D. J. Efeitos imediato e residual de escarificadores em Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n. 3, p. 52-61, 1997.

SILVA, A. R. B. **Comportamento de variedades/híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes tipos de preparo do solo**. 2000a. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000a.

SILVA, A. R. B. **Diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2004. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SILVA, A. R. B. et al. **Comportamento de cultivares de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) em função da variação do espaçamento entre linhas**. 2006. p. 82-86. Disponível em: < http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/agricultura/comportamentocultivares_nabo >. Acesso em: 14 jun. 2007.

SILVA, J. A. A. da et al. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira-pêra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 225-230, abr. 2002.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Plantio direto no cerrado. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Instituto Agrônomico do Paraná, 1997. p. 158-184.

SILVA, J. G. **Ordens de gradagem e sistema de aração: desempenho operacional, alterações na camada mobilizada e respostas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1992. 180 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

SILVA, P. R. A. **Mecanismos sulcadores de semeadora-adubadora na cultura do milho (*Zea Mays* L.) no sistema de plantio direto.** 2003. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SILVA, S. de L. **Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas.** 1997. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

SILVA, S. de L. **Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento.** 2000b. 123 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000b.

SILVA, S. de L. et al. Sistema de aquisição de dados para ensaios de campo: comparação de força de tração média obtida com micrologger 21X e milivoltímetro na operação de escarificação. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA, 6., 2001, Chillan. **Anais...** Chillan, 2001. v. 2, p. 145-148.

SILVEIRA, G. M. Roçadora e a limpeza de pastagens. **Revista dos Criadores**, São Paulo, v. 58, n. 713, p. 36-37, 1989a.

SILVEIRA, G. M. Roçadoras. In: SILVEIRA, G. M. **O preparo do solo: implementos corretos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Globo, p. 173-187, 1989b.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 240-244, 2003.

SIQUEIRA, J. A. C. **Efeitos de sistema de cultivo em diferentes teores de água sobre a compactação do solo.** 1999a. 135f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Disponível em: < <http://www.capes.gov.br> >. Acesso em: 14 out. 2002.

SIQUEIRA, R.; BOLLER, W.; GAMERO, C. A. Capacidade de trabalho e consumo de combustível na trituração de três coberturas vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1997. (CD-ROM).

SIQUEIRA, R. **Sistemas de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais do solo.** 1999b. 191 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999b.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JÚNIOR, R. **Trabalho no cultivo de grãos e oleaginosas: máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema plantio direto.** Curitiba: SENAR-PR, 2004. 88 p.

SOAHNE, B. D.; PIDGEON, J. D. Tillage requirement in relation to soil physical properties. **Soil Science**, Baltimore, v. 119, p. 376-384, 1975.

SODRÉ FILHO, J. et al. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 327-334, abr. 2004.

STRECK, E. V. **Erosão hídrica do solo relacionada com o subfator uso anterior da terra do modelo "RUSLE".** 1999. 195 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Ciência do solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

STURNY, W. G. Bodenbearbeitung. **Die Grüne**, v. 115, n. 46, p. 13-24, 1987.

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

SWAN, J. B.; KASPAR, T. C.; ERBACH, D. C. Seed-row residue management for corn establishment in the northern US corn belt. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 40, p. 55-72, 1996.

TANAKA, E. M. **Carreta de transbordo para cana-de-açúcar (*Saccharium spp*): efeitos da condição de solo, do tipo de rodado e da velocidade de deslocamento.** 2001. 95 f. Dissertação (Mestre em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

TAYLOR, H. M.; ARKIN, G. F. Root zone modification: fundamentals and alternatives. In:____. **Modifying the root environment to reduce crop stress**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1981. p. 1-17.

TAYLOR, H. M.; BRAR, G. S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 19, p. 111-119, 1991.

TEASDALE, J. R.; MOHLER, C. L. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 3, p. 673-680, 1993.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, p. 1351-1361, 1993.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Laboratory of Climatology, 1955. 104 p.

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

VAN DOREN JUNIOR, D. M.; REICOSKY, D. C. Tillage and irrigation. In: WILCOX, J. R. **Soybeans: improvement, production, and uses**. 2 ed. Madison: American Society of Agronomy, 1987. p. 391-428.

VASCONCELOS, A. C. M. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita**. 2002. 140f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

VEIGA, M.; AMADO, T.J. Preparo do solo. In: EPAGRI. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**. Florianópolis, 1994. p. 165-167.

VIEIRA, L. B.; REIS, E. F. Máquinas para o plantio direto. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 43-48, 2001.

VIEIRA, R. M.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S. Diagnóstico e perspectivas da mamoneira no Brasil. In: REUNIÃO TEMÁTICA MATÉRIAS-PRIMAS OLEAGINOSAS NO BRASIL: DIAGNÓSTICO, PERSPECTIVAS E PRIORIDADES DE PESQUISA, 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa-CNPA/MAA/ABIOVE, p.139-150 (Embrapa-CNPA. Documentos, 63).

VON PINHO, R. G. V. Produção de milho no Brasil e no mundo: realidade e perspectiva. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS: GENÉTICA E MELHORAMENTO DO MILHO. 5., 2001, Lavras. **Anais ...** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p. 3-13.

WEISS, A. et al. Testes e desenvolvimento de melhoramentos para implementos de manejo mecânico de coberturas vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 139.

WENDT, V. **Efeito da adubação verde de inverno associada a três doses de NPK, na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) em dois sistemas de semeadura.** 1998. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

WIERENGA, P. J. et al. Tillage effects on soil temperature and thermal conductivity. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. **Predicting tillage effects on soil physical properties and processes.** Madison, 1982. p. 69-90.

YANO, E. H. **Sucessão de culturas em sistemas integrados de produção.** 2005. 129 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

ZANOTTO, M. D. **Variabilidade genética e endogamia em duas populações de milho (*Zea mays* L.) contrastantes para teor de óleo.** 1986. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis.** 4 ed. Prentice-Hall, New Jersey, 1999. 663 p.

ZOTARELLI, L. **Balanco de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina - PR.** 2000. 134 f. Dissertação (Mestrado em

Agronomia/Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2000.