

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

**ADUBAÇÃO DE PRÉ-SEMEADURA NA CULTURA DO MILHO EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS ENTRELINHAS E MANEJOS DO SOLO**

ERICK VINICIUS BERTOLINI

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

Junho – 2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

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

**ADUBAÇÃO DE PRÉ-SEMEADURA NA CULTURA DO MILHO EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS ENTRELINHAS E MANEJOS DO SOLO**

ERICK VINICIUS BERTOLINI

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Gamero

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

Junho – 2009

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

Bertolini, Erick Vinicius, 1976-
B546a Adubação de pré-semeadura na cultura do milho em diferentes espaçamentos entrelinhas e manejos do solo / Erick Vinicius Bertolini. - Botucatu : [s.n.], 2009.
xxv, 180 f. : il., color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009
Orientador: Carlos Antonio Gamero
Inclui bibliografia

1. Milho. 2. Plantio direto. 3. Adubação. 4. Espaçamento reduzido. I. Gamero, Carlos Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

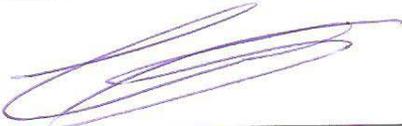
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ADUBAÇÃO DE PRÉ-SEMEADURA NA CULTURA DO MILHO EM
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ENTRELINHAS E MANEJOS DO
SOLO”

ALUNO: ERICK VINICIUS BERTOLINI

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO



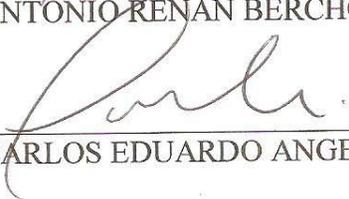
PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. ANTONIO RENAN BERCHOL DA SILVA



PROF. DR. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

Data da Realização: 01 de junho de 2009

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, fonte de amor e sabedoria, pelo dom da vida e pela oportunidade da realização deste trabalho;

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

Aos meus pais Jair e Vera, meu irmão Felipe e à minha namorada Ariane pelo amor, incentivo, dedicação e contribuição nesta Tese;

Ao Prof. Dr. Carlos Antonio Gamero, pela amizade, orientação, profissionalismo e valiosos ensinamentos;

Aos Profs. Drs. Antonio Renan Berchol da Silva, Carlos Eduardo Angeli Furlani, Dirceu Maximino Fernandes e Silvio José Bicudo constituintes da Banca Examinadora;

À Márcia Costa Gamero, pela disposição e auxílio nas correções ortográficas;

Ao Prof. Dr. Ângelo Catâneo, pela amizade sincera, dedicação e auxílio nas análises estatísticas;

Aos Profs. Drs. Sergio Hugo Benez, Roberto Lyra Villas Bôas, Paulo Roberto Arbex Silva, Zacarias Xavier de Barros e Marco Antonio Martin Biaggioni, pela ajuda e apoio que, de diferentes formas, tornaram possível realizar este trabalho;

À Prof^a. Dr^a. Martha Maria Mischan, pela atenção e auxílio nas análises estatísticas;

Ao amigo Cassio Roberto Piffer, pela amizade, disposição e participação neste trabalho;

Aos colegas do grupo de plantio direto José Guilherme Lança Rodrigues, André Satoshi Seki, Jairo da Costa Fernandes e Alessandro José Marques Santos, pelo companheirismo e colaboração neste trabalho;

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural, especialmente a Maury Torres da Silva, Pedro Alves, Ailton de Lima Lucas, Silvio Sabatine

Scolastici, Eduardo Biral Nogueira, Gilberto Winkler, Rosângela Cristina Moreci e Rita de Cássia Miranda Gomes, pela atenção, amizade e serviços prestados;

A todos os funcionários das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção, em especial a Mário de Oliveira Munhoz, Anselmo Ribeiro, Acácio Tavares, Aparecido Bessa Ramon, Carlos Humberto Barbosa, Luciano Alves, Manoel Lopes dos Santos e Milton Prudente, pela grande cooperação nos trabalhos de campo;

Às secretárias da Seção de Pós-Graduação da FCA/UNESP Marilena do Carmo Santos, Marlene Rezende de Freitas, Jaqueline de Moura Gonçalves e Taynan Ribeiro Moraes da Silva e aos funcionários da Biblioteca Professor Paulo de Carvalho Mattos, pela gentileza e disposição ao longo da realização deste trabalho;

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

A todos que de alguma maneira colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE FIGURAS	XX
1 RESUMO	XXII
2 SUMMARY	XXIV
3 INTRODUÇÃO.....	1
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
4.1 Manejo do Solo.....	3
4.2 A cultura do milho.....	10
4.3 Desempenho da cultura do milho em diferentes sistemas de manejo do solo.....	12
4.4 Adubação da cultura do milho no sistema plantio direto	21
4.4.1 Adubação fosfatada e potássica.....	22
4.4.2 Adubação nitrogenada.....	24
4.5 Espaçamento entrelinhas e o desempenho da cultura do milho	36
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
5.1 Material.....	44
5.1.1 Área experimental.....	44
5.1.2 Caracterização do solo.....	45
5.1.3 Dados referentes ao clima.....	46
5.1.4 Insumos agrícolas	47
5.1.4.1 Sementes.....	47
5.1.4.2 Fertilizantes	48
5.1.4.3. Herbicidas.....	48
5.1.4.4 Inseticidas	49
5.1.5 Máquinas e equipamentos agrícolas.....	49
5.1.5.1 Tratores.....	49
5.1.5.2 Equipamentos	49
5.1.6 Materiais e equipamentos utilizados para coleta de amostras e avaliações referentes ao solo	51

5.1.6.1 Fertilidade do solo	51
5.1.6.2 Densidade do solo.....	51
5.1.6.3 Densidade das partículas	52
5.1.6.4 Resistência mecânica do solo à penetração	52
5.1.6.5 Ensaio de Proctor Normal	52
5.1.6.6 Teor de água do solo.....	52
5.1.7 Materiais e equipamentos utilizados para determinação da demanda energética	53
5.1.7.1 Força na barra de tração.....	53
5.1.7.2 Consumo de combustível	53
5.1.7.3 Sistema de aquisição e armazenamento de dados	53
5.1.8 Materiais e equipamentos utilizados para avaliações da cobertura vegetal do solo	53
5.1.8.1 Porcentagem de cobertura vegetal do solo	53
5.1.8.2 Massa seca da cobertura vegetal.....	54
5.1.8.3 Relação carbono nitrogênio (C/N) da cobertura vegetal	54
5.1.9 Materiais e equipamentos utilizados para determinação dos componentes de produção da cultura do milho	54
5.1.9.1 Profundidade de deposição de sementes	54
5.1.9.2 Populações inicial e final de plantas.....	54
5.1.9.3 Folhas para diagnose foliar.....	54
5.1.9.4 Altura das plantas de milho e altura de inserção da primeira espiga.....	55
5.1.9.5 Diâmetro dos colmos das plantas e diâmetro das espigas de milho	55
5.1.9.6 Comprimento das espigas de milho.....	55
5.1.9.7 Massa seca da parte aérea das plantas	55
5.1.9.8 Massa de mil grãos e produtividade	55
5.2 Métodos	56
5.2.1 Delineamento experimental.....	56
5.2.2 Descrição e distribuição dos tratamentos na área experimental	56
5.2.3 Instalação e condução do experimento	57
5.2.4 Avaliações referentes ao solo	60
5.2.4.1 Fertilidade do solo	60

5.2.4.2 Densidade do solo.....	60
5.2.4.3 Densidade das partículas	60
5.2.4.4 Resistência mecânica do solo à penetração	60
5.2.4.5 Ensaio de Proctor Normal	61
5.2.4.6 Teor de água no solo.....	61
5.2.5 Avaliações referentes à demanda energética.....	62
5.2.5.1 Força média e máxima de tração na barra	62
5.2.5.2 Velocidade de deslocamento	62
5.2.5.3 Potência na barra de tração.....	63
5.2.5.4 Capacidade de campo efetiva	64
5.2.5.5 Tempo efetivo demandado	64
5.2.5.6 Consumo específico de energia por área	64
5.2.5.7 Consumo horário de combustível.....	65
5.2.5.8 Consumo de combustível por área	65
5.2.6 Avaliações referentes à cobertura vegetal do solo.....	66
5.2.6.1 Porcentagem da cobertura vegetal do solo	66
5.2.6.2 Massa seca da cobertura vegetal.....	66
5.2.6.3 Relação carbono nitrogênio (C/N) da cobertura vegetal	66
5.2.7 Avaliações referentes ao crescimento e desenvolvimento da cultura de milho	67
5.2.7.1 Profundidade de deposição de sementes	67
5.2.7.2 Populações inicial e final de plantas.....	67
5.2.7.3 Índice de sobrevivência	67
5.2.7.4 Diagnose foliar	68
5.2.7.5 Diâmetro dos colmos	68
5.2.7.6 Altura das plantas	68
5.2.7.7 Altura de inserção da primeira espiga	68
5.2.7.8 Índice de espiga	69
5.2.7.9 Comprimento e diâmetro das espigas.....	69
5.2.7.10 Número de fileiras por espiga e número de grãos por espiga.....	69
5.2.7.11 Massa seca das plantas	69
5.2.7.12 Índice de colheita.....	70

5.2.7.13 Massa de mil grãos	70
5.2.7.14 Produtividade de grãos	70
5.2.8 Análise estatística	70
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
6.1 Avaliações referentes ao solo	71
6.1.1 Densidade do solo.....	71
6.1.2 Resistência mecânica do solo à penetração	74
6.1.3 Teor de água do solo.....	78
6.1.4 Análise química do solo	80
6.2 Avaliações referentes à demanda energética	85
6.2.1 Demanda energética na operação de adubação pré-semeadura na cultura do milho.....	85
6.2.2 Demanda energética na operação de semeadura do milho	87
6.2.2.1 Velocidade de deslocamento	87
6.2.2.2 Força na barra de tração.....	88
6.2.2.3 Potência na barra de tração.....	89
6.2.2.4 Capacidade de campo efetiva	91
6.2.2.5 Tempo efetivo demandado	91
6.2.2.6 Consumo específico de energia por área	92
6.2.2.7 Consumo de combustível	93
6.3 Avaliações referentes à cobertura vegetal do solo.....	95
6.3.1 Massa seca e relação carbono/nitrogênio da cobertura vegetal do solo	95
6.3.2 Porcentagem de cobertura do solo.....	96
6.4 Avaliações referentes ao crescimento e desenvolvimento da cultura do milho	99
6.4.1 Profundidade de deposição da semente.....	99
6.4.2 População inicial de plantas	101
6.4.3 População final de plantas.....	103
6.4.4 Índice de sobrevivência	106
6.4.5 Teor de nitrogênio nas folhas de milho	109
6.4.6 Teor de fósforo nas folhas de milho	111
6.4.7 Teor de potássio nas folhas de milho	114

6.4.8	Altura das plantas de milho	116
6.4.9	Altura de inserção da primeira espiga	120
6.4.10	Diâmetro do colmo	124
6.4.11	Comprimento da espiga	127
6.4.12	Diâmetro da espiga	130
6.4.13	Número de fileiras por espiga	132
6.4.14	Número de grãos por espiga	135
6.4.15	Índice de espiga	137
6.4.16	Índice de colheita	140
6.4.17	Massa seca das plantas	142
6.4.18	Massa de mil grãos	144
6.4.19	Produtividade	146
6.5	Considerações finais	152
7	CONCLUSÕES	154
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análise química básica, mais alumínio e enxofre, do solo da camada de 0-0,20 m de profundidade antes da instalação do experimento.	45
Tabela 2. Análise química de micronutrientes do solo da camada de 0-0,20 m de profundidade antes da instalação do experimento.	45
Tabela 3. Precipitação pluvial acumulada (mm) por decêndio e mensal, entre outubro de 2005 e maio de 2007.	46
Tabela 4. Características dos híbridos de milho utilizados no experimento.	48
Tabela 5. Seqüência de atividades realizadas para instalação e condução do primeiro ano do experimento.	58
Tabela 6. Seqüência de atividades realizadas para instalação e condução do segundo ano do experimento.	59
Tabela 7. Teor de água no solo (%) no momento da determinação da resistência mecânica à penetração e da escarificação do solo no primeiro ano de condução do experimento.	79
Tabela 8. Teor de água no solo (%) no momento da semeadura da cultura do milho no primeiro ano de condução do experimento.	79
Tabela 9. Teor de água no solo (%) no momento da determinação da resistência mecânica à penetração e da escarificação do solo no segundo ano de condução do experimento.	80
Tabela 10. Teor de água no solo (%) no momento da semeadura da cultura do milho no segundo ano de condução do experimento.	80
Tabela 11. Resultados das variáveis analisadas referentes à demanda energética obtidos na operação de adubação de pré-semeadura em dois sistemas de manejo do solo.	86
Tabela 12. Velocidade média de deslocamento (km h^{-1}) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.	87
Tabela 13. Força média (kgf) na barra de tração na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.	89

Tabela 14. Força máxima (kgf) na barra de tração na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.....	89
Tabela 15. Potência média (kW) na barra de tração na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.....	90
Tabela 16. Potência máxima (kW) na barra de tração na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.	90
Tabela 17. Capacidade de campo efetiva (ha h^{-1}) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.	91
Tabela 18. Tempo efetivo demandado (h ha^{-1}) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.	92
Tabela 19. Consumo específico de energia por área (kWh ha^{-1}) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.....	93
Tabela 20. Consumo horário de combustível (L h^{-1}) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.....	94
Tabela 21. Consumo de combustível por área (L ha^{-1}) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.	94
Tabela 22. Massa seca (kg ha^{-1}) e relação carbono nitrogênio da cobertura vegetal do solo antes da instalação dos tratamentos no primeiro ano de condução do experimento.	96
Tabela 23. Massa seca (kg ha^{-1}) e relação carbono nitrogênio da cobertura vegetal do solo antes da instalação dos tratamentos no segundo ano de condução do experimento.	96
Tabela 24. Porcentagem (%) de cobertura do solo antes da instalação dos tratamentos no primeiro ano de condução do experimento.....	97
Tabela 25. Porcentagem (%) de cobertura do solo após a semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento	98
Tabela 26. Porcentagem (%) de cobertura do solo antes da instalação dos tratamentos no segundo ano de condução do experimento.	98

Tabela 27. Porcentagem (%) de cobertura do solo após a semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	98
Tabela 28. Profundidade de deposição das sementes de milho (cm) pela semeadora-adubadora em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	100
Tabela 29. Profundidade de deposição das sementes de milho (cm) pela semeadora-adubadora em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	100
Tabela 30a. População inicial de plantas de milho (plantas ha ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	101
Tabela 30b. População inicial de plantas de milho (plantas ha ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	102
Tabela 31a. População inicial de plantas de milho (plantas ha ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	103
Tabela 31b. População inicial de plantas de milho (plantas ha ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	103
Tabela 32a. População final de plantas de milho (plantas ha ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	104
Tabela 32b. População final de plantas de milho (plantas ha ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	104
Tabela 33a. População final de plantas de milho (plantas ha ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	106

Tabela 33b. População final de plantas de milho (plantas ha ⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	106
Tabela 34a. Índice de sobrevivência das plantas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	107
Tabela 34b. Índice de sobrevivência das plantas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	107
Tabela 35a. Índice de sobrevivência das plantas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	108
Tabela 35b. Índice de sobrevivência das plantas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	108
Tabela 36a. Teor de nitrogênio (g kg ⁻¹) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	109
Tabela 36b. Teor de nitrogênio (g kg ⁻¹) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	110
Tabela 37a. Teor de nitrogênio (g kg ⁻¹) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	110
Tabela 37b. Teor de nitrogênio (g kg ⁻¹) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	111
Tabela 38a. Teor de fósforo (g kg ⁻¹) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	112

Tabela 38b. Teor de fósforo (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	112
Tabela 39a. Teor de fósforo (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	113
Tabela 39b. Teor de fósforo (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	114
Tabela 40a. Teor de potássio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	115
Tabela 40b. Teor de potássio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	115
Tabela 41a. Teor de potássio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	116
Tabela 41b. Teor de potássio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	116
Tabela 42a. Altura de plantas de milho (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	117
Tabela 42b. Altura de plantas de milho (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	118
Tabela 43a. Altura de plantas de milho (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	119

Tabela 43b. Altura de plantas de milho (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.....	120
Tabela 44a. Altura de inserção da primeira espiga (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	121
Tabela 44b. Altura de inserção da primeira espiga (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	122
Tabela 45a. Altura de inserção da primeira espiga (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	123
Tabela 45b. Altura de inserção da primeira espiga (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	124
Tabela 46a. Diâmetro do colmo das plantas de milho (mm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.....	125
Tabela 46b. Diâmetro do colmo das plantas de milho (mm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.....	125
Tabela 47a. Diâmetro do colmo das plantas de milho (mm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	126
Tabela 47b. Diâmetro do colmo das plantas de milho (mm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	127
Tabela 48a. Comprimento da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.....	128

Tabela 48b. Comprimento da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.....	128
Tabela 49a. Comprimento da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.....	129
Tabela 49b. Comprimento da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.....	129
Tabela 50a. Diâmetro da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	130
Tabela 50b. Diâmetro da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	131
Tabela 51a. Diâmetro da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	132
Tabela 51b. Diâmetro da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	132
Tabela 52a. Número de fileiras por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.....	133
Tabela 52b. Número de fileiras por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.....	133
Tabela 53a. Número de fileiras por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.....	134

Tabela 53b. Número de fileiras por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.....	134
Tabela 54a. Número de grãos por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.....	135
Tabela 54b. Número de grãos por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.....	136
Tabela 55a. Número de grãos por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.....	137
Tabela 55b. Número de grãos por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.....	137
Tabela 56a. Índice de espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.....	138
Tabela 56b. Índice de espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.....	138
Tabela 57a. Índice de espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.....	139
Tabela 57b. Índice de espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento,.....	139
Tabela 58a. Índice de colheita em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.....	140

Tabela 58b. Índice de colheita em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	141
Tabela 59a. Índice de colheita em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	141
Tabela 59b. Índice de colheita em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	142
Tabela 60a. Massa seca das plantas de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	142
Tabela 60b. Massa seca das plantas de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	143
Tabela 61a. Massa seca das plantas de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	144
Tabela 61b. Massa seca das plantas de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	144
Tabela 62a. Massa de mil grãos de milho (g) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	145
Tabela 62b. Massa de mil grãos de milho (g) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	145
Tabela 63a. Massa de mil grãos de milho (g) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	146

Tabela 63b. Massa de mil grãos de milho (g) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.....	146
Tabela 64a. Produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	148
Tabela 64b. Produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.	149
Tabela 65a. Produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	151
Tabela 65b. Produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.	152

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Extrato do balanço hídrico referente aos anos de condução do experimento.	47
Figura 2. Distribuição dos blocos e dos tratamentos na área experimental.....	57
Figura 3. Curva de compactação do solo da área experimental.	61
Figura 4. Densidade do solo (Mg m^{-3}) em dois sistemas de manejo antes da instalação dos tratamentos em diferentes camadas de profundidade no primeiro ano de condução do experimento.....	72
Figura 5. Densidade do solo (Mg m^{-3}) em dois sistemas de manejo após a colheita do milho em diferentes camadas de profundidade no segundo ano de condução do experimento.	73
Figura 6. Densidade do solo (Mg m^{-3}) no sistema plantio direto antes da instalação do experimento (inicial) e depois da colheita do milho no segundo ano de condução do experimento (final) em diferentes camadas de profundidade.	74
Figura 7. Densidade do solo (MG m^{-3}) no preparo reduzido antes da instalação do experimento (inicial) e depois da colheita do milho no segundo ano de condução do experimento (final) em diferentes camadas de profundidade.	74
Figura 8. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) antes da instalação dos tratamentos no primeiro ano de condução do experimento sob dois sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades.	75
Figura 9. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) após a colheita do milho no segundo ano de condução do experimento sob dois sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades.	76
Figura 10. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) no sistema plantio direto antes da instalação do experimento (inicial) e após a colheita do milho no segundo ano de condução do experimento (final).....	77
Figura 11. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) no preparo reduzido antes da instalação do experimento (inicial) e depois da colheita do milho no segundo ano de condução do experimento (final).....	78

Figura 12. Distribuição dos valores de matéria orgânica (g dm^{-3}) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades.....	82
Figura 13. Distribuição dos valores de fósforo (mg dm^{-3}) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades.....	82
Figura 14. Distribuição dos valores de potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades.....	83
Figura 15. Distribuição dos valores de cálcio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades.....	83
Figura 16. Distribuição dos valores de magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades.....	84
Figura 17. Distribuição dos valores de H + Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades.....	84
Figura 18. Temperatura média e precipitação pluvial durante o primeiro ano de condução do experimento.....	148
Figura 19. Temperatura média e precipitação pluvial durante o segundo ano de condução do experimento.....	150

1 RESUMO

Cada sistema de manejo do solo é trabalhado de maneira própria, alterando de forma diferenciada as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, podendo requerer modificações nas recomendações e no manejo da adubação. Com o objetivo de avaliar o efeito da antecipação da adubação de semeadura, de dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas no desempenho da cultura do milho, foi realizado este estudo. O experimento foi instalado e conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu, nos anos agrícolas de 2005/2006 e 2006/2007, em Nitossolo Vermelho Distroférico. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de manejo do solo (plantio direto e preparo reduzido, caracterizado pela escarificação do solo por meio de equipamento provido de disco de corte da palhada e rolo nivelador/destorroador, trabalhando na profundidade entre 25 e 30 cm), as subparcelas pelas formas de adubação (adubação de pré-semeadura realizada na superfície do solo em área total antes da semeadura do milho e adubação convencional) e as subsubparcelas pelos espaçamentos entrelinhas (90 e 45 cm), totalizando 8 tratamentos. Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparar as médias entre os sistemas de manejo do solo, as formas de adubação, os espaçamentos entrelinhas e os desdobramentos das interações entre esses três fatores. As análises estatísticas demonstraram que o sistema plantio direto apresentou maior

densidade do solo e resistência mecânica do solo à penetração, quando comparado ao preparo reduzido. Na operação de adubação de pré-semeadura os sistemas de manejo do solo não influíram na força de tração na barra, demanda de potência, capacidade de campo específica, tempo efetivo demandado, consumo específico de energia e no consumo horário de combustível; apenas o consumo de combustível por área diferiu entre os sistemas de manejo, sendo maior no preparo reduzido. Na operação de semeadura do milho, constatou-se que o sistema plantio direto exigiu menor força média na barra de tração, menor demanda de potência, menor consumo específico de energia por área, menor consumo horário de combustível e menor consumo de combustível por área. A operação de semeadura do milho com espaçamento de 0,45 m entrelinhas exigiu maior força de tração na barra, requereu maior demanda de potência, maior consumo específico de energia por área e maior consumo horário de combustível. Após a semeadura do milho, o sistema plantio direto manteve a cobertura do solo em torno de 90%, enquanto que no preparo reduzido a cobertura variou de 37% a 52% aproximadamente. Os sistemas de manejo do solo, as formas de adubação e os espaçamentos entrelinhas, como práticas isoladas, não exerceram influência na produtividade de grãos da cultura de milho. A combinação preparo reduzido, adubação convencional e espaçamento de 0,45 m entrelinhas propiciou a obtenção de maiores produtividades.

Palavras-chave: *Zea mays*, plantio direto, preparo reduzido, adubação antecipada, espaçamento reduzido.

FERTILIZER APPLICATION BEFORE SOWING IN THE CORN CROP IN DIFFERENT ROW SPACINGS AND SOIL TILLAGE SYSTEMS. Botucatu. 2009. 180 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ERICK VINICIUS BERTOLINI

Adviser: CARLOS ANTONIO GAMERO

2 SUMMARY

Each soil tillage system is worked in proper way, modifying of differentiated form the chemical, physical and biological soil properties, and may require adaptations of fertilization recommendations and management. This study was conducted to evaluate the effect of sowing fertilization anticipation, two soil tillage systems and two row spacing on performance of the corn crop. The experiment was carried out at the “Faculdade de Ciências Agrônômicas” (FCA), “Universidade Estadual Paulista” (UNESP), Botucatu-SP campus, from October 2005 to May 2007, in a Dystric Nitosol (FAO, 1974). The experimental design was in randomized blocks with split-split-plots and four repetitions. The main plots consisted of two soil tillage systems (no-tillage and reduced tillage with chisel plow with cut disk and planning roll, working at 25 to 30 cm deep), the split-plots of fertilizer application methods (surface fertilizer application before corn sowing and fertilizer application conventional) and split-split-plots of row spacings (0.90 m and 0.45 m), totalizing 8 treatments. Obtained results were analyzed by Tukey 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 reduced tillage. For fertilizer application before corn sowing the soil tillage systems did not influence the traction force, bar power demanded, effective field capacity, demanded time, energy specific consumption and hourly fuel consumption; the reduced tillage showed higher area fuel consumption. For corn sowing it was observed that no-tillage system showed lower traction force, bar power demanded, energy specific consumption, hourly and area consumption of fuel. The 0.45 m row spacing showed higher traction force, bar power demanded, energy specific consumption

and hourly fuel consumption for corn sowing. After corn sowing the no-tillage system kept the soil covering around 90%, whereas in the reduced tillage the soil covering varied of 37% up to 52% approximately. Soil tillage systems, fertilizer application methods and row spacings, as isolated practices, did not influence the corn grain yield. The association of the reduced tillage with fertilizer application conventional and 0.45 m row spacing showed higher corn grain yield.

Keywords: *Zea mays*, no-tillage, reduced tillage, anticipation fertilizer application, narrow row spacing.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho (*Zea mays* L.), que cultivado em todo território nacional, destaca-se por ocupar a segunda maior área cultivada no país e o segundo maior volume da produção de grãos.

Não obstante a importância econômica e social da produção de milho e os ganhos de produtividade atingidos, vários entraves ainda impedem que todo o potencial dessa cultura seja explorado. A produtividade brasileira ainda é baixa e irregular. Dentre os principais motivos desse fato destaca-se a degradação dos solos devido às formas inadequadas e intensivas de cultivo.

A modernização da agricultura tem exigido máquinas maiores e mais potentes, com o objetivo de obter maior capacidade operacional, tendo como propósito lucros imediatos por meio de sistemas intensivos e inadequados de preparo, sem se utilizar das técnicas apropriadas, desconhecendo os prejuízos que isso pode causar ao longo dos anos.

Nas últimas décadas, sistemas conservacionistas de manejo do solo, com destaque para o preparo reduzido e o plantio direto, que desagregam menos o solo e mantêm resíduos vegetais na superfície, vêm se expandindo no Brasil. Um detalhe importante é que no sistema plantio direto toda a dinâmica dos nutrientes é alterada, podendo levar assim, à necessidade de recomendação de adubação e calagem diferenciada para este sistema.

Destaque especial têm-se dado ao nitrogênio, que é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho e também o que mais influência na resposta em

produtividade de grãos, pois quando cultivado em sucessão a espécies com alta relação carbono/nitrogênio (C/N) o milho tem apresentado limitações na absorção de nitrogênio. A principal justificativa é que microrganismos utilizam o nitrogênio presente no sistema para o processo de decomposição desses restos vegetais, reduzindo a oferta desse nutriente ao milho. No entanto, após algum tempo o nitrogênio é mineralizado ficando disponível novamente. Para que haja maior sincronia entre a disponibilização de nitrogênio e os estádios de maior necessidade da planta têm-se sugerido antecipação da adubação.

A antecipação da adubação de semeadura pode tornar mais rápida a operação de semeadura do milho, aumentando o desempenho operacional das máquinas agrícolas envolvidas no processo, uma vez que se eliminariam as interrupções para o reabastecimento das semeadoras com adubo. Entretanto, a aplicação antecipada de fertilizantes fosfatados, potássicos e nitrogenados depende de uma avaliação experimental criteriosa, especialmente no caso do nitrogênio, pois além do tipo de manejo do solo e da relação C/N dos resíduos vegetais, sua viabilidade também é influenciada pela classe de solo, precipitação pluvial, fonte e forma de aplicação do adubo.

Outra forma de promover aumento na produtividade da cultura do milho é a redução do espaçamento entrelinhas, pois com a melhor distribuição das plantas, se aproximando de um espaçamento equidistante, reduz-se a competição intra-específica por luz, água e nutrientes. Mais uma vantagem na adoção dessa técnica, se o milho for cultivado no mesmo espaçamento da soja, seria a eliminação da necessidade de freqüentes ajustes das semeadoras-adubadoras, economizando-se tempo e mão-de-obra.

Assim, por aumentar o desempenho operacional e possibilitar maior disponibilidade de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura do milho, estabeleceu-se a hipótese de que a adubação de pré-semeadura realizada na superfície do solo em área total pode promover acréscimos na produtividade de grãos quando comparada à adubação convencional e que diferentes espaçamentos entrelinhas e sistemas de manejo do solo respondam de maneira diferenciada à antecipação da adubação. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho da cultura do milho mediante dois sistemas de manejo do solo (plantio direto e preparo reduzido), duas formas de adubação (adubação de pré-semeadura e adubação convencional) e dois espaçamentos entrelinhas (0,90 m e 0,45 m).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Manejo do Solo

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 porque, sendo a inicial, refletirá no desenvolvimento e na produtividade das culturas (HÅKANSON, 1994).

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).

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

O preparo de solo, além de oferecer condições favoráveis para o pleno desenvolvimento das culturas, tem como objetivo eliminar camadas compactadas, incorporar e misturar restos de culturas, fertilizantes e corretivos ao solo e nivelar o terreno para que as máquinas utilizadas desde a semeadura até a colheita possam apresentar um bom desempenho (MAZUCHOWSKI; DERPSCH, 1984). A movimentação do solo influencia, ainda, a eficiência de fertilizantes e defensivos agrícolas, o impacto ambiental e a qualidade do solo ao longo do tempo (HÅKANSON, 1994).

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, a 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 (DOREN JÚNIOR; REICOSKY, 1987).

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).

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

Segundo Gamero et al. (1997), os itens que devem ser levados em consideração para a escolha de um ou outro método de preparo são: a classe de solo; a sua declividade e susceptibilidade à 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 na propriedade no ano. Portanto, a forma 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.

Schultz (1987) divide os sistemas de preparo em três grupos: sistema convencional, onde o solo é lavrado e a superfície fica exposta; cultivo mínimo, quando há menor mobilização do solo do que o normalmente utilizado; plantio direto, que consiste em depositar a semente diretamente sob o solo não preparado.

O sistema de preparo do solo chamado 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).

Segundo Ortiz-Cañavate (1980), o preparo do solo pelo método convencional, normalmente, é realizado em duas etapas. Na primeira, mobiliza-se o solo em uma profundidade de até 30 centímetros com arados (discos ou aivecas) ou grades pesadas. Na segunda, a mobilização é mais superficial, geralmente em torno de 15 centímetros, com uma ou mais passadas de grade leve, mesmo que na prática um maior número de operações seja mais freqüente.

Sturny (1987) afirma 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 à estrutura pelo trânsito de máquinas e precipitação pluvial. Já o secundário, visa produzir um leito de semeadura suficientemente destorroado e nivelado, o que deve ser atingido, sempre que possível, por meio de uma única operação. No entanto, 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.

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, destruir-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.

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, a 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).

O preparo reduzido do solo, cuja etimologia origina-se da expressão inglesa “minimum tillage”, visa à menor manipulação possível do solo para a satisfatória semeadura, germinação, estande de plantas, crescimento e a produção de uma cultura, objetivando a redução do tráfego de máquinas sob o terreno cultivado, ou até, a eliminação da severidade de algumas operações (PERTICARRARI; IDE, 1988).

Para Denardin (1984), o preparo reduzido não implica na redução da profundidade de mobilização do solo, mas sim na redução do número de operações necessárias para proporcionar as condições ideais ao estabelecimento de culturas. O princípio básico 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). Nesse sentido, existem muitos sistemas diferentes, devendo-se avaliar a situação local para a escolha adequada (MAGLEBY; SCHERTZ, 1988).

Figueiredo e Magalhães (1992) consideram o escarificador como um equipamento adequado para o rompimento do solo, com menor revolvimento e menor incorporação de restos vegetais de culturas, protegendo sua superfície e melhorando a infiltração de água. O preparo reduzido 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).

O escarificador é um equipamento cuja função é promover a desagregação do solo, no sentido de baixo para cima, realizando mobilização até a profundidade de 35 centímetros; 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).

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.

Segundo Schertz e Becherer (1994), na conceituação de preparo 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. O preparo conservacionista foi definido como um sistema que proporcionasse pelo menos 30% de cobertura da superfície por resíduos culturais após a semeadura (ALLMARAS; DOWDY, 1985; MAGLEBY; SCHERTZ, 1988; ASAE, 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 se refletir 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).

A etimologia plantio direto deriva-se de termo inglês “no tillage”, cujo conceito, inicialmente adotado, significa “sem preparo”, e foi definido por Jones et al. (1968), como procedimento de plantio de certa cultura sobre a cobertura quimicamente morta, ou sobre os resíduos da cultura anterior sem o preparo mecânico do leito de semeadura.

Segundo Muzilli (1985), o sistema 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.

O plantio direto é um método que visa maior conservação do solo e diminuição do tráfego de máquinas tendo como princípio, o plantio diretamente em solo não revolvido (FURLANI, 2000), no qual a mobilização é efetuada apenas na linha de semeadura, mantendo os restos de cultura anterior na superfície (VIEIRA et al., 1991).

Na busca por sistemas de manejo que diminuam a perda de solo e favoreçam o aproveitamento da água, o sistema 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).

O plantio direto procura, fundamentalmente, a substituição gradativa de processos mecânico-químico por processos biológico-culturais, tais como: o uso de produtos químicos ou práticas mecânicas no manejo de culturas destinadas à adubação verde, para formação de cobertura do solo; a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo; a adoção de métodos integrados de controle de plantas daninhas, por meio de cobertura do solo e herbicidas; e o não revolvimento do solo, exceto nos sulcos de semeadura (MUZILLI et al., 1997).

O sistema plantio direto baseia-se em rotação de culturas, caracterizando-se pelo cultivo em terreno coberto por palha. As semeadoras são específicas para o corte da palha, abertura de pequenos sulcos e deposição de sementes e adubo e, as plantas daninhas são controladas quimicamente, de maneira a permitir a manutenção da cobertura morta sobre o solo em quantidade e qualidade adequadas (HERNANI; SALTON, 1997).

O plantio direto surge como tecnologia avançada de uso do solo, proporcionando benefícios comprovados na conservação do solo e na economicidade quando comparado aos sistemas convencionais de cultivo, requerendo, entretanto, maior nível de conhecimentos técnicos (SILVA; RESCK, 1997).

De acordo com Cruz et al. (2007) e Castro (1989), para a instalação do sistema plantio direto, são requisitos básicos: 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, por cultivo mecânico ou por controle químico, de plantas daninhas perenes; não haver alta infestação de plantas daninhas 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; não queimar restos culturais; restos de culturas na superfície devem cobrir pelo menos 50% do solo, ou gerar 4 a 6 toneladas por hectare 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.

Castro (1989); Albuquerque et al. (1995); Ehlers, (2000), Cury, (2000) e Cruz et al. (2007) enumeram uma série de vantagens para o agricultor e o solo advindas com a adoção do sistema plantio direto, dentre elas: 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; aumento da atividade biológica do solo, em função do 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 mantida na superfície do solo induz a redução da evaporação e ao aumento do armazenamento de água no solo, possibilitando 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.

As vantagens ou desvantagens do plantio direto dependem de uma série de fatores e características edafoclimáticas da região e é fundamental que, em cada região, o sistema seja adaptado seguindo suas vocações naturais para torná-lo o mais eficiente possível. Além disso, verifica-se que, à medida que o agricultor se torna mais familiarizado com o sistema plantio direto, novas vantagens são adicionadas e novas alternativas para se resolver os problemas que vão surgindo (CRUZ et al. 2007).

O plantio direto aproxima-se da agricultura sustentável, cuja definição proposta, oficialmente pela FAO, é do manejo e conservação dos recursos naturais, orientando para realização de mudanças tecnológicas e institucionais de maneira a assegurar a satisfação das necessidades humanas de forma continuada para as gerações presentes e futuras. Esse procedimento conserva o solo, a água e os recursos animais e vegetais, não degrada o meio

ambiente, sendo tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável (MUZILLI et al., 1997).

4.2 A cultura do milho

Provavelmente, o milho (*Zea mays* L.) é a mais importante planta comercial com origem nas Américas. Há indicações de que sua origem tenha sido no México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos (DUARTE, 2000). Linneus, em sua classificação de gêneros e espécies, denominou-o de *Zea mays*, que do grego "zeia" significa grão ou cereal e "mays" faz referência em homenagem aos povos Maias que habitavam a América. Existem dados de que o milho na América tem sido cultivado há pelo menos 5.000 anos e logo depois do descobrimento, foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins, até que seu valor alimentício tornou-se conhecido (DUARTE, 2000).

Atualmente, mediante a seleção apropriada de cultivares, bem como o aprimoramento de métodos adequados de manejo, o milho vem sendo cultivado em regiões compreendidas entre 58° de Latitude Norte (Canadá e Rússia) a 40° de Latitudes Sul (Argentina), distribuídas nas mais diversas altitudes, encontrando-se cultivado desde localidades abaixo do nível do mar (Região do Mar Cáspio) até regiões com mais de 2.500 metros de altitude, nos Andes Peruanos (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000).

Comparativamente a outras espécies cultivadas, a cultura do milho tem experimentado avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento agrônomo, principalmente nos ganhos em produtividade propiciados pelo melhoramento genético (PINHO et al., 2001).

Em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, o milho é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo, perdendo em volume apenas para o trigo e o arroz, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria, (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000). Recentemente seu uso se ampliou com a produção de amido, álcool, adoçantes, óleos e agora surge também como fonte de biocombustíveis (AGRIANUAL, 2004).

Cultivado em todo território brasileiro, destaca-se por ocupar a segunda maior área cultivada no país e o segundo maior volume da produção de grãos,

superado apenas pela soja. Segundo Cruz (2004), o incremento na produção de milho se deve mais ao aumento da produtividade do que da área cultivada e, também, pelo maior cultivo do cereal no chamado período “safrinha” ou segunda safra a qual, de acordo com dados do Agriannual (2006), é responsável por aproximadamente 22% da produção.

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho, com participação média em torno de 7% na oferta mundial deste produto. Sua produção é superada pela dos Estados Unidos, primeiro produtor mundial, cuja participação é de aproximadamente 38%, e pela China, cuja produção equivale a 20% da oferta mundial de milho (AGRIANUAL, 2008). O mercado mundial de milho é abastecido basicamente pelos Estados Unidos com 46 milhões de toneladas exportadas, pela Argentina com 14 milhões de toneladas e pela África do Sul com 2,3 milhões de toneladas. A principal vantagem dos EUA e da Argentina, em relação ao Brasil, é de terem uma logística favorável, que no caso dos EUA pode ser decorrente das excelentes estruturas de transporte e da Argentina da proximidade dos portos. O Brasil participa deste mercado, porém, a deficiências da estrutura de transporte até os portos têm prejudicado o país, impedindo uma presença mais constante no comércio internacional de milho (DUARTE et al. 2007).

Apesar de estar entre os três maiores produtores, o Brasil não se destaca entre os países com maior nível de produtividade. No Brasil, em condições experimentais, há relatos de picos de produtividade próximos a 17 toneladas de grãos por hectare (SILVA et al., 2006a), no entanto, o que se observa na prática são produtividades baixas e irregulares, cerca de $3,9 \text{ t ha}^{-1}$ de grãos (CONAB, 2008). Isto demonstra que há um sub-aproveitamento do potencial genético dos cultivares disponíveis atualmente no mercado.

Essa defasagem que existe entre a produtividade média obtida e o que é verificado sob condições de alto manejo pode ser atribuída a diversos fatores, entre os quais estão o manejo inadequado do solo, utilização de genótipos com baixo potencial produtivo e/ou não adaptados a região de cultivo, aplicação inadequada de corretivos e fertilizantes, época de semeadura imprópria, escolha errada do arranjo de plantas, controle inadequado de pragas doenças, plantas daninhas e também os de ordem econômica (SILVA et al. 2006a).

Segundo Souza e Braga (2004), é necessário destacar que a baixa produtividade brasileira do milho não decorre de um atraso tecnológico, mas sim de uma heterogeneidade dos sistemas de produção, visto que há aqueles que produzem de forma

eficiente, obtendo elevada produtividade, e outros cuja produção é conduzida com padrões tecnológicos rudimentares. Segundo os mesmos autores, esse fato tem implicações importantes para a competitividade futura da produção brasileira de milho, pois são maiores as possibilidades de aumento da produtividade no Brasil do que nos países onde o cultivo já emprega toda a tecnologia existente. Conseqüentemente, a transferência das informações dos resultados obtidos pela pesquisa assume papel essencial, criando condições para a atualização e avanço constante daqueles que se dedicam a cultura do milho.

4.3 Desempenho da cultura do milho em diferentes sistemas de manejo do solo

A produtividade de grãos na maioria das culturas sob diferentes manejos do solo depende, dentre outros fatores, das condições climáticas do ano agrícola, da qualidade do manejo, do nível de fertilidade do solo e do estado sanitário da cultura. Por estas razões, tem sido bastante variável o desempenho da cultura do milho sob diferentes sistemas de manejo do solo (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Para Edwards et al. (1988), Hernani (1997) e Uhde et al. (1996), a escarificação é o melhor método de manejo do solo para a cultura do milho. Secco e Reinert (1997) constataram que a mobilização do solo com escarificador proporcionou efeito positivo e estatisticamente significativo na produtividade da cultura do milho em relação ao plantio direto. Mello et al. (1998), ao estudarem a produção de grãos na cultura do milho em cultivo mínimo com escarificação e em plantio direto, verificaram que a produção de grãos nas parcelas escarificadas foi significativamente superior à produção no sistema plantio direto. No entanto, Mahl et al. (2008), Bertolini et al. (2006), Silva (2004), Mahl (2002) e Silva (2000) não verificaram diferenças na produtividade média de grãos da cultura do milho entre o sistema plantio direto e a escarificação do solo.

Gamero (1985), com o objetivo de avaliar os efeitos do cultivo mínimo, preparo convencional e preparos com enxada rotativa sobre características físicas de um Nitossolo Vermelho Distroférico e sobre o desempenho da cultura do milho, constatou que todos os atributos relativos à cultura do milho não diferiram entre o manejo do solo com enxada rotativa e convencional. Todavia, estes tratamentos apresentaram maiores diâmetros de

colmo e produções de grãos por planta, quando foram comparados com o tratamento de cultivo mínimo.

Centurion e Demattê (1992), ao avaliarem o efeito dos sistemas de preparo do solo convencional (aração, gradagens pesada e leve), reduzido (gradagens pesada e leve), semeadura direta, superpreparo (duas arações, gradagens pesada e leve), invertido (gradagem pesada, arado e gradagem leve) e enxada rotativa (gradagem pesada, enxada rotativa e gradagem leve) nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e sobre a produtividade do milho, observaram que a semeadura direta, devido à formação de camadas compactadas próximas à superfície do solo, apresentou as menores produtividades de grãos e que a subsolagem, realizada em metade das parcelas de cada um dos preparos do solo, propiciou melhores condições físicas do solo em todos os sistemas avaliados, mas em termos de produtividade, só foi efetiva no sistema de semeadura direta.

Kluthcouski et al. (2000), com o objetivo de verificar o efeito de quatro sistemas de manejo do solo (plantio direto, grade aradora, escarificação profunda e aração profunda) em um Latossolo Roxo Eutrófico, associados com três níveis de adubação fosfatada e potássica sobre o desempenho das culturas do milho, soja, feijão e arroz sobre plantio direto durante oito anos, verificaram que, na cultura do milho, a produtividade de grãos foi superior na aração em relação aos demais manejos.

Silveira e Stone (2003) estudaram, por seis anos, os efeitos dos sistemas de preparo do solo com arado de aiveca, grade pesada, e plantio direto com quatro rotações de cultura sobre a produtividade de grãos do milho, soja e trigo, em área de Latossolo Vermelho Distrófico irrigada por pivô central, em Santo Antônio de Goiás-GO. Seus resultados mostraram que o sistema de preparo do solo não afetou a produtividade de soja, mas, sim, a de milho e de trigo, tendo o preparo com arado de aiveca propiciado maiores produtividades pela não ocorrência dos aspectos negativos da compactação subsuperficial, conhecida como pé-de-grade, que se verifica no preparo com grade pesada e da compactação superficial que ocorre no plantio direto. Porém, segundo os mesmos autores, as diferenças entre o plantio direto e os demais sistemas de preparo do solo, quanto à produtividade acumulada relativa de milho, diminuíram com o tempo de cultivo.

Em experimento realizado num Latossolo Vermelho Distrófico, em Selvíria-MS, Carvalho et al. (2004) avaliaram a produtividade do milho em sucessão a

mucuna-preta, guandu, crotalária e milheto e pousio no sistema plantio direto e convencional, verificando que o sistema convencional de preparo do solo propiciou maior produtividade do milho em ano com ocorrência de veranico e que a crotalária cultivada na primavera proporcionou aumento de 18,5% na produtividade do milho em sucessão, comparada à área de pousio, em ano com precipitação normal, tanto em plantio direto, quanto em preparo convencional do solo.

Ferri e Vidal (2004), com o objetivo de avaliar a eficácia de controle das plantas daninhas com o herbicida acetochlor em Argissolo Vermelho, conduzido sob semeadura direta e preparo convencional, na presença ou ausência de palha, verificaram que a altura das plantas de milho foi maior na semeadura direta e a produtividade de grãos de milho foi maior no preparo convencional.

Furlani et al (1999) obtiveram maiores produtividades de grãos no preparo convencional, seguido pela escarificação e semeadura direta. Este último apresentou menor altura de planta, diâmetro de colmo e altura de inserção da espiga.

Piffer (2008) verificou que os sistemas de manejo convencional e mínimo resultaram em 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. Segundo o autor, o desempenho da cultura do milho foi prejudicado no plantio direto devido aos altos valores de densidade e de resistência mecânica à penetração do solo observados nesse sistema. Sene et al. (1985) e Canarache (1990) sugerem que valores de resistência à penetração do solo acima de 2,5 MPa começam a restringir o pleno crescimento das raízes.

Santos et al. (2006) observaram que o preparo convencional produziu cerca de 600 kg ha⁻¹ de grãos a mais quando comparado com o plantio direto, justificando este resultado ao fato de que era o primeiro ano de instalação do plantio direto e assim, conseqüentemente, esse sistema ainda não estava totalmente estabilizado do ponto de vista físico e biológico.

Silva e Alves (2002), ao compararem o efeito provocado pelo sistema plantio direto, preparo convencional e reduzido do solo nas características fenológicas e na produtividade do milho, verificaram que no primeiro ano de cultivo a produtividade de milho

foi maior nos sistemas com preparo convencional e com escarificador, porém, no segundo ano o plantio direto obteve maior produtividade, comparado com o preparo com escarificador.

Fernandes et al. (2007) avaliaram a produtividade de culturas e os atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distrófico típico submetido aos sistemas convencional (grade pesada e grade leve), reduzido (escarificador) e plantio direto. Seus resultados mostraram que para a produtividade de milho houve diferença significativa entre manejo de solo e entre anos de cultivo. Em 1996, a semeadura direta apresentou menor produtividade quando comparada aos demais manejos. No entanto, na safra seguinte foi observado o inverso, com maiores produtividades obtidas no sistema plantio direto e menor nos preparos convencional e reduzido. Os autores relatam que entre os anos, a diminuição da produtividade de grãos no preparo convencional e reduzido foi devido à degradação das propriedades físicas do solo, e o aumento da produção no plantio direto devido à estabilidade do solo proporcionada por este sistema.

Favarin e Fancelli (1992) não encontraram diferenças na produtividade do milho entre o preparo convencional do solo e o sistema plantio direto no primeiro ano de sua implantação. Já Gonçalves (2003) observou que o preparo convencional apresentou maior produção de grãos em relação ao plantio direto no primeiro ano, com equivalência no segundo e terceiro anos. Em muitos casos, a adequação ao sistema plantio direto pode acarretar a uma queda de produtividade, atingindo em longo prazo produtividades mais elevadas. Também Santos et al. (1998) e Bicudo e Santos (1999) relatam que no primeiro ano de cultivo, na maioria das vezes, a cultura do milho apresenta produtividades no sistema plantio direto semelhantes ou inferiores às obtidas no sistema de preparo convencional.

Após 25 anos de experimentos com plantio direto Dick et al. (1991), verificaram que as produções da cultura do milho foram menores no plantio direto nos primeiros anos de cultivo, aumentando seu potencial a partir do terceiro ano de implantação do sistema. No entanto, em estudo de 20 anos, Ismail et al. (1994) encontraram maior produtividade de grãos de milho sob preparo convencional nos primeiros 12 anos, o que se inverteu nos anos seguintes, fato atribuído pelos autores à elevação da matéria orgânica no solo sob sistema plantio direto.

Corsini e Ferraudó (1999) observaram que a subsolagem com aração e gradagem aumenta a porosidade da camada superficial do solo, bem como o potencial de

desenvolvimento radicular. Já o sistema plantio direto nos três primeiros anos agrícolas diminui a porosidade e o potencial de desenvolvimento radicular da camada superficial do solo; somente a partir do quinto ano agrícola é que esses parâmetros começam a aumentar. Os benefícios da manutenção desse sistema conservacionista nos valores de macroporosidade e densidade na camada superficial do solo iniciaram-se no quarto ano agrícola. A partir daí aumentam, atingindo no oitavo ano agrícola consecutivo valores semelhantes aos obtidos após as operações mecânicas realizadas.

Fernandes et al. (1999), num Latossolo Vermelho-Escuro, verificaram maior produtividade de grãos e palhada na cultura do milho em sistema plantio direto quando comparado com sistemas convencionais com arado de aivecas ou de discos seguidos por gradagens leves e atribuíram os resultados à melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo promovida pelo sistema plantio direto ao longo de oito anos.

Kaneko et al. (2008) conduziram um experimento em Selvíria-MS, em Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico sob vegetação anterior formada por cerrado, com o intuito de estudar o efeito dos sistemas de manejo convencional, com grade pesada e grade leve, reduzido, com escarificador seguido por grade leve e plantio direto, associados ao manejo do nitrogênio e espaçamentos entrelinhas do milho. Seus resultados demonstram que o plantio direto proporcionou maior produtividade de grãos independente do espaçamento e do manejo do nitrogênio utilizado e também os valores médios de massa seca de plantas e população final foram maiores nesse sistema de manejo.

Possamai et al. (2001), com o objetivo de avaliar os efeitos dos sistemas de semeadura direta, preparo do solo com arado de aivecas seguido de duas gradagens leves, arado de discos seguido de duas gradagens leves, grade pesada seguida de duas gradagens leves e enxada rotativa, num Argissolo Vermelho-Amarelo, sobre a produtividade e características agronômicas do milho safrinha, observaram que o sistema de semeadura direta proporciona menor número de dias para florescimento, maiores populações de plantas, maior diâmetro de colmo, maior altura de plantas, maior altura de inserção da primeira espiga, maior número de espigas por hectare, maior índice de espigas de milho e maior produtividade e, portanto, se constitui no manejo do solo mais adequado para o cultivo do milho safrinha na região de Viçosa-MG.

Arf et al. (2007), em experimento conduzido num Latossolo Vermelho Distrófico típico, verificaram que na safra 2001/2002 o sistema plantio direto e o preparo convencional, por meio de grade pesada ou arado de aivecas seguidos de duas gradagens leves, não diferiram em relação à produtividade de milho. Na safra seguinte o sistema plantio direto promoveu maior produtividade de milho em relação ao preparo convencional.

Model e Anghinoni (1992), trabalhando em um solo Podzólico Vermelho-Escuro franco-argiloso com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes modos de aplicação de adubos e sistemas de manejo do solo no desempenho do milho, observaram que a altura e a massa seca das plantas milho não diferiram em função dos manejos, porém maior produtividade de grãos foi obtida no sistema plantio direto em comparação o com sistema convencional.

Bertolini et al. (2008) utilizando-se de métodos de análise multivariada, com o objetivo de avaliar o efeito da antecipação da adubação de semeadura nos sistemas plantio direto e preparo reduzido com escarificação do solo em três cultivares de milho, verificaram que tanto os sistemas de manejo do solo quanto às épocas de adubação exerceram pouca ou nenhuma influência na formação dos grupos, sendo estes originados, principalmente, a partir das diferenças genéticas existentes entre os cultivares de milho utilizados.

Figueiredo et al. (2005), com o objetivo de avaliar o efeito de oito sistemas de manejo do solo e épocas de incorporação dos restos vegetais sobre a absorção de nitrogênio pelo milho num Latossolo Vermelho em Planaltina-DF, observaram que o milho sob sistema plantio direto ou sob cultivo mínimo com escarificação apresenta, em geral, maiores concentrações de nitrogênio nos grãos, nitrogênio total, nitrogênio derivado do fertilizante mineral e nitrogênio derivado do solo. No entanto não foi observada diferença significativa na produtividade de grãos de milho entre os sistemas de manejo do solo avaliados.

Pauletti et al. (2003) avaliaram o desempenho da cultura do milho em um Latossolo Vermelho Distrófico típico submetido a quatro sistemas de manejo do solo, plantio direto, preparo convencional (uma aração mais duas gradagens leves), preparo mínimo (gradagem média mais gradagem leve) e plantio direto com escarificação a cada três anos

realizada no inverno, e observaram que a produtividade de grãos não foi influenciada pelos diferentes sistemas de manejo de solo.

Borghini et al. (2004), em trabalho realizado num Latossolo Vermelho Distrófico em Selvíria-MS, não observaram diferença na produtividade de milho entre os sistemas de preparo convencional do solo (uma aração e duas gradagens), reduzido (escarificação) e plantio direto, instalados na área experimental há cinco anos.

Com o objetivo de avaliar os atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho Argiloso sob diferentes sistemas de manejo do solo Secco et al. (2005) verificaram que a produtividade das culturas da soja e milho não diferiu significativamente entre os sistemas plantio direto contínuo, plantio direto com escarificação a cada três anos, plantio direto no verão com escarificação no outono/inverno, preparo conservacionista com escarificador mais grade niveladora e plantio convencional com arado de discos mais grade niveladora, indicando que para essas culturas mudanças no estado estrutural do solo não comprometeram sua produtividade.

Silva (2007), num Argissolo Acinzentado, observou que os sistemas de plantio na palha, assim denominado porque não constituía um sistema plantio direto contínuo sendo realizadas operações de preparo do solo periodicamente, e convencional, caracterizado pelo uso de arado e grade, não diferiram quanto à produtividade das culturas de feijão, soja e milho.

Furtado (2005), em experimento conduzido num Nitossolo Vermelho Distroférico com parcelas compostas por plantio direto em todas as safras, arado de disco em todas as safras, grade pesada em todas as safras, escarificador em todas as safras, arado de disco em duas safras sendo usado escarificador na terceira safra, grade pesada em duas safras e arado de disco na terceira safra, grade pesada em duas safras e escarificador na terceira safra e grade pesada na primeira safra, escarificador na segunda e arado de disco na terceira, não observou diferenças nos componentes de produção e na produtividade da cultura de milho entre as médias dos oito sistemas de preparo do solo que avaliou.

Muzilli et al. (1983), ao comparar os efeitos do preparo convencional, caracterizado por uma aração e duas gradagens, e do plantio direto sobre o desempenho do milho em experimentos instalados nos municípios de Londrina-PR, num Latossolo Roxo Distrófico, e em Carambeí-PR, num Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico, verificou que o

plantio direto proporcionou maior velocidade de emergência, crescimento inicial mais uniforme e vigoroso e menos danos por acamamento, maior índice de quebraimento de colmos e redução na produtividade de grãos por deficiências de nitrogênio mais acentuadas, com diminuição desses efeitos na rotação com soja. No entanto, na média de quatro safras consecutivas, as produtividades de milho entre plantio direto e plantio convencional foram similares.

Azooz et al. (1995), ao estudarem o efeito de sistemas de preparo e manejo de resíduos no desenvolvimento do milho na região Centro-Oeste dos Estados Unidos, não encontraram diferenças significativas na matéria seca, índice de área foliar e produtividade das plantas de milho sob cultivo convencional e plantio direto.

Kapusta et al. (1996), ao estudarem a produção da cultura do milho após vinte anos de preparo convencional e semeadura direta, verificaram que a população final de plantas foi menor no plantio direto, porém, não houve diferenças na produtividade entre os sistemas de manejo.

Bertolini (2005), ao avaliar os efeitos do sistema plantio direto e preparo reduzido com escarificação num Nitossolo Vermelho Distroférico, demonstrou que os sistemas de manejo do solo não influíram na população inicial e final de plantas, teores de N, P e K presentes no tecido foliar, diâmetro do colmo das plantas, altura das plantas e de inserção da primeira espiga, índice de colheita, índice de espiga, diâmetro e comprimento da espiga, número de fileiras e de grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade. Também Pereira (2000), Gonçalves (1999), Marques (1999), Siqueira (1999) e Moraes e Benez (1996) não observaram diferenças na produtividade de milho entre os sistemas de manejo de solo que estudaram em Nitossolo Vermelho Distroférico.

Leite (2002), em experimento conduzido num Nitossolo Vermelho Distroférico, não observou influência dos sistemas de manejo do solo (convencional – uma gradagem pesada e duas leves, reduzido – escarificador com rolo destorroador, e plantio direto) na produtividade de grãos de milho.

Silva (2000), com o objetivo de comparar o desempenho de variedades e híbridos de milho nos sistemas de preparo convencional (grade pesada e grade leve), preparo reduzido (escarificador) e plantio direto, observou que os sistemas de preparo do solo não proporcionaram diferenças significativas no diâmetro do colmo, altura das plantas, altura de

inserção da primeira espiga, número de plantas acamadas, matéria seca das plantas de milho, matéria seca total e produtividade. Também observou que a produtividade das variedades de milho não diferiu em função dos sistemas de preparo.

Andrioli et al. (2008) avaliaram, num Latossolo Vermelho Distrófico, o efeito de doses de nitrogênio e de espécies de plantas de cobertura, cultivadas em pré-safra, no fornecimento de N e na produtividade de milho em plantio direto e verificaram que o milho em plantio direto após crotalária e em preparo convencional não diferiram entre si e apresentaram valores superiores de massa seca, de N na parte aérea e produtividade de grãos quando comparados ao milho cultivado em plantio direto após lablabe ou após milheto, que também não diferiram entre si. Os autores relatam que a menor produtividade no sistema plantio direto após milheto e após lablabe possivelmente se deve ao menor acúmulo de nitrogênio, 72,2 e 54,5 %, respectivamente, em relação aos tratamentos que tiveram a crotalária antecedendo o milho. Associada a isso, a relação C/N do milheto é superior à crotalária, resultando em menor velocidade de decomposição dos restos culturais do milheto e mineralização do N, diminuindo a disponibilidade de N nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho.

Suzuki e Alves (2004), com o objetivo de avaliar a produção de milho sob influência de dois sistemas de manejo do solo, direto e convencional (grade pesada e grade leve) e diferentes coberturas do solo, mucuna-preta, milheto, crotalária, guandu e área de vegetação espontânea, verificaram que quando foi utilizado o milheto como planta de cobertura, o plantio direto proporcionou melhor resposta na produtividade de grãos de milho comparado ao preparo convencional e que as plantas de cobertura, dentro de cada sistema de preparo do solo, não influíram na produtividade de grãos de milho.

Bayer et al. (1998) observaram que os métodos de preparo do solo não afetaram a produtividade do milho e mencionam que se podem obter benefícios adicionais na conservação do solo com a adoção plantio direto ou preparo reduzido. Também Silva (2004) constatou que a produtividade do milho não foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo. No entanto, fazendo uma média aritmética entre os dois anos de condução do experimento, sem realizar análise estatística, o autor relata que o preparo reduzido com escarificação apresentou maior produtividade, seguido pelo plantio direto e preparo convencional. Ainda segundo Silva (2004), caso seja necessário mobilizar o solo, há vantagem em se utilizar o

sistema preparo reduzido, pois este mantém maior quantidade de palha na superfície e tem maior capacidade de campo, resultando em menor uso de energia por hectare.

Levien (1999) verificou que os sistemas conservacionistas, plantio direto e escarificado, apesar de terem promovido menor produtividade da cultura do milho em relação ao sistema convencional, possibilitaram maior retorno financeiro devido aos menores custos de produção. Já Marques (1999) verificou que apesar do milho não responder aos sistemas de manejo do solo, quanto à produtividade, o plantio direto mostrou-se mais adequado por apresentar menor consumo de combustível e menor uso específico de energia por área.

4.4 Adubação da cultura do milho no sistema plantio direto

Cada sistema de manejo do solo é trabalhado de maneira própria, alterando de forma diferenciada as propriedades do solo. A mínima mobilização do solo no sistema plantio direto promove decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, resultando em melhorias das condições físicas, químicas e biológicas no solo, as quais podem repercutir na fertilidade do solo e na produtividade das culturas (MOODY et al., 1961), levando assim, à necessidade de recomendação de adubação e calagem diferenciada para este sistema.

De acordo com Mielniczuk (2005), a maior parte das pesquisas de fertilidade do solo no Brasil foi desenvolvida com preparo convencional do solo, caracterizado por arações e gradagens, sendo necessário rever muitos conceitos em virtude da rápida evolução dos manejos conservacionistas, com ênfase para o sistema plantio direto.

O sistema plantio direto é um importante modificador da concentração e da distribuição dos nutrientes no perfil do solo. Enquanto o sistema convencional resulta numa distribuição mais uniforme de nutrientes na camada mecanizada, devido ao revolvimento desta, no sistema plantio direto fica caracterizado o acúmulo de nutrientes na camada superficial (HOLANDA et al., 1998).

Segundo Schlindwein e Anghinoni (2000) no sistema plantio direto, onde a aplicação dos insumos feita em linhas (na subsuperfície do solo) ou a lanço (na superfície) e a deposição superficial dos resíduos das culturas promovem alterações na taxa de

decomposição da matéria orgânica e a liberação dos nutrientes na superfície do solo, ocorre a formação de gradientes em atributos químicos a partir da superfície do solo, que se intensifica com o tempo de cultivo.

As concentrações de nutrientes em diferentes profundidades no perfil do solo estão associadas às características do sistema de manejo do solo, ao grau de mobilidade de cada nutriente e à classe de solo, o que implica em mudanças ao longo do tempo. Um dado nutriente considerado de baixa mobilidade, sendo colocado na superfície do solo, tende a acumular-se em curto prazo. Todavia, com o transcorrer do tempo, parte deste nutriente será transportada para camadas mais profundas (PARRA, 1986). Pode-se ressaltar ainda que diferentes sistemas de rotação e sucessão de culturas, assim como plantas de cobertura, podem também influir neste parâmetro.

4.4.1 Adubação fosfatada e potássica

Diversos autores verificaram que, com o passar dos anos de implantação do sistema plantio direto, ocorre um acúmulo de fósforo na camada superficial do solo (MUZILLI, 1983; SIDIRAS; PAVAN, 1985; RHEINHEIMER; ANGHINONI, 2001; SILVEIRA et al., 2000; CENTURION et al., 1985; SANTOS et al., 1995; MERTEN; MIELNICZUK; 1991; LAURENTIS; 2000; SANTOS; SIQUEIRA, 1996; SANTOS; TOMM, 1996; SANTOS et al., 2003; e SANTOS; TOMM, 2003). Em áreas cultivadas sob longo período com o sistema plantio direto, a adição sucessiva de fertilizantes fosfatados, associada à intensa atividade microbiana na camada superficial de solo coberto por resíduos vegetais, pode favorecer o carreamento vertical desse nutriente pelo movimento de compostos orgânicos de P no perfil de solo (DICK, 1983). Segundo Maria e Castro (1993), teores de fósforo no solo, sob plantio direto, foram significativamente mais elevados até 0,05 m de profundidade, indicando acúmulo desse elemento a partir do terceiro ano, sendo que na camada de 0,05-0,10 m, só ocorreu no sétimo ano.

Outro aspecto que cabe ressaltar é que no sistema plantio direto, ocorre o aumento de matéria orgânica nos horizontes superficiais, em decorrência da deposição de palhada, decrescendo com a profundidade. Uma das principais características que influem na adsorção de P é a matéria orgânica (GONÇALVES et al., 1985), a qual interage com os óxidos

de Al e Fe, resultando em redução dos sítios de fixação, por causa do recobrimento da superfície desses óxidos por moléculas de ácidos húmicos, acético e málico, ou pela formação de compostos na solução do solo. Ocorre, assim, uma tendência de menor fixação e, portanto, maior aproveitamento pela planta do P oriundo da adubação fosfatada. Tokura et al. (2002) verificaram que com o tempo de cultivo sob plantio direto, em uma mesma classe de solo, a participação das formas de P não-lábeis, em relação ao P total, tendeu a diminuir, sendo acompanhada por um aumento relativo das formas mais lábeis. Shear e Moschler (1969), comparando o milho sob plantio direto ao sob preparo convencional, observaram que na camada de 0-0,05 m de profundidade os teores de fósforo disponível foram quatro vezes superiores no plantio direto do que no plantio convencional.

Também o potássio no sistema plantio direto tem seus maiores teores no solo na camada de 0-0,05 m de profundidade, quando comparados ao sistema convencional de cultivo (MUZILLI, 1983; SIDIRAS; PAVAN, 1985; CENTURION et al., 1985; ELTZ et al., 1989; MERTEN; MIELNICZUK, 1991; SANTOS; SIQUEIRA, 1996; SANTOS; TOMM, 1996; SILVEIRA et al., 2000; LAURENTIS, 2000 e SANTOS; TOMM, 2003), podendo significar maior disponibilidade para as culturas, desde que exista água para o fluxo do elemento.

De acordo com Marschner (1995), o K é o segundo nutriente mineral requerido pelas plantas em termos de quantidade e não possui função estrutural no metabolismo vegetal, permanecendo quase totalmente na forma iônica nos tecidos. Como o K, nos restos vegetais, não fica incorporado às cadeias carbônicas da matéria orgânica do solo, após a colheita ou senescência das plantas ele volta rapidamente ao solo em forma prontamente disponível para as culturas (RAIJ et al., 1997), fazendo da palhada um reservatório expressivo de K no curto prazo no sistema plantio direto (ROSOLEM et al., 2003).

Rosolem et al. (2006) observaram que a palha de milho presente na superfície do solo com a chuva aumentou a quantidade de K nos primeiros 0,02 m de profundidade, mas diminuiu a lixiviação do nutriente na coluna do solo em relação ao tratamento com ausência de palha na superfície devido à liberação de ácidos orgânicos da palha que podem ter atuado como ligantes proporcionando maior retenção do K nas camadas mais superficiais do solo.

Santos et al. (2008) relatam que o acúmulo de P extraível e K trocável na camada superficial sob plantio direto tem sido mais benéfico na nutrição das espécies em estudo do que na camada 0,10 a 0,20 m, dos sistemas de preparo convencionais de solo, por estar mais prontamente disponível na camada de maior absorção de nutrientes pelas raízes das plantas.

Devido essa maior disponibilidade de P e K proporcionada pelo plantio direto ao longo do tempo, especula-se sobre a possibilidade de se reduzir as doses de fertilizantes fosfatados e potássicos sem afetar a produtividade das culturas, desde que, superados os intervalos críticos desses nutrientes no solo (LOPES et al., 2004).

Outra alternativa no manejo da adubação fosfatada e potássica no sistema plantio direto é a aplicação antecipada, o que possibilitaria maior rendimento na operação de semeadura do milho (PÖTTKER; WIETHÖLTER, 1999). Dessa forma, Pavinato e Ceretta (2004) evidenciaram a baixa probabilidade de resposta em produtividade de grãos à adubação com fósforo e potássio em solo com altos teores destes nutrientes, comprovando que, nestas condições, a aplicação na cultura de inverno da adubação que seria utilizada na cultura de verão em sucessão, pode ser justificada pelas facilidades operacionais da adubação em sistemas.

Bertolini (2005), em um Nitossolo Vermelho Distroférico, não verificou diferença do teor de fósforo e potássio presente no tecido foliar quando comparou a antecipação a adubação de semeadura em 22 dias e a adubação convencional. No entanto, Brunetto et al. (2000) verificaram que, em relação à época de aplicação de potássio, há uma tendência de menor produtividade de milho quando determinada parte ou todo o nutriente é aplicado na cultura antecessora.

4.4.2 Adubação nitrogenada

Quando o sistema plantio direto é adotado toda a dinâmica dos nutrientes é alterada, inclusive a do N, especialmente pelo aumento da matéria orgânica do solo (MACHADO, 1976; PARRA, 1986; SÁ, 1993) e manutenção da cobertura morta com conseqüente aumento da atividade biológica (CATTELAN; VIDOR, 1990; BALLOTA et al., 1996), com reflexos na sua disponibilidade para os cultivos em sucessão, especialmente os de

gramíneas, como o milho (MUZILLI, 1983; SIDIRAS; PAVAN, 1985; PÖTTKER; ROMAN, 1994; AMADO et al., 2000).

A disponibilidade de nitrogênio no solo está vinculada, entre outros fatores, à relação carbono/nitrogênio (C/N) dos resíduos culturais. De modo geral, em sucessão a gramíneas o milho absorve menos N resultando em menor produtividade de grãos. Isso é atribuído, principalmente, à alta relação C/N das gramíneas, pois no processo de decomposição de seus restos culturais, os microrganismos utilizam grande parte do N mineral presente no sistema, diminuindo a sua disponibilidade para o milho (VICTORIA et al., 1992).

Mai et al. (2003) comprovaram que no plantio direto, quando o milho é cultivado em sucessão à aveia-preta (com alta relação carbono/nitrogênio), os 20 a 30 kg ha⁻¹ de N que são recomendados para a cultura por ocasião da semeadura podem ser insuficientes para atender às necessidades das plantas de milho nos estádios iniciais de seu desenvolvimento. Também Silva et al. (2006b) demonstraram que, para o milho em sucessão ao milheto e ao pousio no sistema plantio direto, a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura foi insuficiente para suprir a demanda da planta e dos microrganismos para a decomposição dos resíduos vegetais. Vargas et al. (2005) demonstraram que a imobilização microbiana do nitrogênio foi maior no sistema plantio direto, resultando em menor quantidade de nitrogênio mineral no solo e em menor acúmulo de nitrogênio na parte aérea do milho em sucessão à aveia-preta, em comparação com o preparo convencional.

Segundo Argenta e Silva (1999), para contornar a deficiência de N no cultivo do milho no sistema plantio direto, principalmente em sucessão a gramíneas, destacam-se três estratégias: o aumento da dose da adubação nitrogenada, o atraso da época de semeadura do milho após a dessecação da cultura de antecessora e a antecipação da adubação nitrogenada do milho para os estádios iniciais de desenvolvimento da cultura antecessora ou no seu manejo (pré-semeadura do milho).

Maiores respostas do milho à adubação nitrogenada têm sido observadas com o aumento das doses. Gomes et al. (2007), ao avaliar o efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto, verificaram que a maior dose estudada, 150 kg ha⁻¹ de N, proporcionou maiores produtividade de grãos, teor de N nas folhas, peso de grãos por espiga e altura de plantas.

Lourente et al. (2007) avaliaram, em um Latossolo Vermelho Distroférico submetido ao segundo ano do sistema plantio direto, o efeito das culturas antecessoras (aveia-preta, trigo, nabo forrageiro, ervilhaca peluda e pousio de inverno), doses (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹) e fontes (sulfato de amônio e uréia) de nitrogênio nos componentes de produção e teor de nitrogênio foliar do milho. Esses autores observaram que a máxima produtividade de milho, no sistema plantio direto, foi obtida quando semeada em sucessão ao trigo e aveia-preta nas doses, estimadas na regressão, de 140 e 137 kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente. O milho, semeado após o nabo forrageiro, pousio e ervilhaca peluda não atingiu produtividade máxima para as doses testadas.

Silva et al. (2006c), ao estudar o efeito de diferentes doses de nitrogênio em cobertura (0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹) na cultura do milho em sucessão a aveia-preta, nabo forrageiro e ervilhaca peluda, verificaram que sobre aveia-preta, o milho respondeu positivamente à adubação nitrogenada, com máxima eficiência técnica na dose de 205 kg ha⁻¹. Sobre nabo forrageiro, também há respostas à adubação nitrogenada, porém podem-se utilizar menores doses para a máxima eficiência técnica (175 kg ha⁻¹). O milho cultivado após ervilhaca peluda não respondeu à adubação nitrogenada, no entanto, resultou em maior produtividade do que em sucessão à aveia-preta e nabo forrageiro.

Em experimento conduzido num Latossolo Vermelho Distroférico no município de Dourados-MS, com o objetivo de avaliar o efeito das culturas de ervilhaca peluda e de nabo forrageiro como antecessoras e de diferentes doses de N em cobertura (0, 50, 100, 150 e 200 kg de N ha⁻¹) no milho, Ohland et al. (2005) verificaram que a adição de 200 kg ha⁻¹ de N em cobertura promoveu o maior acréscimo de produtividade na cultura do milho, independente das culturas de cobertura antecessoras.

Oliveira e Caires (2003), com o objetivo de avaliar diferentes doses (30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹), fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cobertura, em um Latossolo Vermelho Distrófico, no município de Tibagi-PR, demonstraram que a adubação nitrogenada em cobertura aumentou linearmente a produção de milho até a dose de 120 kg ha⁻¹ de N, mostrando que para a obtenção de altas produtividades de milho, após o cultivo de aveia-preta, no sistema plantio direto, é necessário o suprimento de doses elevadas de N. O aumento na produção de milho, em função da adubação nitrogenada em cobertura, esteve relacionado com o aumento do número de grãos por espiga e da massa de mil grãos.

Cruz et al. (2008) avaliaram o efeito da aplicação de diferentes doses (0, 40, 80, e 120 kg ha⁻¹ de N) de nitrogênio em cobertura sobre os componentes de produção e a produtividade da cultura do milho cultivado em sistema plantio direto num Latossolo Amarelo coeso Distrófico. Seus resultados mostram que a utilização da maior dose (120 kg ha⁻¹ de N) promoveu maior produtividade de grãos permitindo ao agricultor retorno econômico da adubação nitrogenada e que tanto os híbridos como a variedade utilizados demonstraram alta eficiência na utilização do N aplicado, sendo os híbridos mais responsivos que a variedade.

Silva et al. (2006b) avaliaram o desempenho do milho, em sucessão a plantas de cobertura no sistema plantio direto, com diferentes doses de N e observaram que as produtividades de grãos aumentaram de forma quadrática de acordo com as doses de N aplicadas, em ambos os anos agrícolas. No primeiro ano agrícola a máxima produtividade foi alcançada com as dose de 133, 142 e 170 kg ha⁻¹ de N no milho cultivado em sucessão à crotalária (8.599 kg ha⁻¹), pousio (7.642 kg ha⁻¹) e milheto (7.569 kg ha⁻¹), respectivamente. No segundo ano agrícola, a máxima produtividade foi atingida com as dose de 160, 173 e 172 kg ha⁻¹ de N, no milho cultivado em sucessão à crotalária (8.966 kg ha⁻¹), pousio (7.991 kg ha⁻¹) e milheto (8.016 kg ha⁻¹), respectivamente.

Silva et al. (2005a), com o objetivo de avaliar diferentes doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e épocas de aplicação de N (todo na semeadura, todo no estágio de 4 a 6 folhas, todo no estágio de 8 a 10 folhas, metade na semeadura e metade no estágio de 4 a 6 folhas, metade semeadura e metade no estágio de 8 a 10 folhas e metade no estágio de 4 a 6 folhas e metade no estágio de 8 a 10 folhas) na cultura do milho sob sistema plantio direto recém-instalado em um Latossolo Vermelho Distrófico, observaram que a máxima eficiência técnica para a produtividade de milho foi alcançada com a dose de 166 kg ha⁻¹ de N, e a máxima eficiência econômica, considerando a relação preço do N/preço do produto de 8,25/1, foi alcançada com a dose de 126 kg ha⁻¹ de N, aplicada metade na semeadura e metade no estágio de 4 a 6 folhas.

Silva et al. (2006d), com o objetivo de avaliar o manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho, observaram que a produtividade de grãos, no ano agrícola 2001/2002, aumentou de forma quadrática em função das doses de N aplicadas, e a máxima eficiência técnica foi alcançada com as doses 144, 149 e 161 kg ha⁻¹ de N, para o milho cultivado em sucessão à crotalária,

pousio e milheto, respectivamente. Na safra seguinte, não houve interação entre os tratamentos, e a máxima produtividade de grãos foi alcançada com 174 kg ha^{-1} de N.

Collier et al. (2006) ao avaliar o manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi-TO, verificaram que a maior produtividade de milho foi obtida com 100 kg ha^{-1} de N sob palhada de crotalária, enquanto valor semelhante só foi obtido com 250 kg ha^{-1} de N sob palhada de feijão de porco.

Argenta et al. (1999) conduziram um experimento com o objetivo de avaliar, em dois locais, os efeitos da dose e época de aplicação de N em milho (0-0; 0-160; 30-130 e 60-100 kg ha^{-1} , respectivamente, na semeadura e em cobertura), em sistema de semeadura direta, implantado em duas épocas, após a dessecação (1 e aos 20 dias) de duas coberturas de solo no inverno (aveia-preta e ervilhaca comum) e pousio invernal, sobre a produtividade de grãos. Seus resultados demonstraram que o aumento na dose de N na semeadura de 30 para 60 kg ha^{-1} não afetou a produtividade de grãos, independente do fator testado; a produtividade de grãos de milho em sucessão à aveia-preta não é potencializado em relação ao obtido em sucessão à ervilhaca nas condições de Eldorado do Sul, mesmo com a aplicação de 160 kg ha^{-1} de N enquanto que em Passo Fundo, a produtividade de grãos obtido em sucessão à aveia é similar ao em sucessão à ervilhaca comum.

Bastos et al. (2008) conduziram experimentos em Latossolo Amarelo Álico no sistema plantio direto, nos municípios de Baixa Grande do Ribeiro-PI e São Raimundo das Mangabeiras-MA, com o objetivo de definir a forma de parcelamento do adubo nitrogenado e as doses de N para maximizar a produção econômica de grãos de milho no sistema plantio direto, nos cerrados do Meio-Norte do Brasil. Em Baixa Grande do Ribeiro, a produtividade econômica de grãos de milho ($6,14 \text{ t ha}^{-1}$) foi alcançada com 114 kg ha^{-1} de N e em São Raimundo das Mangabeiras, a produtividade de grãos aumentou linearmente com a elevação da dose de nitrogênio, obtendo-se $7.691,8 \text{ kg ha}^{-1}$ com 180 kg ha^{-1} de N.

Argenta e Silva (1999) afirmam que o aumento da dose de N na semeadura do milho em plantio direto após aveia-preta é uma estratégia eficiente em solos com baixos teores de matéria orgânica.

O atraso da época de semeadura do milho, após a dessecação das coberturas de solo no inverno, baseia-se no fato de que durante o crescimento inicial há pouca disponibilidade de N no sistema, principalmente quando em sucessão a gramíneas. Com a

continuidade da decomposição dos resíduos, parte da fração carbonada facilmente oxidável é perdida na forma de CO₂, enquanto o N é conservado pela formação de massa celular microbiana, diminuindo a razão C/N do solo. Passada a fase mais ativa da decomposição, uma fração do N que foi imobilizado inicialmente poderá ser novamente mineralizado após a morte de parte dos microrganismos, aumentando o N disponível no solo. Neste sentido, a determinação da época de semeadura mais adequada para o milho, após a dessecação das coberturas de solo no inverno, poderá ser uma estratégia de manejo a ser adotada visando à implantação desta cultura em épocas mais favoráveis, em que haja menor competição por N com os microrganismos (ARGENTA; SILVA, 1999).

Argenta et al. (1999), ao avaliar o efeito de duas épocas de semeadura do milho (1 e aos 20 dias), após a dessecação da aveia-preta, em Eldorado do Sul, em quatro sistemas de manejo de N, verificou que o atraso de 20 dias aumentou a produtividade de grãos de milho em 34%. Segundo o autor, as diferenças na produtividade de grãos de milho entre as épocas de semeadura, após a dessecação, em Eldorado do Sul, devem ser atribuídas ao efeito da cobertura da aveia-preta, e não à época diferencial de semeadura, pois a produtividade foi semelhante entre as épocas nos tratamentos correspondentes ao pousio invernal.

Corrêa et al. (2008) realizaram um experimento em condições controladas de casa de vegetação e amostras deformadas de um Latossolo Vermelho Distroférico com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes intervalos de dessecação (0, 7, 14 e 21 antes da semeadura do milho) e uso de diferentes tipos de plantas de cobertura (crotalária, milheto e braquiária) na fertilidade do solo, no teor nutricional e no crescimento inicial da cultura do milho. Esses autores verificaram que o maior intervalo entre a dessecação e a semeadura do milho aumentou o teor de matéria orgânica, P e K no solo, sendo que o teor desses dois nutrientes no solo depende da planta de cobertura em questão. Também observaram que o milho apresentou maior absorção de N, P e K em razão do maior intervalo de dessecação das plantas de cobertura tendo seu o crescimento favorecido em razão dos maiores intervalos de dessecação das espécies de cobertura, devendo ser respeitado o intervalo superior a 14 dias para maior disponibilidade de nutrientes às plantas.

Neves et al. (1999), avaliaram, num Podzólico Vermelho-Escuro Distrófico, o desempenho da cultura do milho semeado com 1, 5, 9, e 13 dias após a dessecação da aveia-preta com a utilização dos herbicidas glifosate e da mistura paraquat mais

diuron. Os autores observaram que a tanto a utilização dos herbicidas para dessecação de aveia-preta quanto os intervalos de tempo entre dessecação da aveia-preta e semeadura do milho não afetaram o crescimento inicial nem a produtividade do milho.

Muraishi et al. (2005) ao avaliar o desempenho do milho e da soja em sucessão ao arroz, sorgo, *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha*, milheto e capim pé-de-galinha, dessecados química ou mecanicamente aos 4 ou 38 dias de antecedência em relação à semeadura das culturas do milho e da soja, verificaram que, para a cultura do milho, os intervalos entre o manejo das coberturas e a semeadura não influenciaram na produtividade, no entanto, maiores produtividades foram obtidas quando o manejo das culturas de cobertura foi realizado por meio mecânico e menores sobre os resíduos de sorgo.

A antecipação da adubação nitrogenada do milho, como mencionado anteriormente, pode ser realizada por duas estratégias: nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura antecessora ou no seu manejo (pré-semeadura do milho). A primeira estratégia tem por objetivo armazenar N no tecido vegetal da cultura instalada anteriormente, permitindo, a partir da mineralização da sua fitomassa, maior absorção de N pelo milho cultivado em sucessão. Outro objetivo é o de acelerar a posterior decomposição dos restos culturais, diminuindo o efeito negativo no milho de altas relações C/N, além de proporcionar a liberação mais precoce de N (ARGENTA; SILVA, 1999). Já o principal argumento da aplicação do nitrogênio em pré-semeadura do milho é que o N pode ser imobilizado momentaneamente por microrganismos durante o processo de decomposição dos resíduos culturais, em especial pelos de alta relação C/N, e se tornar disponível para a cultura do milho posteriormente nos estádios de maior demanda, pois os fatores que favorecem a mineralização do N retido na fração orgânica – alta temperatura e umidade – são os mesmos que promovem o crescimento do milho (CANTARELLA; DUARTE, 2004).

A alternativa de se aplicar o N em pré-semeadura do milho tem despertado grande interesse porque, além de evitar a imobilização temporária do N do fertilizante, apresenta algumas vantagens operacionais, como maior flexibilidade no período de execução da adubação, pelo maior rendimento operacional de máquinas, pela maior facilidade de distribuição a lanço, economia de tempo e de mão-de-obra, menor custo operacional de máquinas e redução no gasto de combustível, lubrificante e reparos (CERETTA, 1998; COELHO et al., 2002).

Sá (1996) observou na região de Campos Gerais no Paraná, onde há distribuição regular de chuvas durante o inverno promovendo a formação de uma espessa cobertura de palha que permanece sobre o solo durante o verão, que a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N na aveia proporcionou a mesma produtividade de milho que a aplicação na semeadura do milho. Isso indica que o N dos resíduos de aveia-preta apresentou rápida ciclagem no solo, tornando-se disponível para a planta. O tratamento com a aplicação de todo o N até a semeadura (90 kg ha⁻¹ no manejo mecânico da aveia-preta mais 30 kg ha⁻¹ na semeadura do milho) promoveu resultado estatisticamente semelhante ao tratamento com parcelamento (30 kg ha⁻¹ na semeadura mais 90 kg ha⁻¹ em cobertura), indicando um fluxo de N mais estável no solo e com picos de imobilização mais baixos.

Bertolini (2005), com o objetivo de avaliar o efeito da adubação de pré-semeadura na cultura do milho em um Nitossolo Vermelho Distroférrico, constatou que as épocas de adubação não influenciaram na populações inicial e final de plantas, índice de espiga, plantas quebradas, diâmetro do colmo, altura da planta, produtividade, massa seca das plantas de milho, índice de colheita, massa de mil grãos, comprimento da espiga, diâmetro da espiga, número de filas por espiga, número de grãos por espiga e os teores fósforo e potássio nas folhas de milho e influenciaram a altura de inserção da primeira espiga e teor de nitrogênio nas folhas, com menores valores observados na adubação de pré-semeadura.

Pauletti e Costa (2000), ao estudarem o efeito da adubação nitrogenada na semeadura da aveia-preta (0 e 30 kg ha⁻¹ de N) associada com diferentes épocas de aplicação do N no milho em sucessão (sem N; 30 kg ha⁻¹ na semeadura mais 90 kg ha⁻¹ em cobertura na sexta folha; 90 kg ha⁻¹ no manejo da aveia mais 30 kg ha⁻¹ na semeadura e; 120 kg ha⁻¹ no manejo da aveia mais 30 kg ha⁻¹ na semeadura) no sistema plantio direto, observaram que a aplicação antecipada do N no milho mostrou-se tão eficiente quanto à aplicação após a emergência do milho, independente da forma de manejo da aveia, mecânico com rolo-faca em Castro, ou químico com herbicida em Ponta Grossa.

Gomes et al. (2007), avaliando o efeito de seis épocas de aplicação de N (antecipada 15 dias antes da semeadura – 15 DAS; semeadura; 30 dias após a semeadura, em cobertura; semeadura mais 30 DAS, em cobertura; semeadura mais 30 e 45 DAS, em cobertura; e antecipada mais semeadura mais 30 DAS em cobertura) e quatro doses (25, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) em um Latossolo Vermelho Distrófico em sistema plantio direto há 10

anos, não encontraram diferença significativa na produtividade de grãos de milho entre as épocas de aplicação da adubação nitrogenada.

Da Ros et al. (2003) verificaram que, apesar do parcelamento da adubação nitrogenada parte na semeadura e o restante em cobertura ter aumentado a disponibilidade de N nos estádios de maior demanda deste nutriente pela cultura do milho, em um Latossolo Vermelho Distrófico submetido a seis anos de plantio direto, a adubação antecipada não diferiu da convencional em relação à produção de matéria seca, N acumulado e produtividade grãos das culturas de milho e trigo.

Pöttker e Wiethölter (2004), em experimento conduzido em um Latossolo Vermelho Distrófico típico com o objetivo de avaliar aplicações de N antes da semeadura, na semeadura e na semeadura mais cobertura e métodos de aplicação, a lanço na superfície e incorporado na linha de semeadura, verificaram que a incorporação de N em relação à aplicação a lanço, tanto em pré-semeadura, na semeadura ou em cobertura, proporcionou acréscimos de 5% na produtividade de grãos de milho. Considerando o efeito médio dos tratamentos, os autores relatam que a aplicação de N alguns dias após a dessecação de aveia-preta, totalmente no momento da semeadura de milho, ou na semeadura e em cobertura são práticas viáveis no sistema plantio direto.

Cabezas et al. (2005), em estudo realizado com o intuito de quantificar o N imobilizado no sulco de adubação dos fertilizantes uréia e sulfato de amônio, aplicados em pré-semeadura e cobertura, 43 dias antes e 31 dias depois da semeadura respectivamente, e seus efeitos na produtividade do milho em sucessão à aveia-preta no sistema plantio direto, em um Latossolo Vermelho Ácrico típico fase cerrado subcadocifólio muito argiloso, observaram que a máxima imobilização na aplicação em pré-semeadura ocorreu aos 19 dias da aplicação do sulfato de amônio e aos 40 dias da aplicação da uréia e que o sulfato de amônio apresentou maior rapidez na ciclagem do nitrogênio imobilizado-mineralizado (“turnover”), em relação à uréia, e, conseqüentemente, causou maior assimilação do N pelo milho. Na adubação em cobertura somente ocorreu imobilização do nitrogênio da uréia, retardando a sua assimilação pela planta, em relação ao nitrogênio do sulfato de amônio. Os autores também verificaram que, independentemente da época de aplicação do fertilizante nitrogenado, maiores produtividades de grãos de milho são obtidas pela utilização do sulfato de amônio. Com relação às épocas de semeadura, Cabezas et al. (2005) relatam que a adubação de pré-

semeadura é uma alternativa viável sob o ponto de vista operacional, desde que se tenha precipitação pluvial regular até a semeadura do milho.

Cabezas et al. (2007), no segundo ano do experimento com sulfato de amônio e uréia marcados com ^{15}N aplicados na cultura do milho, em sucessão à aveia-preta, no sistema plantio direto, 33 dias antes e 10 dias depois da semeadura, na dose de 80 kg ha^{-1} de N, verificaram que na aplicação em pré-semeadura, a máxima imobilização foi observada aos 22 dias da aplicação do sulfato de amônio e aos 11 dias da aplicação da uréia e que o sulfato de amônio apresenta maior rapidez na ciclagem do N imobilizado-mineralizado (“turnover”) e maior produtividade de grãos de milho, independentemente da época de aplicação, comprovando os resultados anteriormente observados por Cabezas et al. (2005).

Mai et al. (2003), em experimento instalado em solo sob plantio direto por seis anos, verificaram redução na produtividade quando todo N que seria aplicado em cobertura foi antecipado para pré-semeadura do milho. No entanto, quando 35 kg ha^{-1} de N, que seriam aplicados em cobertura no milho, foram aplicados em pré-semeadura, houve um acréscimo de 8% na eficiência do manejo de N, embora isso tenha acontecido quando houve complementação de N em cobertura.

Herbes et al. (2000) evidenciaram o comprometimento da produção de matéria seca do milho, com reflexos negativos sobre a produtividade de grãos, quando realizaram a aplicação antecipada de todo o N que seria aplicado em cobertura no milho para época de perfilhamento da aveia-preta. Os mesmos autores ainda afirmam que, mesmo quando o N foi aplicado após a dessecação da aveia-preta, ficou demonstrada a importância da manutenção da aplicação de N em cobertura no milho.

Amado et al. (2003), verificaram um efeito positivo da adubação nitrogenada aplicada na aveia sobre a nutrição e sobre o desempenho do milho cultivado em sucessão, embora nenhuma das doses avaliadas foi suficiente para alcançar o desempenho obtido no tratamento com pousio e N aplicado em cobertura no milho. Assim, mesmo que a adubação nitrogenada na aveia tenha contribuído para o incremento da disponibilidade de N à cultura em sucessão, o deslocamento total dessa adubação para a aveia não foi uma estratégia eficiente para atender plenamente à demanda do milho.

Rossato et al. (2003), verificaram a baixa produtividade de grãos quando se retira parte da adubação em cobertura do milho para por na aveia. Da Ros et al.

(2003) e Mai et al. (2003) afirmam que o parcelamento da adubação nitrogenada, aplicada parte na semeadura e o restante em cobertura para a cultura do milho no sistema plantio direto, mostrou ser ainda a melhor alternativa, pois aumentou a disponibilidade de N no solo nos estádios de maior demanda deste nutriente pela cultura de milho.

Nascimento (2008) verificou que na sucessão soja/aveia/milho a associação de 60 kg ha⁻¹ de N na aveia e 60 kg ha⁻¹ de N no milho, proporcionaram produtividades superiores quando comparadas à aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no milho associado à ausência de aplicação na aveia, indicando a importância da adubação em pré-semeadura e que na sucessão milho/aveia/milho 30,8 kg ha⁻¹ de N na aveia e a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N no milho, foi a combinação de doses que permitiu ao milho expressar seu maior potencial produtivo.

Sangoi et al. (2007) avaliaram os efeitos de dois sistemas de preparo de solo e da época de aplicação de N sobre a produtividade de grãos do milho num Nitossolo Vermelho, com 54 g kg⁻¹ de matéria orgânica, em Lages-SC, nas safras 1999/2000, 2000/2001 e 2001/2002. Os autores observaram que a aplicação de todo o N antes ou durante a semeadura do milho diminuiu o número de grãos por espiga em 2000/2001 e 2001/2002, bem como número de espigas por planta em 2001/2002, o que reduziu a produtividade de grãos. Esses autores também verificaram que a resposta do milho à época da adubação nitrogenada, antecipada ou em cobertura, não foi afetada pelos sistemas de preparo do solo convencional e direto. Resultados semelhantes foram obtidos por Bertolini et al. (2008) quando compararam o plantio direto com o preparo reduzido.

Bortolini et al. (2001), em um Argissolo Vermelho Distrófico típico manejado há quatro anos com o sistema plantio direto, instalaram um experimento com o objetivo de avaliar sete sistemas de aplicação de N em milho, que constaram de 0-30-150, 150-30-0, 75-30-75, 0-30-60, 60-30-0, 30-30-30 e 0-30-0, correspondendo, respectivamente, às quantidades de N em kg ha⁻¹ aplicadas em pré-semeadura, no momento da dessecação da aveia-preta, na semeadura e em cobertura do milho, e verificaram que com a antecipação da aplicação dose total de N da cobertura para a época de pré-semeadura a produtividade de grãos de milho foi menor em relação à obtida com a aplicação na época convencional, principalmente sob alta disponibilidade hídrica e com elevada dose de adubação nitrogenada.

Ceretta et al. (2002) verificou que a aplicação em pré-semeadura do milho de parte ou todo o nitrogênio que seria aplicado em cobertura não conferiu produtividade de grãos diferente da aplicação na semeadura e cobertura, mas a ocorrência de precipitações pluviais acima da normal pode causar diminuição na produtividade de grãos. Por isso, a aplicação de nitrogênio na semeadura e em cobertura no milho é preferencial.

Em anos com distribuição normal das precipitações pluviais Basso e Ceretta (2000), trabalhando em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico, observaram que a antecipação da adubação nitrogenada promoveu incrementos na produtividade do milho cultivado em sucessão a aveia-preta. Na ocorrência de precipitações pluviais intensas, como as observadas durante o fenômeno "El Niño", do ano agrícola de 1997/98, os mesmos autores observaram que a produtividade de grãos de milho foi inferior com a adubação de pré-semeadura. Resultados semelhantes foram observados por Pöttker e Wiethölter (2004). No entanto, Wolschick et al. (2003), em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico, não observaram diferença na produtividade de grãos das plantas submetidas à aplicação de N em pré-semeadura e à aplicação parcelada nas mesmas condições pluviais daquele ano agrícola, provavelmente porque estes utilizaram doses mais elevadas de N em pré-semeadura e ao menor intervalo de tempo entre a aplicação de N e a semeadura em relação àqueles autores.

Cabezas et al. (2007) não constataram diferença na produtividade entre as épocas de aplicação da adubação nitrogenada, numa condição regular de precipitação pluvial, e assim relatam a possibilidade do produtor do cerrado obter bons resultados com a antecipação da adubação, visto que a probabilidade de chuvas intensas é menor em relação ao sul do país em solos de textura argilosa.

Silva et al. (2005b), em experimento conduzido com o objetivo de avaliar épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado em Montividiu-GO, observaram menor produtividade de milho na aplicação do N em pré-semeadura. Os autores atribuem esse fato à elevada precipitação pluvial, ocorrida no intervalo entre a aplicação de pré-semeadura e os estádios iniciais de desenvolvimento do milho, que favoreceu a percolação do N para as camadas mais profundas do solo, ficando este fora do alcance das raízes, principalmente na fase inicial, quando as raízes exploram um pequeno volume de solo.

Outro fator que pode interferir no aproveitamento da adubação pela cultura do milho é a escolha do cultivar. Bertolini et al. (2008) verificaram que no sistema plantio direto com adubação de pré-semeadura o cultivar DKB 333B obteve maior produtividade em relação à adubação realizada no momento da semeadura e o inverso foi constatado para os cultivares CO 32 e AL Bandeirante, indicando que diferentes cultivares de milho respondem de maneira diferenciada à antecipação da adubação no sistema plantio direto.

4.5 Espaçamento entrelinhas e o desempenho da cultura do milho

Segundo Argenta et al. (2001a), o arranjo espacial das plantas de milho constitui-se em prática de manejo importante para obtenção de produtividades próximas ao potencial produtivo da cultura. O arranjo de plantas pode ser manipulado através de alterações na densidade de plantas, no espaçamento entrelinhas, na distribuição de plantas na linha e na variabilidade entre plantas (emergência desuniforme).

O aprimoramento do manejo da cultura, associado ao uso de híbridos de alto potencial produtivo, contribuiu para o aumento da densidade de plantas e a redução do espaçamento entrelinhas. Tais mudanças também foram viabilizadas por algumas modificações verificadas nas plantas, como os decréscimos no tamanho de pendão, número de plantas estéreis sob altas densidades, taxa de senescência foliar durante o enchimento de grãos, maior sincronia entre pendoamento e espigamento sob condições de estresse, menor estatura, número de folhas e acamamento de colmos e redução no ângulo de inserção das folhas no colmo (ARGENTA et al., 2001a).

A redução do espaçamento entre as linhas de semeadura possibilita otimizar a eficiência da interceptação da luz através do aumento da área foliar por unidade de área (índice foliar) ainda nos estádios fenológicos iniciais; reduzir a competição intra-específica por luz, água e nutrientes; aumentar a qualidade de luz interceptada pelas plantas e finalmente, incrementar a produção de matéria seca e grãos. A redução da competição intra-específica dá-se pela equidistância entre plantas, enquanto que a qualidade da luz é consequência da uniformidade da disposição de plantas (MOLIN, 2000).

Strieder et al. (2007) demonstraram que a redução do espaçamento entrelinhas para 0,40 a 0,60 m, em relação aos espaçamentos tradicionais de 0,80 a 1,00 m, apenas se justifica para alguns híbridos, quando os tetos de produtividades de grãos são superiores a 8 a 9 t ha⁻¹ e quando a densidade é maior que 4,5 plantas m⁻². Argenta et al. (2001b) relatam que o aumento da produtividade de grãos de milho decorrente da distribuição mais uniforme das plantas com redução do espaçamento entrelinhas verifica-se principalmente em híbridos de ciclo superprecoce e de baixa estatura.

A redução dos espaçamentos entrelinhas também é benéfica do ponto de vista de conservação dos recursos naturais, pois promove melhor a cobertura do solo e de maneira mais rápida, reduzindo as perdas de água por evaporação (MUNDSTOCK, 1978), pelo escoamento superficial e de solo por erosão (SILVA et al. 2006a). Além disso, Balbinot Júnior. e Fleck (2005a) mencionam que a adoção de espaçamentos mais reduzidos entre fileiras na cultura de milho, com maior grau de equidistância entre plantas, aliada à utilização de genótipos mais competitivos, pode reduzir a interferência de plantas daninhas e facilitar o manejo das mesmas e, assim, diminuir a utilização de herbicidas, preservando o potencial de produtividade de grãos. A adoção destas práticas pode tornar o manejo de plantas daninhas na cultura do milho mais econômico, racional e ambientalmente correto. Também Trezzi et al. (2008) menciona que a adoção de espaçamentos reduzidos é uma estratégia de grande importância no controle sustentável de plantas daninhas, sobretudo para híbridos de milho com arquitetura mais ereta.

Outra vantagem da redução do espaçamento é a utilização mais eficiente de máquinas, principalmente de semeadoras, pois possibilita a semeadura do milho no mesmo espaçamento da soja e também maior velocidade de semeadura em relação ao espaçamento tradicional. Por outro lado, o uso de espaçamentos mais estreitos pode dificultar a realização de tratamentos culturais em pós- emergência (ARGENTA et al., 2001a).

Kaneko et al. (2008), ao avaliarem o manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em dois espaçamentos entrelinhas, verificaram que para o espaçamento de 0,45 m entrelinhas o melhor desempenho ocorreu com o sistema plantio direto, seguido pelo uso do escarificador mais grade niveladora, sendo a menor produtividade obtida com a grade pesada mais grade niveladora. Com o espaçamento de 0,90 m a maior produtividade também foi obtida no sistema plantio direto, entretanto não houve diferenças entre grade pesada mais

grade niveladora e escarificador mais grade niveladora. Nos sistemas de plantio direto e escarificação mais grade leve a produtividade de milho não diferiu entre os espaçamentos de 0,90 e 0,45 m entrelinhas, entretanto, com o uso da grade pesada mais grade leve, a maior produtividade foi obtida com o espaçamento de 0,90 m.

Com o objetivo avaliar o efeito da redução do espaçamento entrelinhas e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho, em um Latossolo Vermelho Eutroférico no município de Cascavel-PR, Deparis et al. (2007) observaram que a redução do espaçamento entrelinhas de 0,90 m para 0,45 m, mantendo a mesma população por área, proporcionou aumento da produção de biomassa seca total, melhor distribuição espacial das plantas, maior eficiência na absorção de nitrogênio e potássio e maior eficiência no uso de N e K no grão. No entanto, a produtividade de grãos não diferiu entre os espaçamentos estudados.

Santos et al. (2007), no município de Coimbra-MG em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico submetido ao sistema plantio direto, evidenciaram que a competição intra-específica, ocasionada pela redução do espaçamento entre fileiras, foi mais intensa no espaçamento de 1,00 m do que no espaçamento de 0,50 m, proporcionando ganho de produtividade no espaçamento reduzido.

Argenta et al. (2001b), num Argilossolo Vermelho Distrófico em Eldorado do Sul-RS, verificaram que o efeito da redução do espaçamento entrelinhas sobre a produtividade de grãos dependeu do híbrido utilizado e da densidade de plantas. Em um dos experimentos, observaram efeito significativo do espaçamento entrelinhas no híbrido C 901, que aumentou linearmente a produtividade de grãos com redução do espaçamento de 1,00 m para 0,40 m. De acordo com a análise de regressão, para cada 0,20 m de redução do espaçamento entrelinhas houve incremento de 716 kg ha⁻¹ da produtividade de grãos de milho. Já o híbrido XL 212 não teve sua produtividade influenciada pela alteração do espaçamento entrelinhas. Em outro experimento, os mesmos autores constataram que na densidade de 50.000 plantas por hectare, os híbridos de milho C 901 e XL 214 aumentaram linearmente a produtividade de grãos à medida que se reduziu o espaçamento entrelinhas de 1,00 m para 0,40 m. Para cada 0,20 m de redução do espaçamento entrelinhas esses autores observaram que houve incrementos na produtividade de grãos de 280 e de 130 kg ha⁻¹ para os híbridos C

901 e XL 214, respectivamente. No entanto, na densidade de 65.000 plantas por hectare, não houve efeito do espaçamento sobre a produtividade de grãos, nos dois híbridos.

Schwantes et al. (2007) conduziram um experimento no sistema plantio direto com objetivo avaliar o efeito da redução do espaçamento entrelinhas sobre características agronômicas de quatro híbridos de milho em plantio de safrinha em Toledo-PR, num Latossolo Vermelho. Seus resultados demonstraram que a utilização da redução de espaçamento entrelinhas de 0,76 m para 0,38 m aumentou a massa de mil grãos, porém não proporcionou aumento de produtividade de grãos. Esses autores ainda observaram que com a redução de espaçamento ocorreu maior quebraamento de colmo nos híbridos de arquitetura foliar horizontal.

Penariol et al. (2003), quando compararam, em Jaboticabal-SP, o desempenho agrônômico de cultivares de milho com características contrastantes, o híbrido simples modificado AG-9010 e a variedade BR 473, em três espaçamentos entrelinhas (0,40; 0,60 e 80 m) e três densidades de semeadura (40, 60 e 80 mil plantas por hectare) na safrinha, verificaram que, apesar da redução do espaçamento entrelinhas ter proporcionado menores alturas de planta e de inserção de espiga, o espaçamento de 0,40 m entrelinhas possibilitou maior produção de grãos para os dois cultivares de milho estudados.

Pinho et al. (2008), em estudo realizado num Latossolo Vermelho Distroférico em Dianópolis-TO, para avaliar adubação nitrogenada, densidade e espaçamento no desempenho de híbridos de milho em sistema plantio direto, verificaram que o espaçamento de 0,45 m proporcionou maior produtividade de grãos, independentemente da densidade de plantas e do híbrido de milho.

Com o objetivo de estudar o comportamento de cultivares de milho, submetidas a dois espaçamentos entrelinhas e a duas densidades de plantas, num Latossolo Vermelho-Escuro, em Lavras-MG, Alvarez et al. (2006) verificaram que a redução do espaçamento entrelinhas de 0,90 m para 0,70 m proporciona maiores produções de matéria seca e de grãos de milho, independentemente do ano de plantio e da densidade de plantas.

Strieder et al. (2007), com o objetivo de avaliar a resposta de quatro híbridos de milho irrigado a alterações no espaçamento entrelinhas e na densidade de plantas, sob alto nível de manejo, relataram que os híbridos "Flash" e "Garra", de folhas eretas, apresentaram produtividades de grãos superiores aos verificados nos híbridos "Attack" e

"Penta", de folhas decumbentes, quando submetidos à redução do espaçamento entrelinhas e ao aumento na densidade de plantas. Também Trezzi et al. (2008) verificou que a diminuição do espaçamento para híbridos com folhas decumbentes reduziu a produtividade de grãos.

Merotto Júnior et al. (1997), em experimento conduzido no município de Lages-SC num Cambissolo Úmico Álico, demonstraram que a diminuição do espaçamento entrelinhas de 1,0 m para 0,75 m não foi eficiente no aumento da produtividade de grãos, e não afetou nenhum dos componentes da produtividade.

Flesch e Vieira (2004) conduziram dois experimentos, um com híbrido de ciclo precoce e outro com híbrido de ciclo normal, em Chapecó-SC num Latossolo Roxo Distrófico, com o objetivo de determinar a densidade populacional e espaçamento entre fileiras ideais para milho. Nos dois experimentos não foram detectados efeitos do espaçamento e nem da interação espaçamento e população sobre os componentes da produtividade de grãos. Os dois híbridos responderam ao aumento da população de plantas, apresentando máxima eficiência técnica ao redor de 74.000 plantas ha⁻¹. O híbrido de ciclo precoce foi mais produtivo a 0,70 e 0,85 m do que a 1,15 m, enquanto a produtividade do híbrido de ciclo normal não diferiu entre os espaçamentos.

Barbieri et al. (2005), visando à produtividade e a produtividade industrial dos híbridos MD2001 e MD2002 de milho doce em função de espaçamentos e populações de plantas, reportaram que para obtenção de espigas com comprimento mínimo de 150 mm, o espaçamento e a população de plantas mais adequados foram 0,60 m e 67 mil plantas ha⁻¹, respectivamente. Nestas condições de manejo, o híbrido MD2001 apresentou maior produtividade de espigas e grãos, enquanto que o híbrido MD2002 apresentou melhor produtividade industrial.

Strieder et al. (2008), em experimentos conduzidos em Eldorado do Sul-RS, num Argissolo Vermelho Distrófico típico, com o objetivo de avaliar os espaçamentos de 0,4 e 0,8 m, híbrido de folha ereta e de folha decumbente e duas densidades (5 e 6,6 plantas m⁻², 6,2 e 8,3 plantas m⁻² e 6,5 e 8 plantas m⁻², respectivamente, nos sistemas de manejo médio, alto e muito alto), observaram que o índice de área foliar e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada variam com o espaçamento, mas dependem de estágio fenológico, densidade e arquitetura foliar e sistema de manejo. Já a senescência foliar não variou de acordo com o espaçamento, independentemente do sistema de manejo, densidade e

híbrido. Menores espaçamentos aumentaram a produtividade apenas no sistema de manejo muito alto.

Num Latossolo Vermelho Distrófico em Canoinhas-SC, com o objetivo de avaliar a eficiência do milho em competir com plantas daninhas mediante redução do espaçamento entrelinhas da cultura Balbinot Júnior. e Fleck (2005b) verificaram que para os dois genótipos, a redução do espaçamento entre fileiras diminuiu a massa produzida pelas plantas daninhas, porém o efeito desse fator foi mais intenso com o híbrido AS-1544 do que com a variedade Cateto. À medida que o espaçamento entre fileiras foi reduzido, houve aumento da produtividade de grãos do híbrido, tanto na presença quanto na ausência de plantas daninhas; contudo, para a variedade 'Cateto' o aumento de produtividade ocorreu apenas na presença de plantas daninhas quando o espaçamento entre fileiras diminuiu. Trezzi et al. (2008) relataram que o espaçamento de 0,45 m favoreceu a infestação de plantas daninhas na linha do milho, enquanto no espaçamento de 0,90 m as maiores infestações foram observadas nas entrelinhas da cultura.

Amaral Filho et al. (2005), ao avaliarem a combinação de dois espaçamentos entre as linhas (0,80 e 0,60 m) com três densidades populacionais (40, 60 e 80 mil plantas ha⁻¹) e quatro doses de N em cobertura (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ N) na cultura do milho, observam que a maior produtividade de grãos foi obtida de acordo com as doses crescentes de N em cobertura juntamente com o espaçamento entrelinhas de 0,80 m e 80.000 plantas ha⁻¹.

Ao estudar o desempenho dos híbridos de milho FORT e AGN 30A00, nos espaçamentos 0,80 e 0,40 m e submetidos às populações de 60.000 e 70.000 plantas ha⁻¹, Pereira et al. (2008) concluíram que nem a redução do espaçamento nem o aumento da densidade de plantas, como práticas isoladas, proporcionaram incremento na produtividade de grãos, para as cultivares testadas; entretanto, a combinação da redução no espaçamento com o aumento na população de plantas resultou em significativo incremento na produtividade de grãos do híbrido FORT.

A fim de avaliar o efeito da redução do espaçamento entrelinhas (0,50; 0,75 e 1,00 m), duas épocas de semeadura (semeadura antecipada em primeiro de outubro e normal em 15 de novembro) em dois híbridos de milho (um híbrido simples superprecoce e um duplo tardio) num solo classificado com Oxisol no município de Lages-SC, Sangoi et al.

(2001), concluíram que a redução do espaçamento de 1,00 para 0,50 m aumentou linearmente a produtividade de grãos, sendo estes maiores na semeadura antecipada. O tipo de planta e o ciclo do híbrido utilizado não interferiram na resposta do milho à redução do espaçamento.

Demétrio (2008), com a finalidade de avaliar a influência de espaçamentos entrelinhas e da densidade populacional em dois híbridos de milho no município de Jaboticabal-SP num Latossolo Vermelho Eutrófico típico, verificou que o melhor arranjo espacial de plantas, para os híbridos 30K73 e 30F80 foi de 0,40 m de espaçamento entre as linhas e de 75 e 80 mil plantas ha⁻¹ de densidade populacional, respectivamente.

Silva (2004), em experimento instalado num Nitossolo Vermelho Distroférico em Botucatu-SP, com o objetivo de avaliar o desempenho de cultivares de milho em diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos entrelinhas, não constatou influência da redução do espaçamento na produtividade média de grãos de milho. Resultados semelhantes foram relatados por Gross et al. (2006), Cruz et al. (2007) e Gitti et al. (2008).

Brachtvogel et al. (2008), conduziram um experimento num Nitossolo Vermelho Distroférico, em Botucatu-SP, com o objetivo comparar, em populações de 30.000, 45.000, 60.000, 75.000, 90.000, 105.000 plantas ha⁻¹, as formas de distribuição espacial com espaçamento de 0,80 metro na entrelinha, preconizado como o convencionalmente utilizado, e a distribuição espacial equidistante entre plantas, em que os espaçamentos na linha e entrelinha são iguais entre si, os quais foram obtidos pela raiz quadrada da área destinada a cada planta, nas respectivas populações. Seus resultados demonstram que a melhor distribuição das plantas na área aumenta o diâmetro do colmo, mas também desloca o centro da gravidade pela maior altura de inserção da espiga em relação à altura da planta.

Aguiar et al. (2008), ao compararem os efeitos dos espaçamentos entrelinhas de 0,50 m e 0,80 m nas densidades populacionais de 60.000, 70.000 e 80.000 plantas por hectare no desempenho da cultura do milho, utilizando o híbrido simples 30F80, constataram que o espaçamento reduzido somente proporcionou maiores produtividades de grãos na maior densidade populacional avaliada. Os autores atribuem o resultado à arquitetura foliar ereta e de porte baixo inerente ao híbrido em questão, o que possibilitou melhor interceptação de luz, favorecendo a obtenção de altas produtividades, com o uso de altas populações de plantas.

Milléo e Silva (2008) desenvolveram um experimento num Cambissolo Distrófico no município de Ponta Grossa-PR com o intuito de estudar o efeito de diferentes espaçamentos entrelinhas (0,90; 0,80; 0,65 e 0,45 m) sobre as características agronômicas de dois híbridos de milho de ciclo precoce. O híbrido Syngenta Tractor demonstrou aumento gradativo na produtividade de acordo com a redução do espaçamento e o híbrido Dekalb 214 teve maior produtividade quando submetido ao espaçamento de 0,45 m em relação ao espaçamento de 0,80 m entrelinhas.

Kotz et al. (2008), ao estudarem o efeito do arranjo espacial na arquitetura das plantas de milho no município de Cascavel-PR, verificaram maior diâmetro do colmo no espaçamento de 0,45 em relação ao de 0,90 m entrelinhas e que a redução do espaçamento aumenta o acamamento de plantas. Também observaram redução no índice de espigas com o aumento da população de plantas combinado com a redução no espaçamento entre fileiras. Já a produtividade não foi alterada com a redução do espaçamento.

Torres et al. (2008), num Latossolo Roxo Eutófico em Bandeirantes-PR, verificaram que o espaçamento de 0,45 m entrelinhas do milho proporcionou maior população, número de espigas por hectare refletindo em maior produtividade de grãos. O espaçamento de 0,90 m promoveu maior massa de grãos por espiga e massa de mil grãos. Já o índice de espigas, o número de fileiras por espiga e de grãos por espiga não foram afetadas pelo espaçamento.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material¹

5.1.1 Área experimental

O experimento foi instalado e conduzido no período de outubro de 2005 a julho de 2007, na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu, no município de Botucatu, estado de São Paulo, na gleba denominada Alcantis, situada ao lado da rodovia Alcides Soares (Botucatu – Vitoriana) nas proximidades do km 8. A localização geográfica está definida pelas coordenadas 22°51'22'' de Latitude Sul e 48°26'08'' de Longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 770 metros, declividade média de 6% e exposição face oeste.

A área experimental era cultivada até 1999 com o sistema convencional de preparo do solo, caracterizado por uma aração e duas gradagens leves. No ano de 2000, teve início o sistema plantio direto, com rotação soja e milho no verão e pousio de inverno com a finalidade de se produzir palhada para cobertura do solo a partir da vegetação espontânea. Em 2003 foi conduzido um experimento com adubação de pré-semeadura na cultura do milho, no qual foram instaladas as parcelas com os diferentes sistemas de manejo do solo, plantio direto e preparo reduzido, e subparcelas com as diferentes

¹ A citação de marcas comerciais não representa recomendação pelo autor.

épocas e formas de adubação, antecipada em superfície e convencional. Em 2004 as parcelas com os diferentes sistemas de manejo do solo e subparcelas com as diferentes épocas e formas de adubação foram mantidas, realizando-se um estudo sobre adubação de pré-semeadura na cultura da soja.

5.1.2 Caracterização do solo

O solo da área experimental foi classificado por Carvalho et al. (1983) como Terra Roxa Estruturada, Unidade Lageado, atualmente denominado como Nitossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 1999), de textura muito argilosa. Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentados os resultados das análises químicas do solo da camada de 0 – 0,20 m de profundidade antes da instalação do experimento.

Tabela 1. Análise química básica, mais alumínio e enxofre, do solo da camada de 0-0,20 m de profundidade antes da instalação do experimento.

pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	Al ³⁺ -----mmol _c dm ⁻³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	S mg dm ⁻³
5,9	32	58	0	25	6,3	79	33	118	143	82	6

Tabela 2. Análise química de micronutrientes do solo da camada de 0-0,20 m de profundidade antes da instalação do experimento.

Boro	Cobre -----mg dm ⁻³	Ferro	Manganês	Zinco
0,35	16,0	23	103,8	4,7

De acordo Raij et al. (2001), os valores de pH, P_{resina}, Ca, MG e V% da análise básica (Quadro 1) e os teores de Cu, Fe, Mn e Zn (Quadro 2) encontrados no solo da área experimental estão classificados como altos, enquanto que os teores de K, S e B estão classificados como muito alto, médio e médio, respectivamente.

A densidade de partículas do solo da área experimental, antes da instalação do experimento, foi de 2,92 g cm⁻³. De acordo com Bertolini (2005), os limites de contração, liquidez e plasticidade do solo são de 19,89%, 32,51% e 46,76%, respectivamente, e o índice de plasticidade é de 14,25%.

5.1.3 Dados referentes ao clima

Segundo Cunha e Martins (2009), o clima predominante no município de Botucatu-SP, de acordo com a classificação de Köppen, é tipo Cfa, temperado quente (mesotérmico) úmido, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C. Pela classificação de Thornthwaite é caracterizado como B2rB'3a', clima úmido com pequena deficiência hídrica em abril, julho e agosto, mesotérmico, com evapotranspiração potencial anual de 945,15 mm e concentração da evapotranspiração potencial no verão igual a 33%.

Na Tabela 3 estão contidos os valores observados referentes à precipitação pluvial ocorrida durante o período de condução do experimento. Esses dados foram registrados na estação meteorológica automática do Departamento de Recursos Naturais, Setor de Ciências Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu, situada na Fazenda Experimental Lageado.

Tabela 3. Precipitação pluvial acumulada (mm) por decêndio e mensal, entre outubro de 2005 e maio de 2007.

Mês/ano	Precipitação pluvial acumulada (mm)			Mensal
	1º decêndio	2º decêndio	3º decêndio	
Outubro/05	17,10	121,00	45,40	183,50
Novembro/05	0,70	23,70	39,40	63,80
Dezembro/05	39,40	88,10	55,80	183,30
Janeiro/06	100,50	13,30	58,20	172,00
Fevereiro/06	100,90	131,20	30,60	262,70
Março/06	70,00	80,40	60,80	211,20
Abril/06	50,90	8,00	2,00	60,90
Maio/06	0,00	0,00	8,70	8,70
Junho/06	0,20	0,00	15,20	15,40
Julho/06	10,90	0,00	18,30	29,20
Agosto/06	0,00	0,00	16,00	16,00
Setembro/06	11,80	33,40	4,00	49,20
Outubro/06	53,00	16,50	26,80	96,30
Novembro/06	16,90	37,70	31,10	85,70
Dezembro/06	85,50	17,60	122,80	225,90
Janeiro/07	258,40	82,10	70,30	410,80
Fevereiro/07	59,20	45,90	3,80	108,90
Março/07	9,50	35,20	4,30	49,00
Abril/07	24,40	0,00	15,90	40,30
Maio/07	3,40	1,50	37,20	42,10

Os valores do balanço hídrico referentes aos anos de condução do experimento, calculados segundo Thornthwaite e Mather (1955) e Camargo e Camargo (1984), encontram-se na Figura 1.

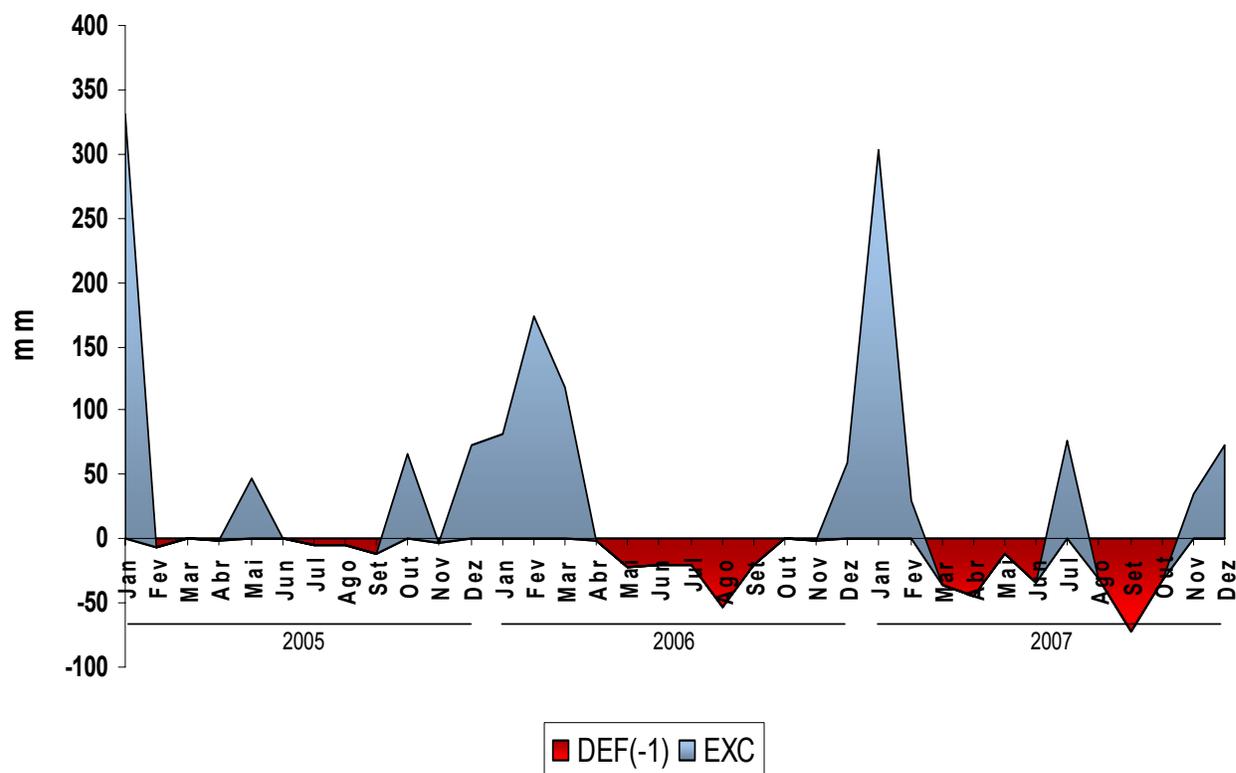


Figura 1. Extrato do balanço hídrico referente aos anos de condução do experimento.

5.1.4 Insumos agrícolas

5.1.4.1 Sementes

No ano de 2005, para instalação do experimento, foram utilizadas sementes do híbrido DKB 333B. No ano seguinte, devido à saída do DKB 333B do mercado, este foi substituído, no experimento, pelo híbrido 2B710. Deve-se salientar que os híbridos de milho escolhidos estavam entre os mais produtivos em ensaios realizados pela Secretaria da

Agricultura na região de Botucatu-SP e em dias de campo realizados pelas Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção da Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP. Algumas características dos dois híbridos estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4. Características dos híbridos de milho utilizados no experimento.

	DKB 333B	2B710
Tipo	híbrido simples modificado	híbrido simples
Ciclo	semiprecoce	precoce
Florescimento	950 GDU	875 GDU
Arquitetura	folhas semi-eretas, porte alto	normal, porte baixo
Grãos	semiduro, amarelo-alaranjado	semiduro, amarelo-alaranjado
Finalidade de uso	grão e silagem de planta inteira	grão
Poder germinativo	96%	96%
Pureza	98%	98%

5.1.4.2 Fertilizantes

Com base na análise de solo e de acordo com as recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997), foram aplicados, tanto nos tratamentos em que a adubação de semeadura foi antecipada (pré-semeadura) como nos tratamentos com adubação convencional, 320 kg ha⁻¹ do adubo formulado 8-28-16.

Quanto à adubação de cobertura, foram utilizados 227 kg ha⁻¹ de uréia, aproximadamente 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, em uma única aplicação. No primeiro ano de condução do experimento esta operação foi realizada quando as plantas de milho estavam com 4 a 5 folhas totalmente expandidas. No segundo ano, devido a intensas precipitações pluviais, a adubação de cobertura foi realizada mais tarde, aproximadamente no estágio de 8-9 folhas totalmente expandidas.

5.1.4.3. Herbicidas

No manejo da cobertura vegetal antes da semeadura do milho, foram utilizados 2 kg ha⁻¹ de Roundup WG (sal de amônio glifosato 720 kg⁻¹) e 1 L ha⁻¹ de DMA 806 BR (sal dimetilamina do ácido 2,4 diclorofenoxiacético 670 g L⁻¹). Para o controle de plantas

invasoras em pós-emergência, foram utilizados o herbicida seletivo Atranex 500 SC (atrazina 500 g L⁻¹) e Sanson 40 SC (nicosulfuron 40 g L⁻¹), nas doses de 3 L ha⁻¹ e 0,4 L ha⁻¹, respectivamente.

5.1.4.4 Inseticidas

Para o controle da lagarta do cartucho [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)], foram aplicados 50 mL ha⁻¹ de Tracer (spinosad 480 g L⁻¹). Durante o desenvolvimento da cultura, utilizou-se isca granulada Mirex-S (sulfluramida 0,3%) para o controle de formigas cortadeiras.

5.1.5 Máquinas e equipamentos agrícolas

5.1.5.1 Tratores

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

- Trator marca John Deere, modelo 6.600, com tração dianteira auxiliar (TDA), motor John Deere 89 kW de potência e massa de 4.650 kg, utilizado nas operações de adubação de pré-semeadura, escarificação do solo e semeadura do milho;

- Trator marca New Holland, modelo 3030, motor Ford com 38,2 kW de potência, utilizado na operação de dessecação da vegetação espontânea antes da semeadura do milho;

- Trator marca Massey Ferguson, modelo 235, motor Perkins com potência de 33 kW, utilizado na aplicação de defensivos agrícolas, adubação de cobertura e transporte de materiais para a área experimental (fertilizantes, sementes, etc).

5.1.5.2 Equipamentos

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

- 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 reversíveis estreitas 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;

- Distribuidor de fertilizantes e corretivos, marca Nevoeiro, modelo 5.003 S, com sistema de distribuição por gravidade com esteira transportadora acionada pelo rodado, massa de 1.350 kg, capacidade de carga de 3.000 kg, largura útil de 3,20 m e largura total de 4,25 m, utilizado na operação de adubação na pré-semeadura;

- Semeadora-adubadora de precisão, marca Marchesan, modelo PST2, para plantio direto, de arrasto, com discos lisos de corte de palhada colocado à frente de cada linha de semeadura, mecanismo distribuidor de fertilizante do tipo condutor helicoidal, mecanismo dosador de sementes do tipo discos horizontais perfurados, com 28 orifícios, conjunto de sulcadores tipo discos duplos desencontrados para fertilizantes e sementes, 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, reservatório com capacidade de 725 kg de fertilizantes e 40 kg de sementes por linha, altura do mecanismo dosador de sementes de 0,48 m e massa de 2.206 kg. No primeiro ano do experimento foram utilizadas quatro linhas de semeadura espaçadas de 0,90 m e seis espaçadas de 0,45 m e no segundo ano, para manter constante a largura de trabalho da semeadora-adubadora por causa das avaliações referentes à demanda energética, foram utilizadas três linhas de semeadura espaçadas de 0,90 m e seis espaçadas de 0,45 m.

- Pulverizador de barras montado, marca Jacto, modelo Condor M12, capacidade de 600 litros de calda no tanque, barras com 24 bicos espaçados de 0,50 m, comprimento total de 12 m e massa total de 195 kg;

- Cultivador-adubador para plantio direto, marca Marchesan, modelo CAC, com três depósitos para fertilizante de capacidade de 65 kg cada, para adubação de cobertura no milho;

- Triturador de palhas tratorizado, marca Jan, modelo Tritton 2300, montado, com rotor horizontal de 0,607 m de diâmetro, 64 facas móveis reversíveis, com largura de corte de 2,3 m e massa de 735 kg, rotação do rotor de 1.750 a 540 rpm de rotação na TDP, utilizado para manejo da vegetação espontânea no segundo ano de condução do experimento;

- 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 litros, com picador-distribuidor de palhas e massa de 7.060 kg, utilizada para colheita das bordaduras;

- Trilhadora estacionária de grãos, marca NUX, modelo SDMN-15/35, montada no sistema de três pontos do trator, com acionamento na TDP, utilizada para debulha das espigas de milho.

5.1.6 Materiais e equipamentos utilizados para coleta de amostras e avaliações referentes ao solo

5.1.6.1 Fertilidade do solo

Na 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, utilizou-se enxadão, régua graduada em centímetros, sacos plásticos, parafina, aparelho para

“banho-maria”, barbantes, etiquetas, caneta porosa, vidrarias, cápsulas de alumínio, balança de precisão (0,01 g) e estufa elétrica.

5.1.6.3 Densidade das partículas

Na 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 utilizado um penetrógrafo manual da marca Soilcontrol, modelo Penetrográfer SC-60, penetração máxima de 0,60 m, resistência/registo de 7,6 MPa, 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, massa líquida de 4 kg, resistência máxima admissível de 76 MPa e cartões padronizados para registrar os dados.

5.1.6.5 Ensaio de Proctor Normal

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 determinação do teor de água do 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).

5.1.7 Materiais e equipamentos utilizados para determinação da demanda energética

5.1.7.1 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 $1,998 \text{ mV V}^{-1}$.

5.1.7.2 Consumo de combustível

O consumo de combustível foi avaliado por meio do uso de um fluxômetro, marca Flowmate oval, modelo Oval M-III, com precisão de 0,01 mL.

5.1.7.3 Sistema de aquisição e armazenamento de dados

Foi utilizado o equipamento Micrologger, da marca Campbell Scientific, modelo 21X, para registrar os dados de força de tração e consumo de combustível, providos dos sinais gerados pela célula de carga e o medidor de combustível respectivamente, e um módulo de armazenamento externo, Storage module SM 196, para gravação e armazenamento dos dados.

5.1.8 Materiais e equipamentos utilizados para avaliações da cobertura vegetal do solo

5.1.8.1 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 0,15 m, totalizando 100 pontos.

5.1.8.2 Massa seca da cobertura vegetal

Para avaliação da massa seca da cobertura vegetal presente na superfície do solo foram utilizados um quadrado de madeira de 0,25 m² de área (0,50 x 0,50 m), tesoura de poda, sacos de papel, caneta porosa; estufa elétrica com circulação forçada de ar e balança de precisão (0,01 g).

5.1.8.3 Relação carbono nitrogênio (C/N) da cobertura vegetal

A coleta do material vegetal foi feita com auxílio de tesoura de poda, sacos de papel identificados com caneta porosa. A secagem desse material foi realizada em estufa elétrica com circulação forçada de ar e para triturar foi utilizado moinho elétrico inox tipo Willey.

5.1.9 Materiais e equipamentos utilizados para determinação dos componentes de produção da cultura do milho

5.1.9.1 Profundidade de deposição de sementes

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

5.1.9.2 Populações inicial e final de plantas

As populações inicial e final foram determinadas com o auxílio de uma trena graduada em centímetros.

5.1.9.3 Folhas para diagnose foliar

Para amostragem de folhas foram utilizados tesoura de poda, sacos de papel, caneta porosa, água, detergente. As amostras foram lavadas com água deionizada, secas

em estufa elétrica com circulação forçada de ar e trituradas em moinho elétrico inox tipo Willey.

5.1.9.4 Altura das plantas de milho e altura de inserção da primeira espiga

A altura das plantas e a altura de inserção da primeira espiga foram determinadas usando-se uma régua de madeira graduada em centímetros.

5.1.9.5 Diâmetro dos colmos das plantas e diâmetro das espigas de milho

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

5.1.9.6 Comprimento das espigas de milho

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

5.1.9.7 Massa seca da parte aérea das plantas

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 determinação da massa seca de milho após a colheita das espigas.

5.1.9.8 Massa de mil grãos e produtividade

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

5.2 Métodos

5.2.1 Delineamento experimental

O experimento foi constituído por oito tratamentos, sendo a combinação de dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas na cultura do milho.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições, onde as parcelas foram constituídas pelos sistemas de manejo do solo, as subparcelas pelas formas de adubação e as subsubparcelas pelos espaçamentos entrelinhas, totalizando oito parcelas, dezesseis subparcelas e trinta e duas subsubparcelas, que ocuparam 5.200 m² dentro de uma área de aproximadamente seis hectares.

Cada parcela teve dimensões de 20 m de comprimento por 14,4 m de largura, perfazendo uma área de 288 m²; cada subparcela teve 20 m de comprimento por 7,2 m de largura, perfazendo uma área de 144 m²; cada subsubparcela 20 m de comprimento por 3,6 m de largura, perfazendo uma área de 72 m². As parcelas foram separadas por carregadores de 10 m de largura que foram utilizados para trânsito, manobras e estabilização operacional dos diversos conjuntos motomecanizados empregados durante o período de execução do experimento.

5.2.2 Descrição e distribuição dos tratamentos na área experimental

Os sistemas de manejo de solo empregados na cultura do milho foram:

- PD: plantio direto, com dessecação da vegetação espontânea por meio de herbicida;
- PR: preparo reduzido, caracterizado pela escarificação do solo na profundidade entre 0,25 e 0,30 m com equipamento provido de disco de corte de palhada e rolo destorroador.

As formas de adubação da cultura do milho, envolvendo épocas e modos de aplicação do fertilizante, foram:

- A: adubação de pré-semeadura, caracterizada pela antecipação da distribuição dos fertilizantes da adubação de semeadura, realizada em área total, antes do manejo do solo, pela distribuição do adubo por meio de queda livre, realizada 12 dias antes da semeadura do milho

no primeiro ano de condução do experimento e 22 dias antes da semeadura no segundo de condução;

- S: adubação convencional, realizada pela semeadora-adubadora junto com a operação de semeadura do milho.

Os espaçamentos entrelinhas utilizados na cultura do milho foram:

- 90: 0,90 m entrelinhas;
- 45: 0,45 m entrelinhas.

A distribuição dos blocos e dos tratamentos na área experimental está ilustrada na Figura 2.

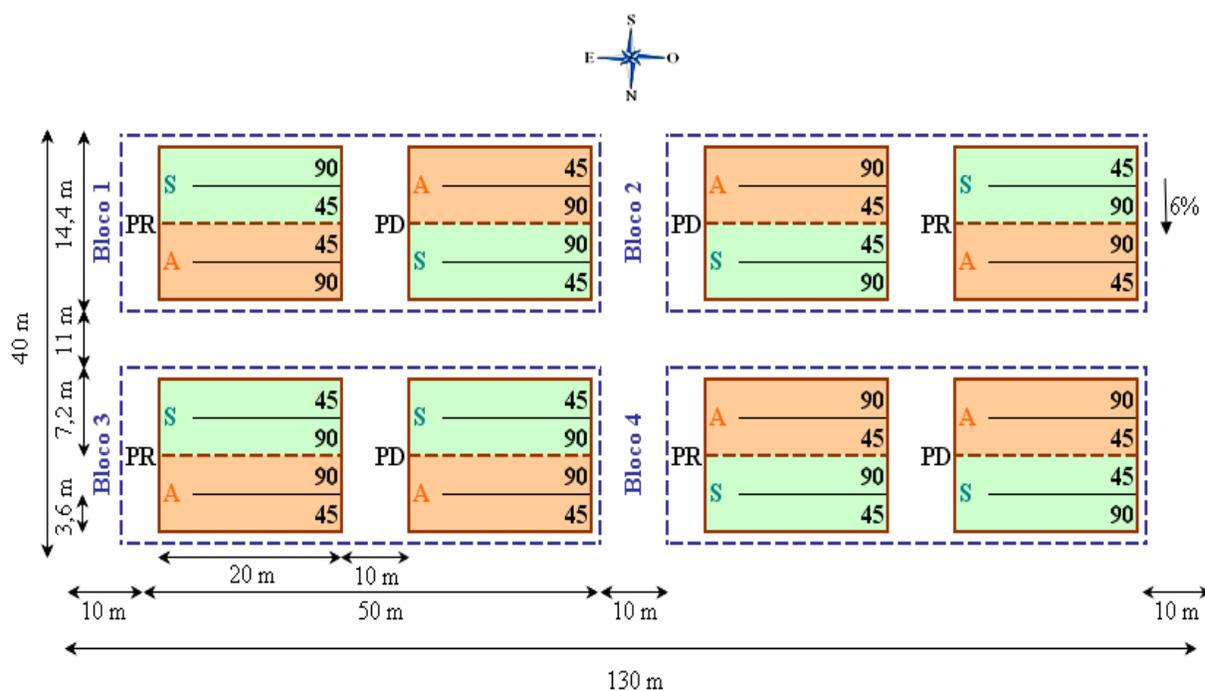


Figura 2. Distribuição dos blocos e dos tratamentos na área experimental.

5.2.3 Instalação e condução do experimento

A instalação, condução e coleta de amostras foram realizadas conforme os cronogramas descritos nas Tabelas 5 e 6. Na operação de semeadura do milho a semeadora-adubadora foi regulada para distribuir aproximadamente 60.000 plantas por hectare, o que correspondeu à deposição de 5,4 e 2,7 sementes viáveis por metro para o espaçamento de 0,90 m e 0,45 m entrelinhas, respectivamente.

Tabela 5. Seqüência de atividades realizadas para instalação e condução do primeiro ano do experimento.

Datas	Atividades realizadas
10/10/2005	Demarcação das parcelas, subparcelas e subsubparcelas.
11/10/2005	Amostragem de solo para análises químicas e ensaio de Proctor Normal.
03/11/2005	Dessecação da vegetação espontânea.
09/11/2005	Determinação da resistência mecânica do solo à penetração. Coleta de solo para determinação do teor de água, da densidade do solo e de partículas.
10/11/2005	Adubação das parcelas com tratamento de pré-semeadura. Escarificação do solo nas parcelas de preparo reduzido. Coleta de solo para determinação do teor de água no momento do preparo. Avaliação da porcentagem de cobertura vegetal antes do preparo do solo.
22/11/2005	Semeadura de todos os tratamentos e adubação das parcelas restantes. Coleta de solo para determinação do teor de água no momento da semeadura. Avaliação da porcentagem de cobertura vegetal na superfície do solo após a semeadura do milho.
07/12/2005	Avaliação da população inicial. Determinação da profundidade de deposição da semente.
09/12/2005	Aplicação de herbicida para controle de plantas invasoras.
14/12/2005	Aplicação de inseticida para controle da lagarta do cartucho.
22/12/2005	Adubação de cobertura.
02/02/2006	Amostragem de folhas para diagnose foliar.
09/02/2006	Avaliação de diâmetro do colmo, altura de plantas e inserção da primeira espiga.
16/05/2006	Colheita manual das espigas de milho. Determinação da população final. Avaliação do número de espigas por planta.
19/05/2006	Trilha das espigas de milho. Amostragem de grãos para avaliação do teor de água e determinação da produtividade. Determinação da massa de mil grãos. Amostragem de plantas de milho para avaliação da massa seca. Amostragem de espigas para avaliação do comprimento, diâmetro, número de fileiras e grãos por espiga.
22/05/2006	Colheita mecânica das bordaduras e início do pousio de inverno.
23/05/2006	Determinação da resistência mecânica do solo à penetração. Coleta de solo para determinação do teor de água e da densidade do solo.

Tabela 6. Seqüência de atividades realizadas para instalação e condução do segundo ano do experimento.

Datas	Atividades realizadas
23/10/2006	Dessecação da vegetação espontânea.
25/10/2006	Coleta de solo para determinação da densidade do solo.
08/11/2006	Manejo da vegetação espontânea com picador de palha.
09/11/2006	Determinação da resistência mecânica do solo à penetração e amostragem de solo para determinação do teor de água.
10/11/2006	Adubação das parcelas com tratamento de pré-semeadura. Escarificação do solo nas parcelas de preparo reduzido. Coleta de solo para determinação do teor de água no momento do preparo. Avaliação da porcentagem de cobertura vegetal antes do preparo do solo.
30/11/2006	Semeadura de todos os tratamentos e adubação das parcelas restantes. Coleta de solo para determinação do teor de água no momento da semeadura. Avaliação da porcentagem de cobertura vegetal na superfície do solo após a semeadura do milho.
15/12/2006	Avaliação da população inicial. Determinação da profundidade de deposição da semente.
09/01/2007	Adubação de cobertura. Aplicação de herbicida e inseticida, para o controle de plantas invasoras e da
12/01/2007	lagarta do cartucho, respectivamente.
02/02/2006	Amostragem de folhas para diagnose foliar.
12/02/2007	Avaliação de diâmetro do colmo, altura de plantas e inserção da primeira espiga.
19/04/2007	Colheita manual das espigas de milho. Determinação da população final. Avaliação do número de espigas por planta.
20/04/2007	Trilha das espigas de milho e determinação da massa de grãos. Amostragem de grãos para avaliação do teor de água e determinação da produtividade. Determinação da massa de mil grãos.
23/04/2007	Amostragem de plantas de milho para avaliação da massa seca. Amostragem de espigas para avaliação do comprimento, diâmetro, número de fileiras e grãos por espiga.
25/04/2007	Colheita mecânica da bordadura e início do pousio de inverno.
26/04/2007	Determinação da resistência mecânica do solo à penetração. Coleta de solo para determinação do teor de água e da densidade do solo.
10/05/2007	Amostragem de solo para análise química.

5.2.4 Avaliações referentes ao solo

5.2.4.1 Fertilidade do solo

Para caracterização da fertilidade do solo antes da instalação dos tratamentos, foram coletadas por parcela quatro amostras de solo na camada de 0-0,20 m de profundidade, totalizando 32 pontos de amostragem para compor uma amostra. Depois da colheita do milho no segundo ano de condução do experimento, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m de profundidade por subsubparcela, na linha de semeadura. Após a homogeneização das amostras, 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 Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu, para processamento e análise, de acordo com metodologia de Raij et al. (2001).

5.2.4.2 Densidade do solo

O método utilizado para determinação da densidade do solo foi do torrão parafinado, conforme Embrapa (1979). Os torrões foram retirados das parcelas em três camadas, referentes às profundidades de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, antes da instalação dos tratamentos e após a colheita do milho no segundo ano de condução do experimento.

5.2.4.3 Densidade das partículas

A densidade das partículas foi determinada pelo método do picnômetro, de acordo com metodologia descrita por Embrapa (1979). Foram retiradas quatro amostras por parcela, na profundidade de 0-0,20 m, antes da instalação do experimento.

5.2.4.4 Resistência mecânica do solo à penetração

A resistência mecânica do solo à penetração foi determinada por meio de um penetrógrafo manual, modelo Penetrografer SC-60. Foram realizadas, aleatoriamente,

três leituras por parcela, na profundidade de 0-0,30 m, antes da instalação dos tratamentos e após a colheita do milho no segundo ano de condução do experimento.

5.2.4.5 Ensaio de Proctor Normal

Para orientar o teor de água em 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 o teor de água crítico 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 29,67% e 1,53 Mg m⁻³, respectivamente (Figura 3).

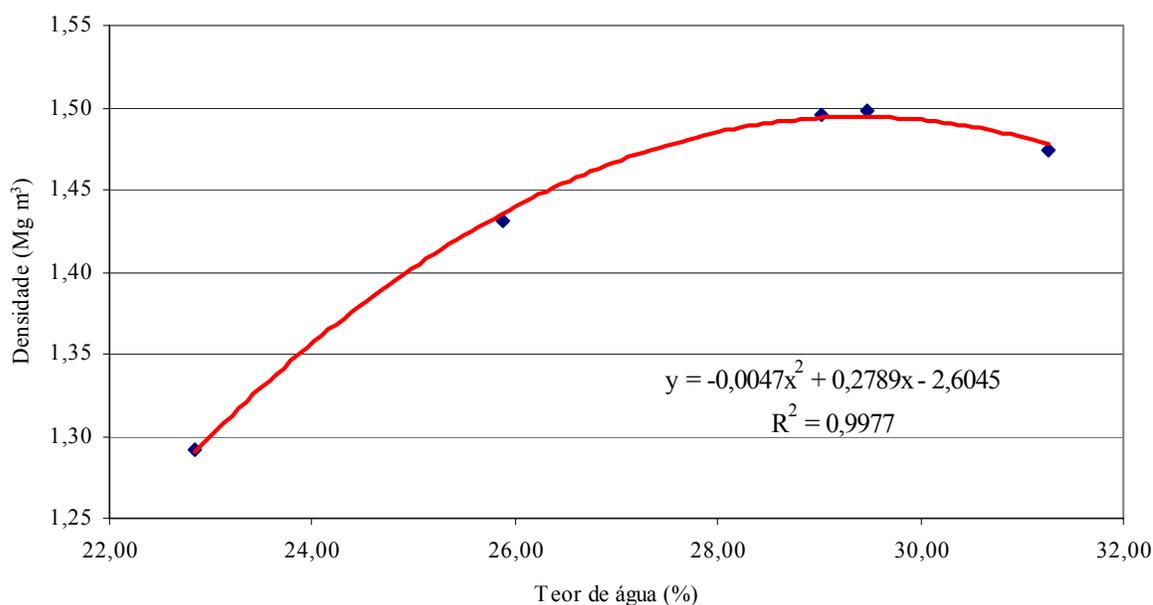


Figura 3. Curva de compactação do solo da área experimental.

5.2.4.6 Teor de água no solo

Para determinação do teor de água do solo, foi utilizado o método gravimétrico padrão, descrito por Embrapa (1979). Foram coletadas amostras de solo em três

camadas de profundidade (0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m) imediatamente após as operações de escarificação do solo, semeadura e na determinação da resistência à penetração.

5.2.5 Avaliações referentes à demanda energética

As avaliações referentes à demanda energética das operações de adubação de pré-semeadura e da semeadura da cultura do milho foram realizadas no segundo ano de condução do experimento.

5.2.5.1 Força média e máxima de tração na barra

A força de tração média requerida nas operações de adubação de pré-semeadura e semeadura foi determinada com o auxílio de uma célula de carga instalada entre a barra de tração do trator e o equipamento tracionado em um suporte fixo (adaptado de TANAKA, 2001) no trator de forma a mantê-la em posição horizontal e evitar fortes impactos.

Os dados de força foram registrados nas subparcelas e subsubparcelas utilizando-se um sistema de aquisição de dados Micrologger 21X 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.

A força média de tração na barra foi determinada pela média dos valores armazenados pelo sistema de aquisição de dados. A força de tração máxima ou pico de força correspondeu ao máximo valor de força de tração armazenado pelo sistema de aquisição de dados, durante o percurso de deslocamento na área experimental.

5.2.5.2 Velocidade de deslocamento

O monitoramento da velocidade de deslocamento nas operações de adubação de pré-semeadura e semeadura do milho foi realizado indiretamente, através da frequência de aquisição de dados (10 Hz) do Micrologger 21 X. A velocidade média foi obtida segundo equação:

$$Vel = \left(\frac{L}{\Delta t} \right) \cdot 3,6 \quad (1)$$

Em que:

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

L = comprimento das subparcelas ou das subsubparcelas (20 m);

Δt = tempo para percorrer as subparcelas ou subsubparcelas (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:

$$P = \frac{(Ft \cdot Vel)}{367,09771} \quad (2)$$

Em que:

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

Ft = 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:

$$P_{\max} = \frac{(Ft_{\max} \cdot Vel)}{367,09771} \quad (3)$$

Em que:

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

Ft_{\max} = 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:

$$Cce = \frac{(Vel \cdot Le)}{10} \quad (4)$$

Em que:

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

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

Le = largura de trabalho efetiva do equipamento (m).

5.2.5.5 Tempo efetivo demandado

O tempo efetivo demandado foi obtido pela equação:

$$Ted = \frac{1}{Cce} \quad (5)$$

Em que:

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

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

5.2.5.6 Consumo específico de energia por área

O consumo específico de energia por área foi determinado pela equação:

$$Cee = P \cdot Ted \quad (6)$$

Em que:

C_{ee} = consumo específico de energia por área (kW h ha^{-1});

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

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

5.2.5.7 Consumo horário de combustível

O consumo de combustível das operações de adubação de pré-semeadura e semeadura foi quantificado por meio de um fluxômetro 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 horário foi calculado pela equação:

$$CCh = \frac{(\sum p \cdot 3,6)}{\Delta t} \quad (7)$$

Em que:

CCh = consumo horário de combustível (L h^{-1});

$\sum p$ = somatório de pulsos, equivalente ao somatório de mL de combustível gasto para percorrer as subparcelas ou subsubparcelas (mL);

Δt = tempo gasto para percorrer as subparcelas ou subsubparcelas (s);

3,6 = fator de conversão.

5.2.5.8 Consumo de combustível por área

O consumo de combustível por área foi calculado pela equação:

$$CCa = T_{ed} \cdot CCh \quad (8)$$

Em que:

CCa = consumo de combustível por área ($L ha^{-1}$);

Ted = tempo efetivo demandado ($h ha^{-1}$);

CCh = consumo horário de combustível ($L h^{-1}$).

5.2.6 Avaliações referentes à cobertura vegetal do solo

5.2.6.1 Porcentagem da cobertura vegetal do solo

A porcentagem de cobertura vegetal do solo foi obtida utilizando-se 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” dentro das parcelas, realizadas após o manejo da vegetação espontânea e após a semeadura do milho.

5.2.6.2 Massa seca da cobertura vegetal

A massa seca da cobertura vegetal foi determinada com o auxílio de um quadrado de madeira de $0,25 m^2$ de área, segundo metodologia descrita por 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 $65^\circ C$. Após secagem, os valores obtidos foram transformados em $kg ha^{-1}$.

5.2.6.3 Relação carbono nitrogênio (C/N) da cobertura vegetal

Duas amostras por parcela do material vegetal presente na superfície do solo foram coletadas e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, mantida a $65^\circ C$ até obtenção de massa constante. Após secas as amostras foram trituradas em um moinho elétrico inox tipo Willey com peneira de 40 meshes e armazenadas em saquinhos de papel. As análises para determinação da relação C/N da cobertura vegetal do solo foram processadas pelo laboratório do Departamento de Recursos Naturais, Setor de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu.

5.2.7 Avaliações referentes ao crescimento e desenvolvimento da cultura de milho

Para as avaliações referentes à cultura do milho, no primeiro ano de condução do experimento as amostras foram obtidas nas duas linhas centrais das subsubparcelas com espaçamento de 0,90 m entrelinhas e nas quatro linhas centrais das subsubparcelas com espaçamento de 0,45 m entrelinhas. No segundo ano, devido à redução do número de linhas no maior espaçamento, a amostragem foi realizada na linha central das subsubparcelas com espaçamento de 0,90 m entrelinhas e nas duas linhas centrais das subsubparcelas com espaçamento de 0,45 m entrelinhas.

5.2.7.1 Profundidade de deposição de sementes

Para determinação da profundidade de deposição das sementes foram amostradas aleatoriamente, fora da área destinada à avaliação da produtividade, dez plantas por parcela, as quais tiveram sua parte aérea cortada rente ao solo. Em seguida a semente com o mesocótilo foi retirada do interior do solo e com o auxílio de uma régua graduada em milímetros, determinou-se a distância entre a parte inferior da semente e a superfície onde se efetuou o corte, que correspondeu à profundidade de deposição de sementes.

5.2.7.2 Populações inicial e final de plantas

As populações inicial e final de plantas foram obtidas após a estabilização da emergência e antes da colheita, respectivamente. Foram contadas as plantas presentes na área destinada à avaliação da produtividade e os valores médios obtidos foram convertidos em número de plantas por hectare.

5.2.7.3 Índice de sobrevivência

O índice de sobrevivência foi obtido pela relação entre a população final e a população inicial de plantas de milho.

5.2.7.4 Diagnose foliar

A diagnose foliar foi realizada para a avaliação do estado nutricional das plantas em relação aos teores de nitrogênio, fósforo e potássio. Na fase de florescimento foram coletadas aleatoriamente de cada subsubparcela, fora da área destinada à avaliação da produtividade, o terço central de 40 folhas da base da espiga. As amostras foram lavadas com solução de detergente diluído, água comum e água deionizada, respectivamente. Em seguida, foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar mantida a 65°C até obtenção de massa constante. Após secas, as amostras foram trituradas em moinho elétrico inox tipo Willey com peneira de 40 meshes e armazenadas em saquinhos de papel. Os teores de nitrogênio, fósforo e potássio foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). As análises foram processadas pelo laboratório do Departamento de Recursos Naturais, Setor de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu.

5.2.7.5 Diâmetro dos colmos

O diâmetro médio do colmo foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, medindo-se, devido ao seu formato elíptico, o maior e o menor diâmetro do primeiro internódio a partir da superfície do solo, em quinze plantas, aleatoriamente, por subsubparcela na época do florescimento.

5.2.7.6 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, em quinze plantas, aleatoriamente, por subsubparcela na época do florescimento.

5.2.7.7 Altura de inserção da primeira espiga

A altura de inserção da primeira espiga foi obtida com o auxílio de uma régua de madeira graduada em centímetros, medindo-se a distância entre a superfície do

solo e a inserção da primeira espiga, em quinze plantas, aleatoriamente, por subsubparcela na época do florescimento.

5.2.7.8 Índice de espiga

O índice de espiga foi obtido pela relação entre o número de espigas colhidas e o número de plantas de milho contidas na área de avaliação da produtividade.

5.2.7.9 Comprimento e diâmetro das espigas

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

5.2.7.10 Número de fileiras por espiga e número de grãos por espiga

O número de fileiras e grãos por espiga foi obtido pela contagem manual dos mesmos, em uma amostra de dez espigas coletadas aleatoriamente de cada uma das subsubparcelas.

5.2.7.11 Massa seca das plantas

Para determinação da massa seca das plantas de milho foram amostradas quinze plantas de cada subsubparcela. As plantas, sem os grãos de milho, foram desidratadas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingirem massa constante. Após secagem, os valores de massa seca obtidos foram transformados em kg ha⁻¹.

5.2.7.12 Índice de colheita

O índice de colheita foi obtido pela relação entre a produtividade de grãos e a massa seca total da parte aérea das plantas (planta mais espiga).

5.2.7.13 Massa de mil grãos

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

5.2.7.14 Produtividade de grãos

No primeiro ano de condução do experimento a produtividade de grãos foi obtida colhendo-se manualmente as espigas contidas em 5 m de cada linha central das subsubparcelas (duas linhas no espaçamento de 0,90 m e quatro linhas no espaçamento de 0,45 m), totalizando 9 m² de área em ambos os espaçamentos entrelinhas. No segundo ano foram colhidas manualmente as espigas presentes nos 5 m de cada linha central das subsubparcelas (uma linha no espaçamento de 0,90 m e duas linhas no espaçamento de 0,45 m), totalizando 4,5 m² de área em ambos os espaçamentos entrelinhas. As espigas coletadas foram debulhadas por uma trilhadora estacionária de cereais e em seguida os grãos foram pesados em balança digital de precisão de 0,01g. Dos grãos trilhados, retirou-se uma amostra para determinação do teor de água de cada subsubparcela, que foi obtido pelo método da estufa a 105°C por 24 horas. A produtividade média final das subsubparcelas foi transformada em quilos por hectare, corrigindo-se o teor de água dos grãos para 13%.

5.2.8 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System), versão 9.1.3. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparar as médias entre sistemas de manejo do solo, formas de adubação, espaçamentos entrelinhas e os desdobramentos das interações entre esses três fatores.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão apresentados na forma de tabelas e figuras. Os termos PD e PR citados neste capítulo correspondem, respectivamente, aos sistemas de manejo do solo, plantio direto e preparo reduzido; A e S referem-se às formas de adubação, adubação de pré-semeadura e convencional, respectivamente; 90 e 45 referem-se aos espaçamentos de 0,90 m e 0,45 m entrelinhas, respectivamente. Nas tabelas, médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.1 Avaliações referentes ao solo

6.1.1 Densidade do solo

Os resultados da densidade do solo, antes da instalação do experimento, são apresentados na Figura 4. Pode-se observar que, na camada de 0-0,10 m de profundidade, os tratamentos de preparo reduzido tiveram menores valores de densidade, diferindo-se do plantio direto. Este resultado pode ser atribuído ao efeito residual da desagregação do solo promovida pela operação de escarificação, uma vez que as parcelas experimentais vêm sendo conduzidas com os mesmos sistemas de manejo do solo desde 2003. Nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m de profundidade não foram observadas diferenças

estatísticas entre os sistemas de manejo do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2004) em experimento instalado sobre parcelas experimentais mantidas por dois anos com os mesmos sistemas de manejo do solo.

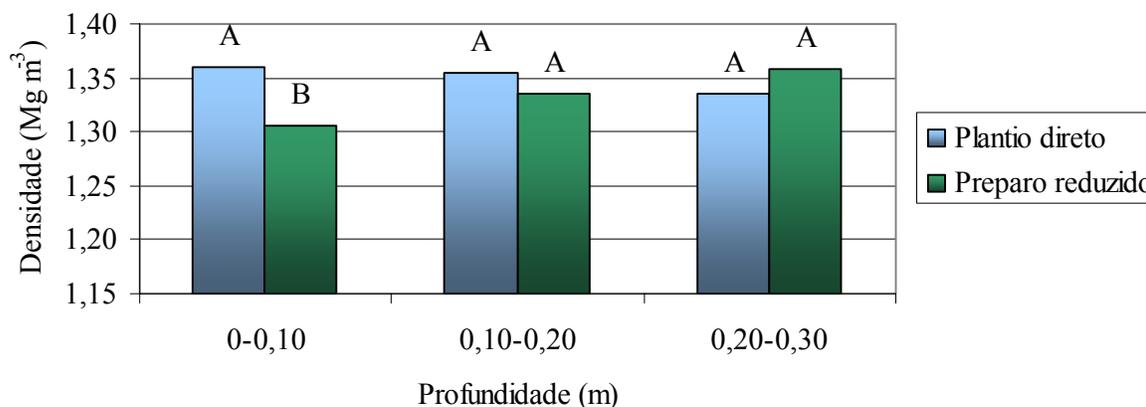


Figura 4. Densidade do solo (Mg m^{-3}) em dois sistemas de manejo antes da instalação dos tratamentos em diferentes camadas de profundidade no primeiro ano de condução do experimento.

A densidade do solo após a colheita do milho do segundo ano do experimento diferiu estatisticamente entre os sistemas de manejo do solo nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade (Figura 5), tendo o sistema plantio direto valores superiores àqueles observados no preparo reduzido. Os maiores valores de densidade do solo no sistema plantio direto podem ser explicados pela acomodação natural do solo devido à ausência de mobilização, com exceção na linha de semeadura, e pela compactação das camadas superficiais provocada pelo efeito cumulativo do trânsito de máquinas e implementos agrícolas. Contudo, cabe salientar que, em longo prazo, a densidade do solo sob plantio direto pode diminuir, devido ao aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial, melhorando a estrutura do solo.

Para a camada de 0,20-0,30 m de profundidade não foram constatadas diferenças estatísticas na densidade do solo entre os sistemas de manejo. Estes resultados podem estar associados ao confinamento superficial das cargas aplicadas ao solo pelas máquinas, de modo que os efeitos dos tratamentos na compactação do solo ficaram restritos às camadas superficiais.

Também Fernandes et al. (2007) observaram que a densidade do solo diferiu entre o plantio direto e a escarificação apenas nas camadas superficiais do solo. Secco et al. (2005) observaram que a densidade do solo foi maior no sistema plantio direto, diminuindo a macroporosidade e a porosidade total. Piffer (2008) verificou que o sistema plantio direto promoveu maiores densidades do solo nas camadas de 0-0,10 e 0,20-0,30 m de profundidade em relação ao preparo reduzido. Gonçalves (1999), Leite (2002) e Bertolini (2005), após a colheita do milho, não encontraram diferenças estatísticas na densidade do solo entre os sistemas de manejo avaliados.

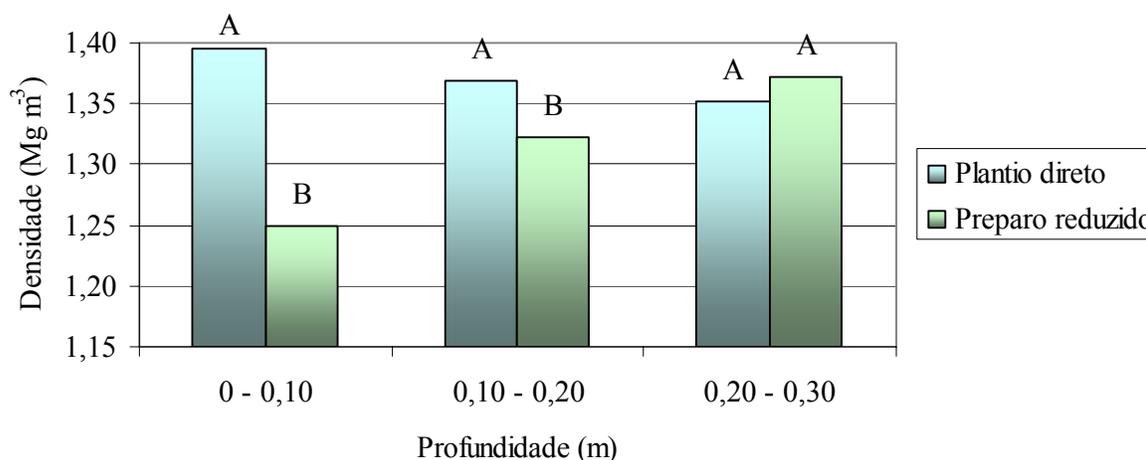


Figura 5. Densidade do solo (Mg m^{-3}) em dois sistemas de manejo após a colheita do milho em diferentes camadas de profundidade no segundo ano de condução do experimento.

Não ocorreram diferenças estatísticas entre a densidade do solo inicial (antes da instalação dos tratamentos) e final (após a colheita do milho no segundo ano do experimento) no sistema plantio direto (Figura 6); tampouco no preparo reduzido (Figura 7). Resultados semelhantes foram obtidos por Bertolini (2005). Apesar da ausência de diferenças estatísticas, verifica-se que a densidade do solo aumentou em todas as camadas de profundidade avaliadas no sistema plantio direto enquanto que a escarificação reduziu a densidade do solo nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade.

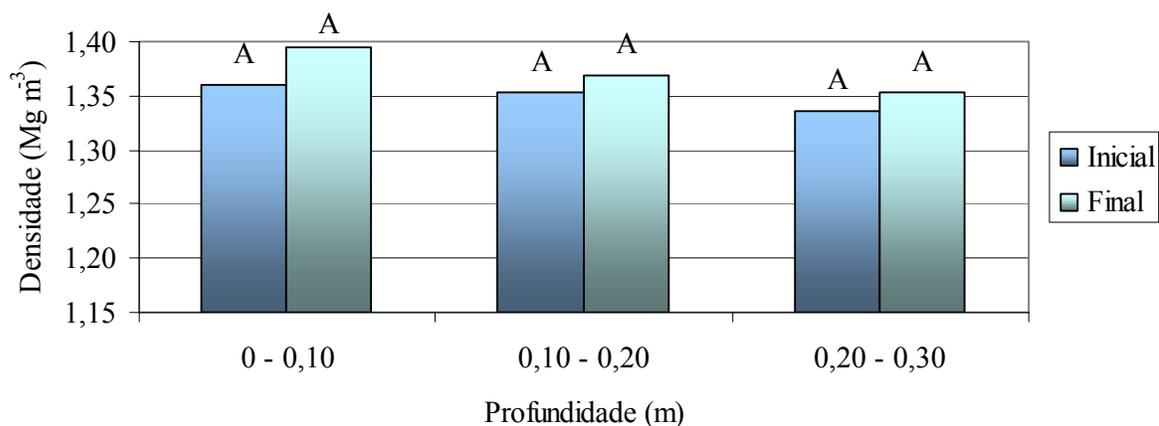


Figura 6. Densidade do solo (Mg m^{-3}) no sistema plantio direto antes da instalação do experimento (inicial) e depois da colheita do milho no segundo ano de condução do experimento (final) em diferentes camadas de profundidade.

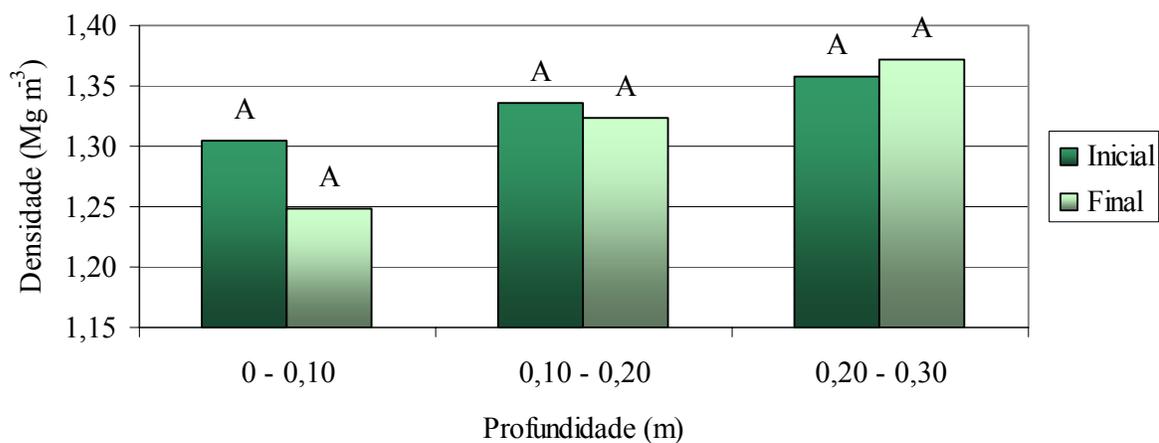


Figura 7. Densidade do solo (MG m^{-3}) no preparo reduzido antes da instalação do experimento (inicial) e depois da colheita do milho no segundo ano de condução do experimento (final) em diferentes camadas de profundidade.

6.1.2 Resistência mecânica do solo à penetração

Os resultados referentes à resistência mecânica do solo à penetração, antes da instalação do experimento, em diferentes profundidades, estão demonstrados na Figura 8. Pode-se observar que no sistema plantio direto, a resistência do solo à penetração foi

maior, diferindo-se estatisticamente do preparo reduzido em todas as profundidades avaliadas. Possivelmente este resultado se deve ao efeito residual da desagregação do solo promovida pela operação de escarificação, uma vez que as parcelas experimentais vêm sendo conduzidas com os mesmos sistemas de manejo do solo desde 2003. Mahl et al. (2008) verificou que após o período de quatro meses, a escarificação reduziu significativamente a resistência do solo à penetração, até a profundidade de atuação das hastas do escarificador e após o período de 18 meses o efeito da escarificação sobre a resistência do solo à penetração ocorreu apenas na camada superficial do solo.

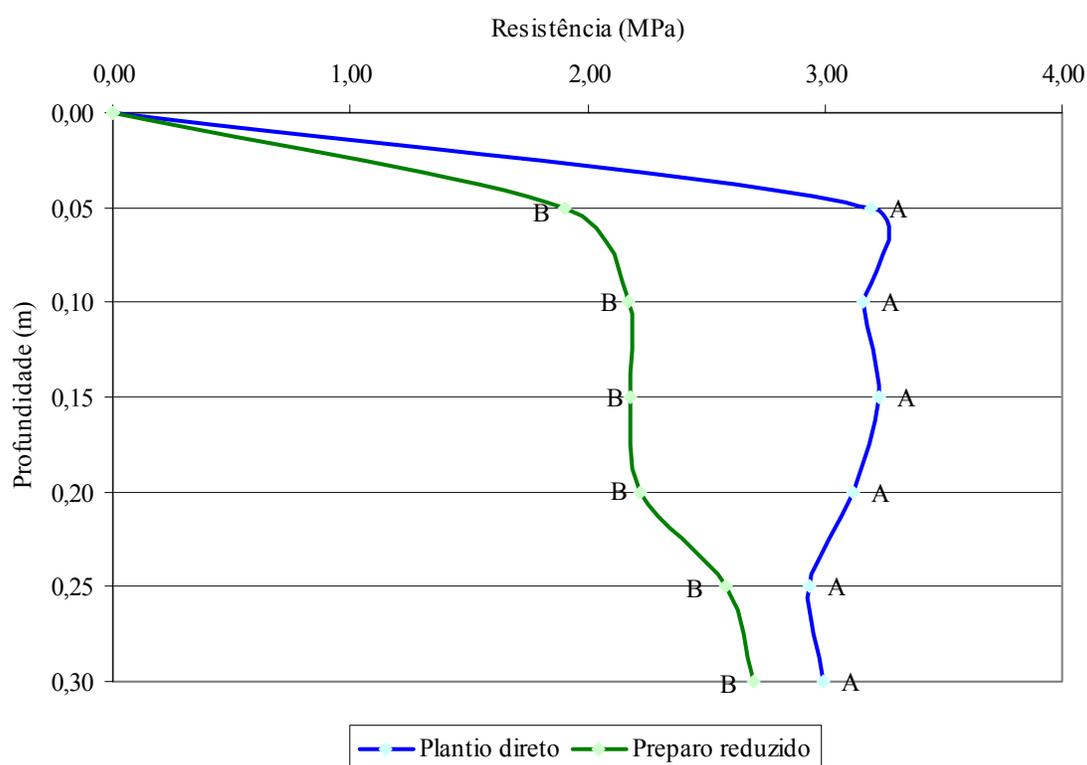


Figura 8. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) antes da instalação dos tratamentos no primeiro ano de condução do experimento sob dois sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades.

Como se pode constatar na Figura 9, a resistência mecânica do solo à penetração após a colheita de milho diferiu entre os sistemas de manejo do solo, sendo superior nos tratamentos com sistema plantio direto, concordando com os resultados obtidos

por Gonçalves (1999), Bertolini (2005) e Piffer (2008). A menor resistência à penetração no preparo reduzido decorre da desagregação do solo promovida pela operação de escarificação.

Apesar da resistência à penetração ser afetada pela textura, densidade do solo e conteúdo de água, Canarache (1990) sugere que valores acima de 2,5 MPa começam a restringir o pleno crescimento das raízes das plantas. Outros pesquisadores, como Sene et al. (1985), consideram críticos os valores que variam de 6,0 a 7,0 MPa para solos arenosos e em torno de 2,5 MPa para solos argilosos. Assim sendo, pode-se observar que no plantio direto há uma tendência à compactação a partir da profundidade de 0,05 m, decorrente da acomodação natural do solo, ausência de revolvimento e da compactação provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas. No entanto, de acordo os valores da precipitação pluvial contidos na Tabela 3, pode-se inferir que o teor de água do solo manteve-se propício a amenizar os efeitos dessa compactação superficial no desenvolvimento do sistema radicular das plantas de milho.

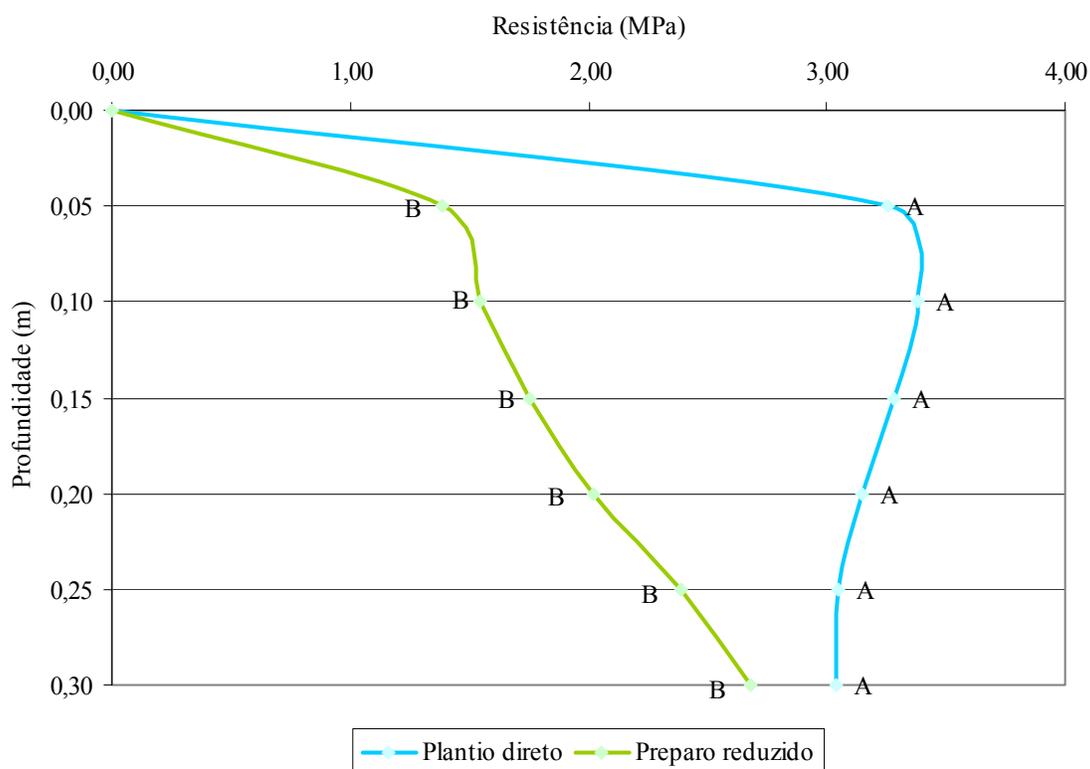


Figura 9. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) após a colheita do milho no segundo ano de condução do experimento sob dois sistemas de manejo do solo e diferentes profundidades.

Na Figura 10 verifica-se que no sistema plantio direto não ocorreram diferenças estatísticas na resistência mecânica do solo à penetração antes da instalação do experimento e após a colheita do milho no segundo ano, concordando com os resultados obtidos por Bertolini (2005).

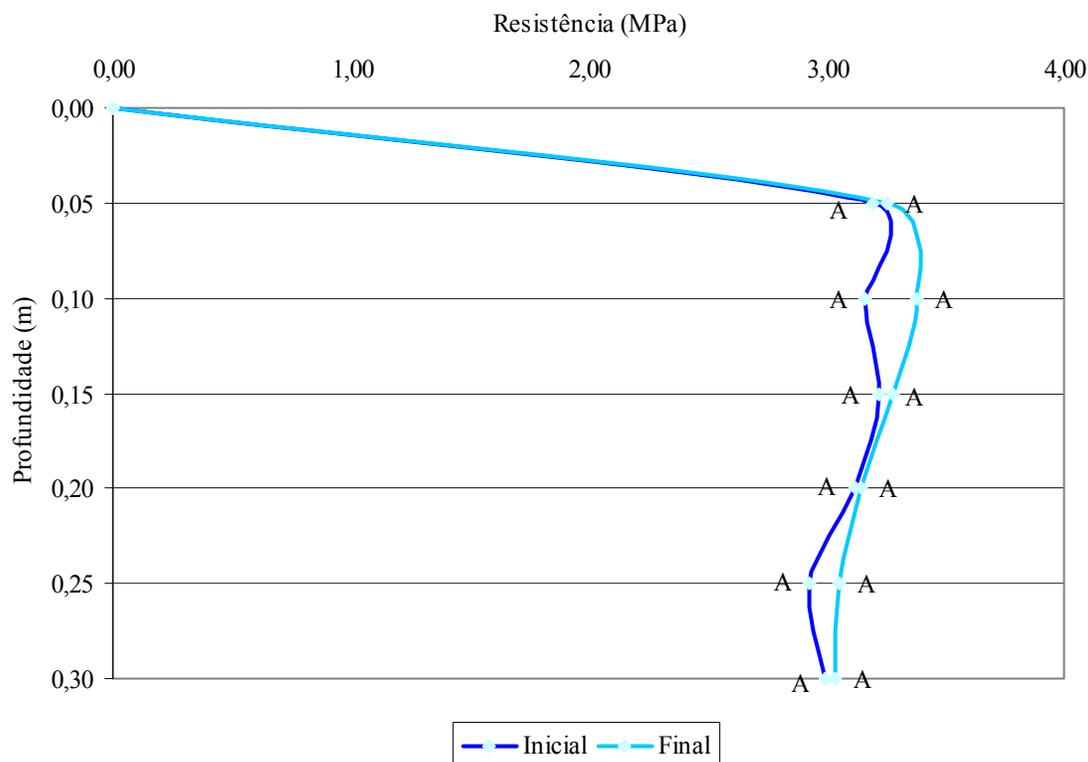


Figura 10. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) no sistema plantio direto antes da instalação do experimento (inicial) e após a colheita do milho no segundo ano de condução do experimento (final).

Na Figura 11 constata-se que, também no preparo reduzido, a resistência mecânica do solo à penetração não diferiu entre a determinação realizada antes da instalação do experimento e após a colheita do milho no segundo ano. Esses resultados diferem dos obtidos por Bertolini (2005), que verificou no preparo reduzido menor resistência à penetração após a colheita do milho em relação ao início do experimento. A discrepância entre este e àquele experimento se deve ao fato de que a resistência avaliada por Bertolini

(2005) no início do experimento foi realizada em solo submetido ao sistema plantio direto há três anos, não tendo efeito residual da escarificação como observado neste experimento.

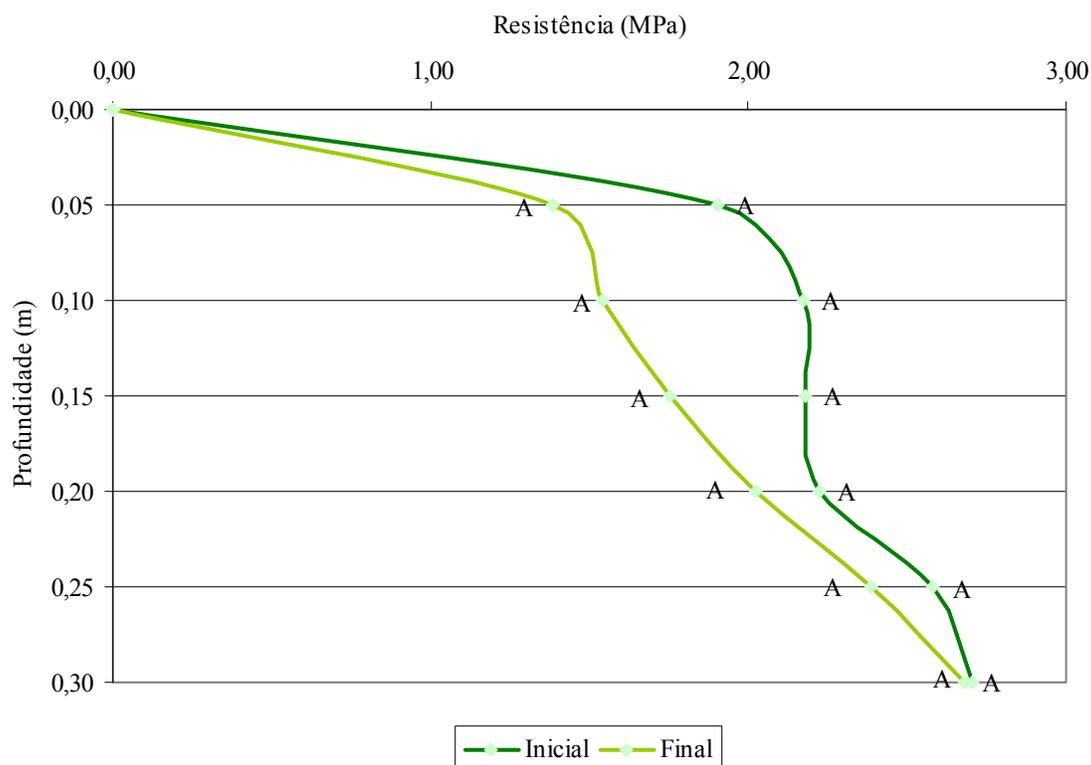


Figura 11. Resistência mecânica do solo à penetração (MPa) no preparo reduzido antes da instalação do experimento (inicial) e depois da colheita do milho no segundo ano de condução do experimento (final).

6.1.3 Teor de água do solo

Na Tabela 7, estão apresentados os teores de água no momento da implantação dos sistemas de manejo e da determinação da resistência mecânica à penetração do solo no primeiro ano de condução do experimento. Constata-se que não ocorreram diferenças estatísticas, possivelmente devido à semelhante quantidade e distribuição da cobertura vegetal presente na superfície e também em função da precipitação pluvial antes da instalação dos tratamentos.

Na Tabela 8, verifica-se que o teor de água do solo durante a operação de semeadura diferiu entre os sistemas de manejo, tendo-se observado maiores valores no sistema plantio direto em todas as camadas de profundidade avaliadas. Como no plantio direto os restos vegetais são mantidos na superfície do solo, possivelmente houve menor perda de água por evaporação, enquanto que no sistema de preparo reduzido a desagregação do solo aumentou a sua macroporosidade, o que facilitou a infiltração de água para camadas mais profundas.

Tabela 7. Teor de água no solo (%) no momento da determinação da resistência mecânica à penetração e da escarificação do solo no primeiro ano de condução do experimento.

Profundidade (m)	Plantio direto	Preparo reduzido
0-0,10	23,86 A	23,06 A
0,10-0,20	25,09 A	25,19 A
0,20-0,30	27,10 A	26,05 A

Tabela 8. Teor de água no solo (%) no momento da semeadura da cultura do milho no primeiro ano de condução do experimento.

Profundidade (m)	Plantio direto	Preparo reduzido
0-0,10	25,30 A	20,64 B
0,10-0,20	28,97 A	23,87 B
0,20-0,30	28,56 A	25,02 B

No segundo ano de condução do experimento, os teores de água no momento da implantação dos sistemas de manejo e da determinação da resistência mecânica à penetração do solo também não diferiram (Tabela 9), em função dos mesmos fatores discutidos para o primeiro ano de condução do experimento.

Durante a semeadura no segundo ano, em decorrência da precipitação pluvial ocorrida próxima a data dessa operação, não se constatou diferenças nos teores de água entre os sistemas de manejo do solo em todas as camadas de profundidades avaliadas (Tabela 10).

Tabela 9. Teor de água no solo (%) no momento da determinação da resistência mecânica à penetração e da escarificação do solo no segundo ano de condução do experimento.

Profundidade (m)	Plantio direto	Preparo reduzido
0-0,10	23,43 A	21,48 A
0,10-0,20	27,06 A	24,74 A
0,20-0,30	26,85 A	25,95 A

Tabela 10. Teor de água no solo (%) no momento da semeadura da cultura do milho no segundo ano de condução do experimento.

Profundidade (m)	Plantio direto	Preparo reduzido
0-0,10	28,15 A	27,53 A
0,10-0,20	27,76 A	28,63 A
0,20-0,30	28,93 A	28,33 A

Com base nos resultados obtidos no ensaio Normal de Proctor (Figura 3), pode-se constatar que as operações de adubação de pré-semeadura, escarificação do solo e semeadura do milho, tanto no primeiro como no segundo ano de condução do experimento, foram realizadas com teor de água do solo abaixo do valor crítico que leva a máxima densidade do solo, procurando dessa forma amenizar a compactação provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas na área experimental.

6.1.4 Análise química do solo

Ao final da condução do experimento constatou-se que as formas de adubação e os espaçamentos entrelinhas não afetaram significativamente os resultados obtidos nas análises químicas de solo. As diferenças estatísticas ocorreram em função dos sistemas de manejo do solo.

O teor de matéria orgânica do solo foi maior no sistema plantio direto em todas as camadas avaliadas, porém diferiu-se estatisticamente dos valores observados no preparo reduzido apenas na camada de 0 a 0,05 m de profundidade (Figura 12). Resultados

semelhantes foram obtidos por Muzilli (1983) quando comparou o preparo convencional com o sistema plantio direto.

O teor de fósforo diferiu entre o plantio direto e o preparo reduzido apenas na camada de 0 a 0,05 m de profundidade (Figura 13). O acúmulo de P próximo a superfície do solo no sistema plantio direto decorre do não revolvimento do solo que reduz o contato entre os colóides e o íon fosfato amenizando as reações de adsorção; da baixa mobilidade de seus compostos; da mineralização lenta e gradual dos resíduos orgânicos que proporciona a formação de formas orgânicas de P menos suscetíveis às reações de adsorção. Uma das principais características que influem na adsorção de P é a matéria orgânica (GONÇALVES et al., 1985), a qual interage com os óxidos de Al e Fe, resultando em redução dos sítios de fixação, por causa do recobrimento da superfície desses óxidos por moléculas de ácidos húmicos, acético e málico, ou pela formação de compostos na solução do solo.

Embora os valores de K não tenham diferido em função dos sistemas de manejo do solo em todas as camadas de profundidades avaliadas, verifica-se a tendência de se ter maior teor no sistema plantio direto nas camadas superficiais do solo (Figura 14). Maiores teores de K estatisticamente superiores no plantio direto na camada de 0-0,05 m de profundidade, foram relatados por Muzilli (1983), Sidiras e Pavan (1985) Centurion et al. (1985) Eltz et al. (1989), Merten e Mielniczuk (1991), Santos e Siqueira (1996), Silveira et al. (2000) e Santos e Tomm (2003), podendo significar maior disponibilidade para as culturas.

Os teores de Ca (Figura 15) e Mg (Figura 16) foram estatisticamente superiores no sistema plantio direto até 0,10 m de profundidade, enquanto que os valores de H + Al (Figura 17) foram estatisticamente menores nesse sistema na camada de 0 a 0,05 m. Estes resultados podem estar relacionados à aplicação do calcário sem incorporação em plantio direto. Resultados semelhantes foram obtidos por Sidiras e Pavan (1985).

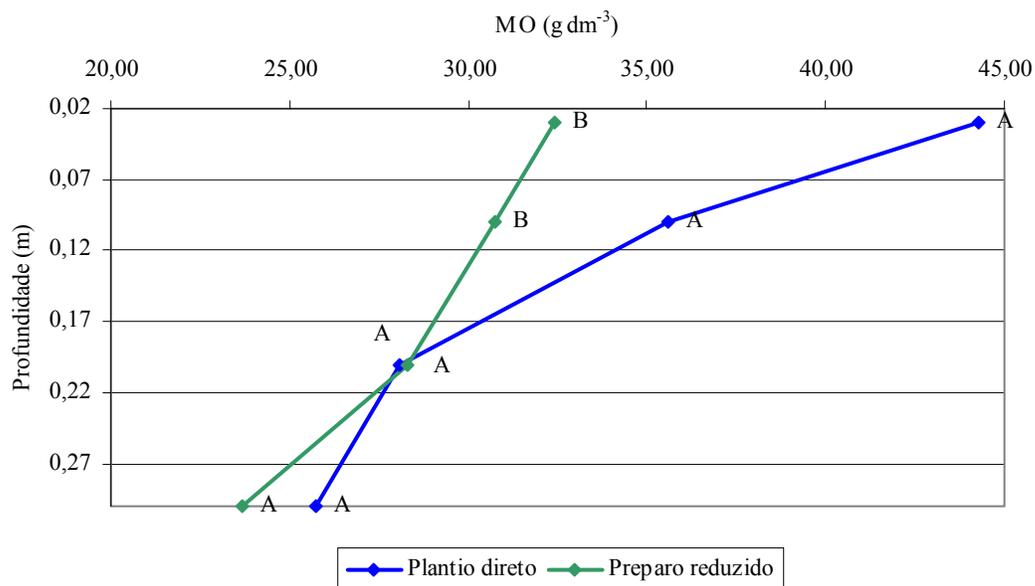


Figura 12. Distribuição dos valores de matéria orgânica (g dm^{-3}) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades.

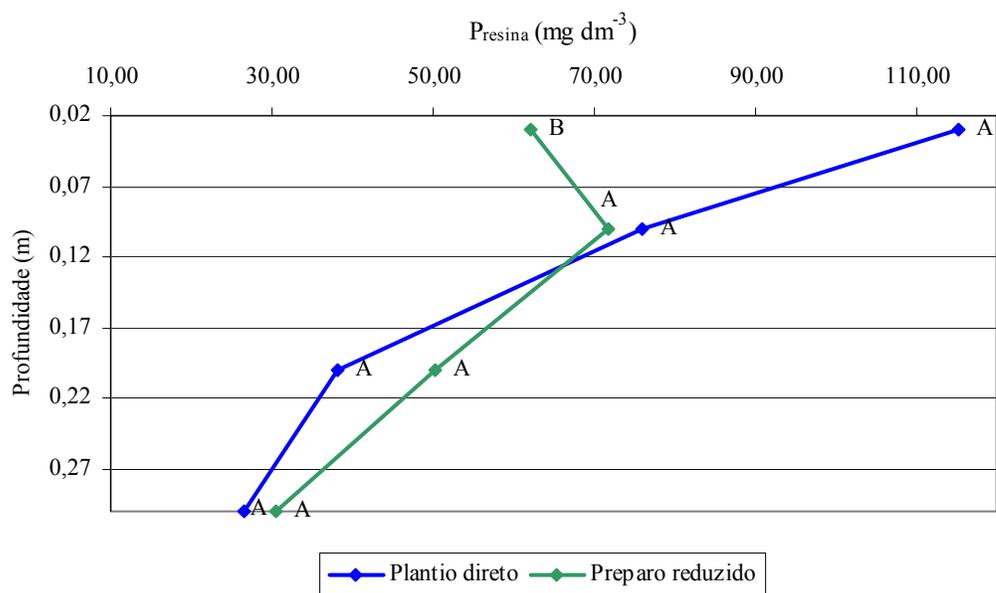


Figura 13. Distribuição dos valores de fósforo (mg dm^{-3}) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades.

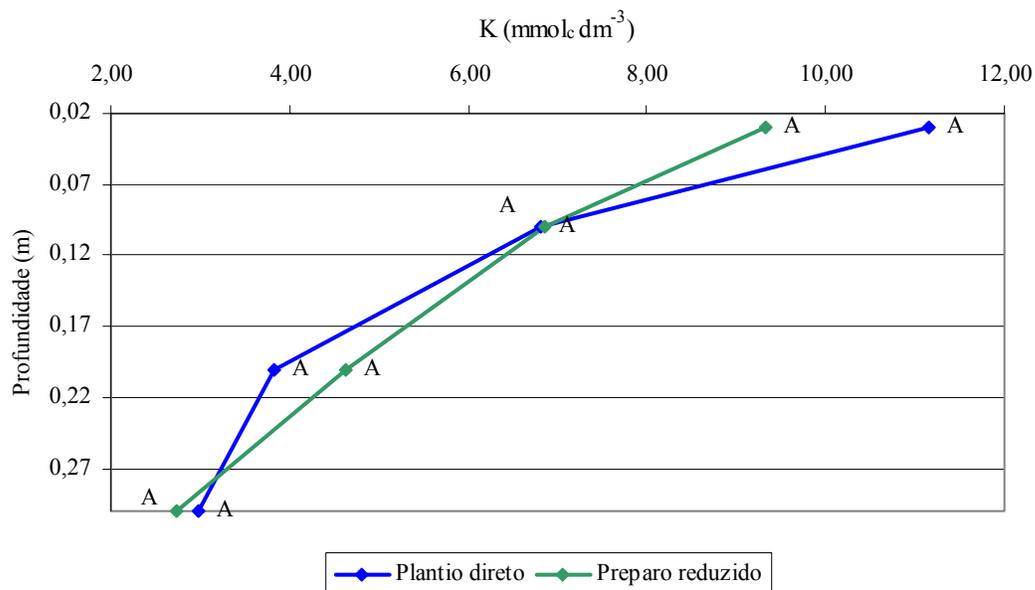


Figura 14. Distribuição dos valores de potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades.

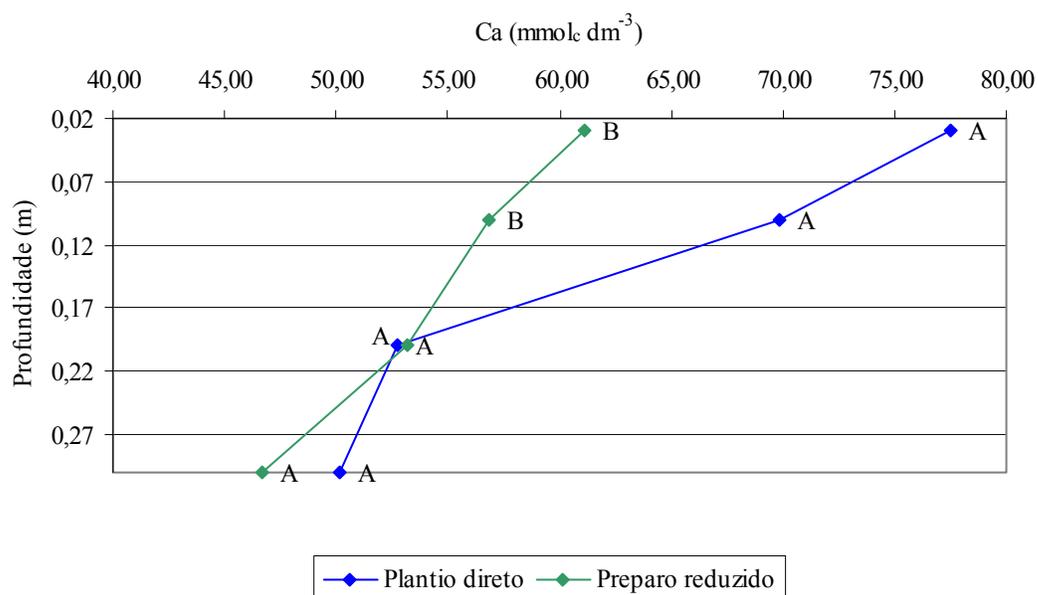


Figura 15. Distribuição dos valores de cálcio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades.

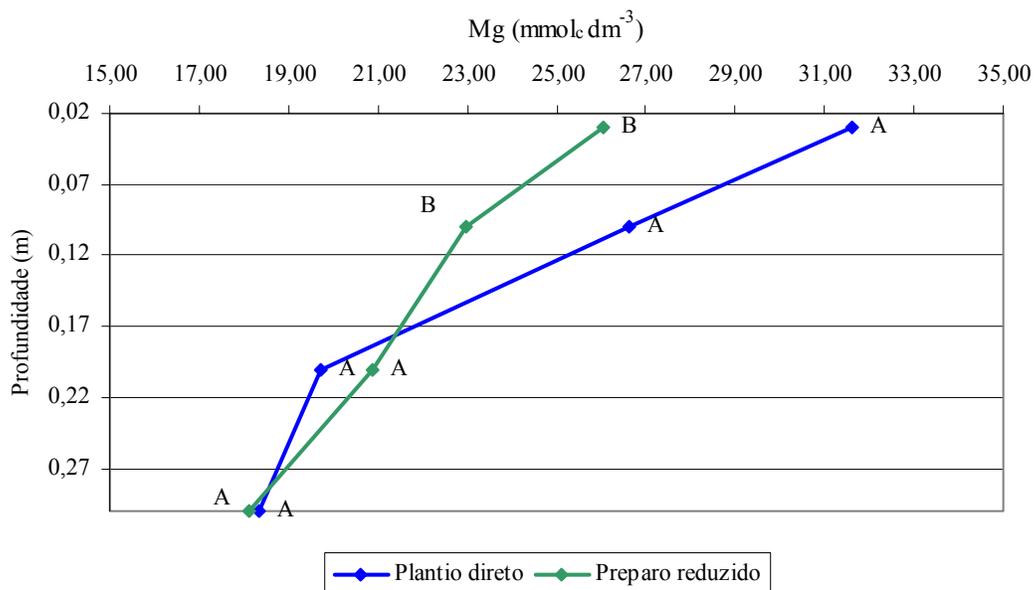


Figura 16. Distribuição dos valores de magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades.

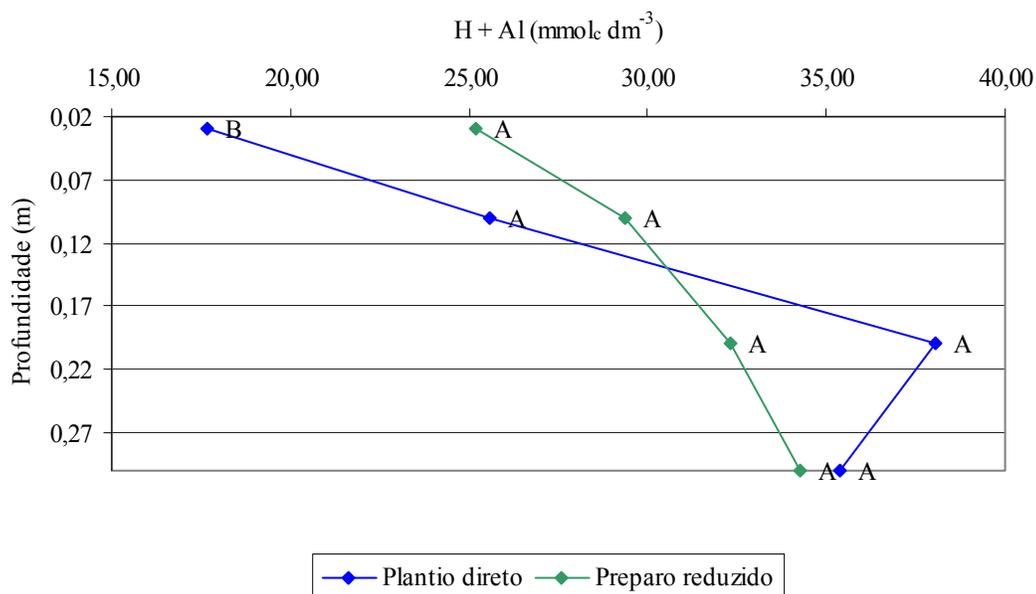


Figura 17. Distribuição dos valores de H + Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo em dois sistemas de manejo e diferentes profundidades

6.2 Avaliações referentes à demanda energética

6.2.1 Demanda energética na operação de adubação pré-semeadura na cultura do milho

Os resultados obtidos referentes à demanda energética da operação de adubação de pré-semeadura do milho são apresentados na Tabela 11. A velocidade média de deslocamento na operação de adubação de pré-semeadura foi relativamente baixa, com o propósito de se garantir a uniformidade da distribuição do adubo sobre o solo. Também se verifica que a velocidade para a execução dessa operação não diferiu estatisticamente em função dos sistemas de manejo do solo avaliados. Isto está diretamente relacionado ao fato da adubação de pré-semeadura ter sido realizada antes da mobilização do solo nos tratamentos de preparo reduzido, o que manteve a superfície do solo sem irregularidades, e pela homogeneidade da cobertura vegetal do solo entre os tratamentos. Pelo mesmo motivo, também a força média e máxima na barra de tração na operação de adubação de pré-semeadura não diferiram entre os sistemas de manejo do solo. Ressalta-se, no entanto, que a força média na barra de tração na operação de adubação de pré-semeadura foi 22,3 % maior quando realizada em solo escarificado.

Em função da ausência de diferenças estatísticas para os parâmetros de velocidade de deslocamento e de força média e máxima de tração na barra, a potência média e máxima não diferiram entre os sistemas de manejo do solo na operação de adubação de pré-semeadura. Destaca-se que a potência média requerida nessa operação foi 17% superior no preparo reduzido em relação ao plantio direto. Outro fator a se destacar é o superdimensionamento do trator utilizado, pois como se pode notar a potência máxima requerida foi de 3,37 kW e a potência do trator é de 89 KW.

A capacidade de campo efetiva de um equipamento vem a ser a quantidade real de trabalho produzida na unidade de tempo, sendo diretamente proporcional à variação da velocidade real de deslocamento e da largura real de trabalho. A largura real do equipamento usado para distribuição do adubo em pré-semeadura manteve-se constante (pois foi realizada uma única passada do equipamento por subsubparcela com adubação de pré-semeadura) nos sistemas de manejo do solo estudados, desta forma, apenas a velocidade

média de deslocamento poderia influir sobre os valores de capacidade de campo efetiva. Como a velocidade não variou entre sistemas de manejo do solo, verifica-se que na operação de adubação de pré-semeadura a capacidade de campo efetiva não foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo.

O tempo efetivo demandado é aquele consumido exclusivamente em trabalho produtivo, isto é, tempo em que os órgãos ativos da máquina efetivamente realizam a operação agrícola. Na Tabela 11 se constata que os sistemas de manejo do solo não influíram no tempo efetivo demandado para a realização da operação de adubação de pré-semeadura. Esse resultado está relacionado com os mesmos fatores que influíram na capacidade de campo efetiva, pois o tempo efetivo demandado é função inversa desse parâmetro.

O consumo específico de energia por área na operação de adubação de pré-semeadura não diferiu entre o plantio direto e o preparo reduzido, uma vez que estão relacionados com os parâmetros de potência média na barra e tempo efetivo demandado.

Também se verifica na Tabela 11 que o consumo horário de combustível na operação de adubação de pré-semeadura não diferiu em função dos sistemas de manejo do solo. No entanto, o consumo de combustível por área foi estatisticamente inferior no sistema plantio direto, o que pode ser reflexo dos resultados de consumo horário de combustível e de tempo efetivo demandado, que embora não tenham apresentado diferenças estatísticas, foram menores nesse sistema.

Tabela 11. Resultados das variáveis analisadas referentes à demanda energética obtidos na operação de adubação de pré-semeadura em dois sistemas de manejo do solo.

Variáveis analisadas	Plantio direto	Preparo reduzido
Velocidade (Km h ⁻¹)	4,84 A	4,65 A
Força (kgf)	75,42 A	92,29 A
Força máxima (kgf)	255,54 A	226,98 A
Potência (kW)	1,00 A	1,17 A
Potência máxima (kW)	3,37 A	2,88 A
Cce (ha h ⁻¹)	1,55 A	1,49 A
Ted (h ha ⁻¹)	0,65 A	0,67 A
Cee (kWh ha ⁻¹)	0,64 A	0,79 A
Consumo (L h ⁻¹)	6,72 A	6,85 A
Consumo (L ha ⁻¹)	4,34 B	4,61 A

6.2.2 Demanda energética na operação de semeadura do milho

Conforme mencionado anteriormente, as avaliações da demanda energética da operação de semeadura do milho foram realizadas no segundo ano de condução do experimento, quando se trabalhou com três linhas de semeadura espaçadas de 0,90 m e seis espaçadas de 0,45 m, ou seja, a semeadora-adubadora foi mantida com a mesma largura de trabalho para ambos os espaçamentos entrelinhas.

6.2.2.1 Velocidade de deslocamento

Não foram verificadas diferenças estatísticas na velocidade média de deslocamento na operação de semeadura em função dos tratamentos de manejos do solo, espaçamentos entrelinhas na cultura do milho e nas interações entre estes fatores (Tabela 12), o que pode ser explicado pelo superdimensionamento do trator utilizado para a realização desta operação. O superdimensionamento pode influir significativamente sobre os resultados obtidos, dificultando a visualização de certas diferenças entre os tratamentos estudados.

Silva (2004) também não encontrou diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo e entre os espaçamentos entrelinhas na velocidade de semeadura. No entanto nas interações entre os fatores, esse autor obteve maior velocidade de semeadura do milho no plantio direto com espaçamento de 0,90 m e no preparo reduzido com espaçamento de 0,45 m entrelinhas, concluindo que a menor profundidade de deposição de sementes resultou em maior velocidade de deslocamento da operação de semeadura.

Tabela 12. Velocidade média de deslocamento (km h^{-1}) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	5,07 aA	5,06 aA	5,06 a
45	5,10 aA	5,01 aA	5,05 a
Média manejo	5,09 A	5,03 A	

6.2.2.2 Força na barra de tração

Nas Tabelas 13 e 14 estão contidos os resultados da força média e máxima na barra de tração, respectivamente, obtidos na semeadura do milho nos diferentes sistemas de manejo do solo, espaçamentos entrelinhas e nas interações entre estes fatores. Constata-se que o sistema plantio direto teve menor requerimento de força na barra de tração diferindo-se do preparo reduzido, que proporcionou um aumento de 25,3% e 26,7% na força média e máxima. Também foram observadas diferenças estatísticas entre os espaçamentos entrelinhas, tendo o espaçamento de 0,45 m exigido 35% e 29,5% a mais de força, média e máxima respectivamente, na barra de tração em relação ao espaçamento de 0,90 m.

Nas interações, verifica-se que, tanto no plantio direto como no preparo reduzido, quando se utilizou o espaçamento de 0,45 m entrelinhas, maior foi a exigência de força na barra de tração, média e máxima (Tabelas 13 e 14, respectivamente), diferindo-se estatisticamente do espaçamento de 0,90 m. Isto decorre do maior número de unidades de semeadura utilizado no espaçamento de 0,45 m, que aumentou o peso da semeadora-adubadora e também o número de órgãos ativos para corte da palhada e abertura de sulcos no solo para deposição de sementes e adubos, aumentou o número de rodas de controle de profundidade e de rodas compactadoras, o que pode ter ocasionado maior resistência ao rolamento. Estes resultados discordam dos observados por Silva (2004), que obteve diferenças apenas no preparo reduzido, com menor força média no espaçamento de 0,45 m em função da menor profundidade de semeadura. No entanto esse autor trabalhou com quatro unidades de semeadura para o espaçamento de 0,90 m entrelinhas e seis unidades para o espaçamento de 0,45 m, aumentando em 50% o número de unidades de semeadura, enquanto que nesse experimento foram utilizadas três, espaçadas a 0,90 m e seis a 0,45 m, representando um aumento de 100%, o que pode justificar a discrepância entre os dois estudos.

Observa-se ainda que o sistema plantio direto exigiu menor força, média e máxima, na barra de tração em ambos os espaçamentos entrelinhas, tendo diferido estatisticamente do preparo reduzido. A maior exigência de esforço de tração com a semeadora no preparo reduzido pode ser atribuída à rugosidade superficial do solo decorrente da mobilização realizada pela operação de escarificação. Além disso, o empolamento do solo no preparo reduzido resultou no afundamento dos rodados da semeadora e conseqüentemente,

aumentou sua resistência ao rolamento. Resultados semelhantes foram obtidos por Levien (1999) e Piffer (2008).

Tabela 13. Força média (kgf) na barra de tração na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	624,27 bB	778,97 bA	701,62 b
45	839,38 aB	1.054,33 aA	946,85 a
Média manejo	731,83 B	916,65 A	

Tabela 14. Força máxima (kgf) na barra de tração na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	799,00 bB	1.018,00 bA	908,50 b
45	1.040,63 aB	1.313,25 aA	1.176,94 a
Média manejo	919,81 B	1.165,63 A	

6.2.2.3 Potência na barra de tração

Na operação de semeadura do milho o sistema plantio direto proporcionou menor demanda de potência média (Tabela 15), diferindo-se estatisticamente dos valores observados no preparo reduzido, concordando com os resultados obtidos por Levien (1999) e Piffer. (2008). Ressalta-se ainda que a semeadura em solo escarificado, comparada à realizada em sistema plantio direto, promoveu um aumento de 23,8% e 25,4% na potência média e máxima, respectivamente. Também foram notadas diferenças estatísticas entre os espaçamentos entrelinhas, tendo o espaçamento de 0,45 m exigido 34,6% e 29,1% a mais de potência média e máxima, respectivamente, em relação ao espaçamento de 0,90 m.

Como a velocidade média de deslocamento apresentou valores próximos e não diferiu entre os tratamentos, os resultados observados de requerimento de potência se devem principalmente às diferenças observadas na força de tração na barra, decorrentes das diferentes condições de superfície do solo entre os sistemas de manejo e pela variação do número de unidades de semeadura entre os espaçamentos entrelinhas, como

explicado anteriormente. Mahl (2002) verificou que o aumento de velocidade de deslocamento do conjunto trator semeadora provocou o aumento dos valores de potência e que as diferenças estatísticas no requerimento de potência foram semelhantes aos de força de tração na barra.

Nas interações, constata-se que, tanto no plantio direto como no preparo reduzido, quando se utilizou o espaçamento de 0,45 m entrelinhas maior foi a exigência de potência, média e máxima (Tabelas 15 e 16, respectivamente), diferindo-se estatisticamente do espaçamento de 0,90 m. Observa-se ainda que o sistema plantio direto requereu menor potência média na barra de tração em ambos os espaçamentos entrelinhas, tendo diferido estatisticamente do preparo reduzido. A potência máxima requerida não diferiu estatisticamente entre os sistemas de manejo do solo no espaçamento de 0,90 m, porém foi 27,5% maior no preparo reduzido em relação ao plantio direto. No espaçamento de 0,45 m, os dados obtidos revelaram diferenças estatísticas na potência máxima requerida entre os sistemas de manejo, onde os tratamentos com escarificação mostraram valores superiores àqueles observados no plantio direto. Silva (2004) não observou diferenças no requerimento de potência em função das interações entre manejos de solo e espaçamentos entrelinhas.

É importante ressaltar que a operação de semeadura do milho exigiu uma potência máxima de 18 kW, aproximadamente, e o trator utilizado tinha potência de 89 kW, ou seja, foi exigido do trator apenas 20% de sua capacidade, indicando o seu superdimensionamento para a realização desta operação.

Tabela 15. Potência média (kW) na barra de tração na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	8,62 bB	10,74 bA	9,68 b
45	11,67 aB	14,38 aA	13,02 a
Média manejo	10,14 B	12,56 A	

Tabela 16. Potência máxima (kW) na barra de tração na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	11,03 bA	14,06 bA	12,55 b
45	14,47 aB	17,92 aA	16,19 a
Média manejo	12,75 A	15,99 A	

6.2.2.4 Capacidade de campo efetiva

Em decorrência da invariabilidade da velocidade de deslocamento e da manutenção da largura de trabalho da semeadora-adubadora para todos os tratamentos (2,70 m), a capacidade de campo efetiva obtida na operação de semeadura do milho não diferiu estatisticamente entre os sistemas de manejo do solo, espaçamentos entrelinhas e nas interações entre esses fatores (Tabela 17).

Silva (2004) observou que o espaçamento de 0,90 m resultou numa capacidade de campo efetiva 24,5% superior à observada com espaçamento de 0,45 m. Entretanto, esse resultado decorreu principalmente da diferença na largura de trabalho da semeadora-adubadora para cada espaçamento, pois o autor utilizou 3,60 m para o espaçamento de 0,90 m e 2,70 m para o espaçamento de 0,45 m.

Mahl (2002) verificou maior capacidade de campo efetiva na operação de semeadura no sistema 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. A autora relata ainda que, o aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura de milho de 4,4 para 8,0 e 9,8 km h⁻¹, permitiu aumentar em 83 e 125% a capacidade de campo efetiva, respectivamente.

Tabela 17. Capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	1,37 aA	1,37 aA	1,37 a
45	1,38 aA	1,35 aA	1,37 a
Média manejo	1,37 A	1,36 A	

6.2.2.5 Tempo efetivo demandado

Assim como a capacidade de campo, o tempo efetivo demandado para semeadura do milho também não diferiu entre o plantio direto e o preparo reduzido, entre o

espaçamento de 0,90 e 0,45 m entrelinhas, e nas interações entre sistemas de manejo e espaçamento entrelinhas (Tabela 18). Silva (2004) também não verificou diferença no tempo efetivo demandado entre os sistemas de manejo do solo, porém obteve maiores valores no espaçamento de 0,45 m, em função da menor largura de trabalho da semeadora-adubadora, em relação ao espaçamento de 0,90 m.

Tabela 18. Tempo efetivo demandado (h ha^{-1}) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	0,73 aA	0,73 aA	0,73 a
45	0,73 aA	0,74 aA	0,73 a
Média manejo	0,73 A	0,74 A	

6.2.2.6 Consumo específico de energia por área

As diferenças verificadas nos resultados apresentados para consumo específico de energia por área, obtidos na operação de semeadura do milho nos diferentes sistemas de manejo do solo, espaçamentos entrelinhas e nas interações entre estes fatores (Tabela 19), se devem, principalmente, à potência requerida na barra, pois o tempo efetivo demandado não diferiu em função dos tratamentos e das interações entre eles.

Como se pode constatar na Tabela 19, o consumo específico de energia por área na operação de semeadura foi 25% menor no sistema plantio direto, diferindo-se estatisticamente dos valores observados no preparo reduzido, concordando com os resultados obtidos por Levien (1999). A semeadura do milho com espaçamento de 0,45 m entrelinhas resultou em um consumo específico de energia por área superior, em aproximadamente 35%, e estatisticamente diferente do observado no espaçamento de 0,90 m, concordando com os resultados obtidos por Silva (2004).

Nas interações, verifica-se que, tanto no plantio direto como no preparo reduzido, quando se utilizou o espaçamento de 0,45 m entrelinhas maior foi consumo de energia, diferindo-se estatisticamente do espaçamento de 0,90 m. Observa-se ainda que o

sistema plantio direto consumiu menos energia em ambos os espaçamentos entrelinhas, tendo diferido estatisticamente do preparo reduzido.

Tabela 19. Consumo específico de energia por área (kWh ha^{-1}) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	6,30 bB	7,86 bA	7,08 b
45	8,47 aB	10,64 aA	9,55 a
Média manejo	7,38 B	9,25 A	

6.2.2.7 Consumo de combustível

Os valores de consumo horário de combustível na operação de semeadura do milho estão demonstrados na Tabela 20, onde se verifica que o sistema plantio direto proporcionou um consumo horário de combustível 18% menor, diferindo-se estatisticamente do preparo reduzido. Estes resultados podem ser atribuídos a maior força de tração exigida pela semeadora devido à maior resistência ao rolamento em condições de solo escarificado. Também Levien (1999) observou menor consumo horário de combustível no sistema plantio direto em relação ao preparo reduzido.

O espaçamento de 0,45 m entrelinhas proporcionou valores de consumo horário de combustível estatisticamente superiores àqueles obtidos com 0,90 m entrelinhas, o que pode estar relacionado com o maior número de unidades de semeadura no espaçamento de 0,45 m. Esses resultados discordam dos obtidos por Silva (2004), que não observou diferenças estatísticas no consumo horário de combustível entre os sistemas de manejo do solo e entre os espaçamentos de 0,90 e 0,45 m entrelinhas.

Na operação de semeadura, em ambos os espaçamentos foram observadas diferenças estatísticas no consumo horário de combustível entre os sistemas de manejo do solo, tendo o plantio direto resultado em menor consumo. No preparo reduzido ocorreu diferença estatística entre os espaçamentos, com maior consumo verificado no espaçamento de 0,45 m entrelinhas. No sistema plantio direto, o consumo horário de combustível não diferiu em função dos espaçamentos entrelinhas, discordando dos resultados

relatados por Silva (2004), que obteve valores estatisticamente superiores com o espaçamento de 0,45 m no plantio direto.

Tabela 20. Consumo horário de combustível ($L h^{-1}$) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	8,83 aB	10,35 bA	9,59 b
45	9,30 aB	11,02 aA	10,16 a
Média manejo	9,07 B	10,69 A	

O consumo de combustível por área na operação de semeadura do milho não diferiu em função dos espaçamentos entrelinhas, tendo sido influenciado apenas pelos sistemas de manejo do solo (Tabela 21). Pode-se observar que o consumo por área foi maior na semeadura em solo escarificado, diferindo-se dos valores observados no plantio direto. Resultados semelhantes foram relatados por Levien (1999). Ainda na Tabela 21 verifica-se que, tanto no espaçamento de 0,90 m como no de 0,45 m, o sistema plantio direto proporcionou menor consumo de combustível por área semeada.

Tabela 21. Consumo de combustível por área ($L ha^{-1}$) na operação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	6,48 aB	7,59 aA	7,04 a
45	6,76 aB	8,15 aA	7,45 a
Média manejo	6,62 B	7,87 A	

Diferenças quanto aos valores da demanda energética podem ser atribuídas às variações na classe, granulometria, teor de água e densidade do solo, cobertura e uso anterior, profundidade de trabalho, velocidade de deslocamento, constituição do equipamento empregado e também em relação ao trator utilizado (tipo de tração e de pneus, pressão de inflação dos pneus, potência do motor, massa total e distribuição de peso, composição e temperatura do combustível, bem como alterações no sistema de injeção de um mesmo trator com o decorrer das horas de uso). De acordo com Levien (1999), estes fatores

nem sempre estão relatados nos trabalhos científicos, dificultando uma discussão mais aprofundada das causas da disparidade entre os resultados encontrados por diferentes autores.

6.3 Avaliações referentes à cobertura vegetal do solo

6.3.1 Massa seca e relação carbono/nitrogênio da cobertura vegetal do solo

A cobertura vegetal do solo, como explicado anteriormente, foi constituída pela vegetação espontânea oriundas do pousio de inverno e restos de culturas. Alguns autores têm demonstrado que na impossibilidade de se produzir uma cobertura do solo adequada com culturas de inverno, tem-se a opção de obtê-la a partir da vegetação espontânea produzida durante o pousio de inverno. Silva (2000) relata que a obtenção da camada vegetal protetora do solo com a própria vegetação espontânea apresenta como vantagem a redução de custos, uma vez que se aproveitam as plantas desenvolvidas na área durante o pousio, sem a necessidade da implantação de um adubo verde. Pontes (1999) cita que as plantas silvestres são espécies que, ao longo de um processo evolutivo, adquiriram grande capacidade de colonizar ambientes perturbados pelo homem, apresentando grande adaptabilidade ambiental, portanto, conseguindo se desenvolver em condições adversas, ocupando a área agricultável. No entanto, essas espécies podem tender a aumentar sua infestação e se tornar de difícil controle, o que implicará num maior custo no seu manejo.

A massa seca e a relação carbono nitrogênio da cobertura vegetal do solo no primeiro ano de condução do experimento não diferiram estatisticamente entre as parcelas destinadas aos sistemas de manejo do solo, indicando homogeneidade da área experimental antes da instalação dos tratamentos (Tabela 22). No ano de 2005, a cobertura do solo presente na área experimental era composta por rubim (*Leonurus sibiricus* L.), capim-colônia (*Panicum maximum* Jacq.), capim-massarabá [*Sorghum halepense* (L.) Pers.], capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.), capim-amargoso [*Digitaria insularis* (L.) Fedde], apaga-fogo (*Alternanthera tenella* Colla), picão-preto (*Bidens pilosa* L.), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), cordão-de-frade [*Leonotis nepetifolia* (L.) W. T. Aiton], nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.), aveia-preta (*Avena strigosa* Schreber), mamona (*Ricinus communis* L.) e restos das culturas de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] e milho (*Zea mays* L.).

Tabela 22. Massa seca (kg ha^{-1}) e relação carbono nitrogênio da cobertura vegetal do solo antes da instalação dos tratamentos no primeiro ano de condução do experimento.

Manejo do solo	Massa seca da vegetação espontânea	Relação C/N
Plantio direto	8.602 a	66/1 a
Preparo reduzido	8.052 a	61/1 a

Em 2006 a cobertura do solo foi composta por capim-colonião, capim-massambará, rubim, capim-amargoso, trapoeraba, nabiça, capim-carrapicho, mamona e por restos da cultura do milho da safra anterior. Assim como no primeiro ano de condução do experimento, a massa seca e a relação carbono nitrogênio da cobertura vegetal do solo antes da instalação dos tratamentos no segundo não diferiram estatisticamente entre as parcelas destinadas aos sistemas de manejo do solo, indicando homogeneidade da área experimental antes da instalação dos tratamentos (Tabela 23).

Tabela 23. Massa seca (kg ha^{-1}) e relação carbono nitrogênio da cobertura vegetal do solo antes da instalação dos tratamentos no segundo ano de condução do experimento.

Manejo do solo	Massa seca da vegetação espontânea	Relação C/N
Plantio direto	9.431 a	67/1 a
Preparo reduzido	10.358 a	67/1 a

Como se pode constatar, tanto no primeiro ano como no segundo ano de condução do experimento, a cobertura vegetal do solo teve relação C/N superior a 60/1. Lopes et al. (2004) citam que uma relação C/N superior a 30/1 resulta na imobilização temporária de N mineral pela biomassa microbiana podendo causar deficiência na cultura em desenvolvimento. O processo de mineralização predomina no caso da presença de resíduos que possuem relação C/N entre 15/1 e 20/1.

6.3.2 Porcentagem de cobertura do solo

Os percentuais de solo coberto pela palhada, antes da instalação dos tratamentos no primeiro ano de condução do experimento, se encontram na Tabela 24, onde

pode ser observado que não houve diferenças estatísticas na porcentagem de cobertura entre as parcelas destinadas a cada sistema de manejo do solo e espaçamentos entrelinhas, indicando a homogeneidade da área experimental.

Tabela 24. Porcentagem (%) de cobertura do solo antes da instalação dos tratamentos no primeiro ano de condução do experimento.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	96 aA	96 aA	96 a
45	96 aA	95 aA	95 a
Média manejo	96 A	95 A	

Na Tabela 25 estão demonstrados os valores de porcentagem de cobertura do solo após a semeadura da cultura do milho no primeiro ano de condução do experimento. Verifica-se que o sistema plantio direto manteve 89,38% de cobertura da superfície do solo diferindo-se do preparo reduzido, que proporcionou 37,44% de cobertura do solo após a semeadura do milho. Nas parcelas de preparo reduzido, a incorporação de restos vegetais foi realizada principalmente pela ação do escarificador, enquanto que no plantio direto a incorporação da palhada foi proporcionada pela semeadora-adubadora, uma vez que a mobilização do solo nesse sistema é realizada apenas na linha de semeadura.

A cobertura do solo pode variar com o tipo, quantidade e a forma de manejo (químico ou mecânico) dos resíduos e com o equipamento empregado. Dessa forma, Levien (1999), Leite (2002), Silva (2004) e Piffer (2008) constataram que o sistema plantio direto proporciona maior porcentagem de cobertura vegetal sobre o solo, seguido pelo preparo reduzido e preparo convencional. Bertolini (2005) obteve 92,8 e 47,2% de cobertura após os manejos em plantio direto e preparo com escarificação, respectivamente.

Ainda na Tabela 25 pode-se constatar que apesar do maior número de unidades de semeadura utilizado no espaçamento de 0,45 m, o percentual de cobertura do solo não diferiu estatisticamente em função dos espaçamentos entrelinhas, tanto no plantio direto como no preparo reduzido. Silva (2004) também não observou influência dos espaçamentos entrelinhas sobre a porcentagem de cobertura do solo.

Tabela 25. Porcentagem (%) de cobertura do solo após a semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo	
	PD	PR
90	91 aA	38 aB
45	88 aA	37 aB
Média manejo	90 A	37 B

Como se pode verificar na Tabela 26, também no segundo ano de condução do experimento a cobertura vegetal do solo não diferiu entre as parcelas antes da instalação dos tratamentos indicando a homogeneidade da área experimental.

Tabela 26. Porcentagem (%) de cobertura do solo antes da instalação dos tratamentos no segundo ano de condução do experimento.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	97 aA	96 aA	96 a
45	96 aA	96 aA	96 a
Média manejo	97 A	96 A	

Verifica-se na Tabela 27 que o percentual de solo coberto no segundo ano de condução do experimento também não diferiu em função dos espaçamentos entrelinhas, tendo sido influenciado apenas pelos sistemas de manejo do solo. O preparo reduzido manteve em média 52,56% da cobertura vegetal, enquanto que o plantio direto manteve 90,19% de solo coberto.

Tabela 27. Porcentagem (%) de cobertura do solo após a semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo	
	PD	PR
90	91 aA	53 aB
45	89 aA	52 aB
Média manejo	90 A	56 B

No segundo ano de condução do experimento, nota-se que no preparo reduzido houve um aumento na porcentagem de cobertura do solo em relação ao primeiro ano, possivelmente devido à maior quantidade de massa seca dos resíduos vegetais presentes na superfície do solo em relação ao primeiro ano de condução do experimento, conforme se pode constatar nas Tabelas 22 e 23.

De acordo com Allmaras e Dowdy (1985), Magleby e Schertz (1988) e ASAE (1992), o preparo conservacionista é aquele que mantém no mínimo 30% de cobertura da superfície do solo por resíduos culturais após a semeadura da cultura, portanto com base nos resultados obtidos nesse experimento, conclui-se que o sistema plantio direto e o preparo reduzido com escarificador conjugado com rolo destorroador/nivelador podem ser considerados sistemas conservacionistas de manejo do solo.

6.4 Avaliações referentes ao crescimento e desenvolvimento da cultura do milho

6.4.1 Profundidade de deposição da semente

Conforme pode ser constatado nas Tabelas 28 e 29, a profundidade de deposição das sementes na operação de semeadura da cultura do milho não diferiu entre os tratamentos avaliados nos dois anos de condução do experimento, pois a regulagem da semeadora-adubadora foi realizada especificamente para cada condição de manejo do solo e espaçamento entrelinhas a fim de proporcionar a mesma profundidade de deposição de sementes. A homogeneidade na profundidade de deposição das sementes entre os tratamentos estudados é importante, pois dessa forma se assegura que possíveis variações na velocidade de emergência e estabelecimento das plantas decorram apenas em função das diferenças entre os tratamentos estudados. Argenta et al. (2001) mencionam que a variação na profundidade de semeadura numa mesma lavoura pode aumentar a variabilidade entre plantas por influenciar a velocidade de emergência das plântulas, diminuindo a produtividade. A redução na produtividade se deve ao fato de que as plantas com emergência atrasada apresentam desvantagem competitiva por água, luz e nutrientes em relação às que emergem primeiro.

Piffer (2008) também não encontrou diferença estatística na profundidade de deposição da semente entre os sistemas convencional, reduzido e direto. Em contrapartida, Levien (1999) observou diferenças estatísticas entre os três sistemas de manejo, e relatou que as diferenças na profundidade de semeadura entre o preparo convencional e o escarificado se devem a problemas de regulação específica para cada condição de superfície, enquanto que plantio direto a obtenção de profundidades menores se devem à compactação superficial do solo, dificultando a penetração dos sulcadores de discos duplos.

Silva (2004) obteve diferenças na profundidade de deposição das sementes nos sistemas de manejo e nos espaçamentos entrelinhas. A maior profundidade de deposição das sementes nos preparos convencional e reduzido foi atribuída por esse autor à menor resistência ao corte oferecida por causa da mobilização do solo realizada nesses sistemas. Com relação aos espaçamentos, o autor relata que devido ao maior número de unidades de semeadura no espaçamento de 0,45 m, o peso da semeadora foi melhor distribuído, resultando em menor capacidade de penetração dos mecanismos de abertura de sulcos comparado ao espaçamento de 0,90 m. Já Leite (2002) não encontrou influência dos espaçamentos entrelinhas na profundidade de deposição das sementes.

Tabela 28. Profundidade de deposição das sementes de milho (cm) pela semeadora-adubadora em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	4,38 aA	4,88 aA	4,63 a
45	4,78 aA	5,05 aA	4,91 a
Média manejo	4,58 A	4,96 A	

Tabela 29. Profundidade de deposição das sementes de milho (cm) pela semeadora-adubadora em dois sistemas de manejo do solo e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

Espaçamento entrelinhas	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
90	4,80 aA	5,20 aA	5,00 a
45	5,08 aA	5,38 aA	5,23 a
Média manejo	4,94 A	5,29 A	

6.4.2 População inicial de plantas

Nas Tabelas 30a e 30b, pode-se constatar que a população inicial não foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo, formas de adubação e espaçamentos entrelinhas. Marques (1999), Leite (2002), Bertolini (2005) e Piffer (2008) também não encontraram diferenças estatísticas na população inicial de milho entre os diferentes sistemas de manejo do solo que avaliaram. Já Silva (2000), teve a população inicial de milho influenciada pelos sistemas de manejos do solo, onde a maior população inicial de plantas foi verificada no sistema plantio direto e a menor no preparo convencional; já o preparo com escarificação teve comportamento intermediário. Silva (2004) não verificou influência dos espaçamentos e Bertolini (2005) não verificou influência da antecipação da adubação na população inicial de milho.

Tabela 30a. População inicial de plantas de milho (plantas ha⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	62.647 aA	59.706 aA	60.727 a
A45	61.389 aA	59.167 aA	
	62.018 A	59.436 A	
S90	63.235 aA	62.059 aA	61.532 a
S45	59.722 bA	61.111 aA	
	61.479 A	61.585 A	
Média manejo	61.748 A	60.511 A	Média espaçamento
90	62.941 aA	60.882 aA	61.912 a
45	60.556 aA	60.139 aA	60.347 a

No entanto, na interação entre formas de adubação e espaçamentos entrelinhas houve diferença estatística, de maneira que na adubação convencional a população inicial foi maior no espaçamento de 0,90 m. Verifica-se também que na combinação plantio direto e adubação convencional a população inicial foi influenciada pelos espaçamentos entrelinhas, com maiores valores obtidos no espaçamento de 0,90 m.

Tabela 30b. População inicial de plantas de milho (plantas ha⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	62.647 aA	63.235 aA	61.748 a
PD45	61.389 aA	59.722 bA	
	62.018 A	61.479 A	
PR90	59.706 aA	62.059 aA	60.511 a
PR45	59.167 aA	61.111 aA	
	59.436 A	61.585 A	
Média adubação	60.727 A	61.532 A	Média espaçamento
90	61.177 aA	62.647 aA	61.912 a
45	60.278 aA	60.417 bA	60.347 a

No segundo ano de condução do experimento, não se verificou diferenças estatísticas na população inicial de plantas de milho em função dos sistemas de manejo, formas de adubação e espaçamentos entrelinhas, concordando com os resultados observados no primeiro ano (Tabelas 31a e 31b).

Nas interações foram constatadas diferenças estatísticas. Com relação aos sistemas de manejo e formas de adubação verificou-se que na adubação convencional o plantio direto resultou em maior população inicial e no preparo reduzido maior população inicial foi obtida com a adubação de pré-semeadura. Bertolini (2005) não obteve diferenças estatísticas nas interações entre sistemas de manejo do solo e épocas de adubação do milho.

Avaliando-se os espaçamentos entrelinhas nos sistemas de manejo, apenas no plantio direto se verificou diferença estatística na população inicial, sendo esta superior no espaçamento de 0,45 m. Analisando-se os manejos em cada um dos espaçamentos, verifica-se que apenas no espaçamento de 0,45 m ocorreram variações estatísticas, tendo o plantio direto resultado em maior população inicial.

Na interação entre os três fatores, constata-se que no sistema plantio direto, tanto na adubação de pré-semeadura como na adubação convencional, o espaçamento de 0,45 m proporcionou maior população inicial, diferindo-se dos valores obtidos com o espaçamento de 0,90 m.

Na adubação realizada na semeadura com espaçamento de 0,45 m verifica-se que a população inicial diferiu entre os sistemas de manejo, com maiores valores

observados no plantio direto. Também é possível se constatar que na combinação plantio direto e espaçamento de 0,45 m entrelinhas houve diferença estatística na população inicial em função das formas de adubação, tendo a adubação convencional resultado em maiores valores.

Tabela 31a. População inicial de plantas de milho (plantas ha⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	59.412 bA	62.941 aA	61.560 a
A45	62.778 aA	61.111 aA	
	61.095 A	62.026 A	
S90	60.294 bA	58.824 aA	60.613 a
S45	65.000 aA	58.333 aB	
	62.647 A	58.578 B	
Média manejo	61.871 A	60.302 A	Média espaçamento
90	59.853 bA	60.882 aA	60.368 a
45	63.889 aA	59.722 aB	61.806 a

Tabela 31b. População inicial de plantas de milho (plantas ha⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	59.412 bA	60.294 bA	61.871 a
PD45	62.778 aB	65.000 aA	
	61.095 A	62.647 A	
PR90	62.941 aA	58.824 aA	60.302 a
PR45	61.111 aA	58.333 aA	
	62.026 A	58.578 B	
Média adubação	61.560 A	60.613 A	Média espaçamento
90	61.176 aA	59.559 aA	60.368 a
45	61.944 aA	61.667 aA	61.806 a

6.4.3 População final de plantas

Nas Tabelas 32a e 32b, verifica-se que a população final de plantas no primeiro ano de condução do experimento não diferiu em função dos sistemas de manejo de solo, formas de adubação, espaçamentos entrelinhas e na interação desses fatores. Também

Leite (2002) e Silva (2004) não observaram diferenças significativas na população final em função dos sistemas de manejo de solo e espaçamentos entrelinhas, concordando, portanto, com os resultados dessa pesquisa. Silva (2000) e Arf et al. (2007) obtiveram maior população final no plantio direto enquanto Piffer (2008) verificou maiores valores no preparo convencional e reduzido.

Entre as épocas de adubação, também Bertolini (2005) e Silva et al. (2005b) não constataram diferenças na população final de milho entre a adubação de pré-semeadura e a adubação convencional.

Tabela 32a. População final de plantas de milho (plantas ha⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	59.412 aA	56.765 aA	57.933 a
A45	58.889 aA	56.667 aA	
	59.150 A	56.716 A	
S90	60.588 aA	58.235 aA	58.525 a
S45	56.944 aA	58.333 aA	
	58.766 A	58.284 A	
Média manejo	58.958 A	57.500 A	Média espaçamento
90	60.000 aA	57.500 aA	58.750 a
45	57.917 aA	57.500 aA	57.708 a

Tabela 32b. População final de plantas de milho (plantas ha⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	59.412 aA	60.588 aA	58.958 a
PD45	58.889 aA	56.944 aA	
	59.150 A	58.766 A	
PR90	56.765 aA	58.235 aA	57.500 a
PR45	56.667 aA	58.333 aA	
	56.716 A	58.284 A	
Média adubação	57.933 A	58.525 A	Média espaçamento
90	58.088 aA	59.412 aA	58.750 a
45	57.778 aA	57.639 aA	57.708 a

Diferentemente do primeiro ano de condução do experimento, no segundo ano (Tabelas 33a e 33b) se constataram diferenças estatísticas na população final em função dos sistemas de manejo do solo e dos espaçamentos entrelinhas. O plantio direto resultou em maior população final em relação ao preparo reduzido. Piffer (2008) verificou influência dos preparos nas populações finais de plantas de milho, tendo o preparo convencional e o cultivo mínimo maiores populações finais. O autor atribui a baixa população final no sistema plantio direto aos altos valores de densidade do solo e de resistência mecânica do solo à penetração. Já Silva (2000) encontrou influência desses mesmos manejos nas populações finais de plantas de milho, mas o plantio direto e o preparo com escarificação apresentaram valores superiores ao preparo convencional.

O espaçamento de 0,45 m entrelinhas proporcionou maior população final em relação ao espaçamento de 0,90 m, discordando dos resultados obtidos por Leite (2002) e Silva (2004). Como a população inicial não diferiu em função dos espaçamentos entrelinhas, pode-se inferir que a maior competição intra-específica por água, luz e nutrientes no espaçamento de 0,90 m possa ter influenciado significativamente para a redução do estande final.

Nas interações duplas também ocorreram diferenças estatísticas. Verifica-se que na adubação convencional, maiores populações foram obtidas no sistema plantio direto e que no preparo reduzido maior população foi observada na adubação de pré-semeadura.

Na interação entre sistemas de manejo e espaçamentos, verifica-se que no plantio direto a maior população foi obtida no espaçamento de 0,45 m. Avaliando os sistemas de manejo do solo no espaçamento de 0,45 m, nota-se que o preparo reduzido resultou em menor população final.

Entre as formas de adubação e espaçamentos ocorreu diferença estatística apenas na adubação convencional, onde o espaçamento de 0,45 m possibilitou a obtenção de maior população final em relação ao espaçamento de 0,90 m.

Na interação tripla observa-se que, no sistema plantio direto com adubação convencional o espaçamento de 0,45 m propiciou a obtenção de maior população final, diferindo-se estatisticamente dos valores obtidos no espaçamento de 0,90 m.

Na adubação convencional com espaçamento de 0,45 m os sistemas de manejo diferiram com relação à população final, tendo o plantio direto apresentado os maiores valores. Na combinação plantio direto e espaçamento de 0,45 m entrelinhas a população final diferiu entre as formas de adubação, com maiores valores obtidos na adubação convencional.

Tabela 33a. População final de plantas de milho (plantas ha⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	55.000 aA	59.412 aA	57.631 a
A45	58.333 aA	57.778 aA	
	56.667 A	58.595 A	
S90	55.000 bA	54.412 aA	56.381 a
S45	62.778 aA	53.333 aB	
	58.889 A	53.873 B	
Média manejo	57.778 A	56.234 B	Média espaçamento
90	55.000 bA	56.912 aA	55.956 b
45	60.556 aA	55.556 aB	58.056 a

Tabela 33b. População final de plantas de milho (plantas ha⁻¹) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	55.000 aA	55.000 bA	57.778 a
PD45	58.333 aB	62.778 aA	
	56.667 A	58.889 A	
PR90	59.412 aA	54.412 aA	56.234 b
PR45	57.778 aA	53.333 aA	
	58.595 A	53.873 B	
Média adubação	57.631 A	56.381 A	Média espaçamento
90	57.206 aA	54.706 bB	55.956 b
45	58.056 aA	58.056 aA	58.056 a

6.4.4 Índice de sobrevivência

Constata-se nas Tabelas 34a e 34b, que o índice de sobrevivência observado no primeiro ano de condução do experimento não foi influenciado pelos sistemas

de manejo do solo, formas de adubação e espaçamentos entrelinhas. Nas interações entre os fatores nota-se que, apenas, no preparo reduzido com adubação convencional o espaçamento de 0,45 m propiciou maiores valores e estatisticamente diferentes dos observados no tratamento de preparo reduzido com adubação convencional e espaçamento de 0,90 m

Tabela 34a. Índice de sobrevivência das plantas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	95 aA	95 aA	95 a
A45	96 aA	96 aA	
	95 A	95 A	
S90	96 aA	94 bA	95 a
S45	95 aA	95 aA	
	95 A	95 A	
Média manejo	95 A	95 A	Média espaçamento
90	95 aA	94 aA	95 a
45	96 aA	96 aA	96 a

Tabela 34b. Índice de sobrevivência das plantas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	95 aA	96 aA	95 a
PD45	96 aA	95 aA	
	95 A	95 A	
PR90	95 aA	94 bA	95 a
PR45	96 aA	95 aA	
	95 A	95 A	
Média adubação	95 A	95 A	Média espaçamento
90	95 aA	95 aA	95 a
45	96 aA	95 aA	96 a

No segundo ano de condução do experimento também não se observou influência dos sistemas de manejo do solo, das formas de adubação e do espaçamento entre linhas, quando avaliados de maneira isolada (Tabelas 35a e 35b)

Nas interações duplas, verifica-se que no sistema plantio direto diferenças estatísticas foram obtidas entre os espaçamentos, tendo o espaçamento de 0,45 m resultado em maior índice de sobrevivência. Na adubação convencional, maior índice de sobrevivência foi obtido utilizando-se o espaçamento de 0,45 m.

Tabela 35a. Índice de sobrevivência das plantas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	92 aA	94 aA	94 a
A45	93 aA	95 aA	
	93 A	94 A	
S90	91 bA	92 aA	93 a
S45	97 aA	91 aA	
	94 A	92 A	
Média manejo	93 A	93 A	Média espaçamento
90	92 aA	93 aA	93 a
45	95 bA	93 aA	94 a

O sistema plantio direto com adubação convencional possibilitou variações estatísticas em função dos espaçamentos, resultando em maior índice de sobrevivência quando se utilizou o espaçamento de 0,45 m. As formas de adubação influenciaram o índice de sobrevivência quando combinadas com o plantio direto e o espaçamento de 0,45 m, tendo-se obtido maior índice com a adubação convencional.

Tabela 35b. Índice de sobrevivência das plantas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	92 aA	91 bA	93 a
PD45	93 aB	97 aA	
	93 A	94 A	
PR90	94 aA	92 aA	93 a
PR45	95 aA	91aA	
	94 A	92 A	
Média adubação	94 A	93 A	Média espaçamento
90	93 aA	92 bA	93 a
45	94 aA	94 aA	94 a

6.4.5 Teor de nitrogênio nas folhas de milho

Os resultados do teor de nitrogênio presente no tecido foliar de milho no primeiro ano de condução do experimento estão demonstrados nas Tabelas 36a e 36b, onde se constata que não houve diferenças estatísticas em função dos tratamentos avaliados. Raij et al. (1997) consideram que os teores adequados de N em folhas de milho estão na faixa de 27 a 35 g kg⁻¹ e, assim sendo, nenhum dos tratamentos apresentou deficiência desse nutriente.

Bertolini (2005) também não constatou influência dos sistemas de manejo, plantio direto e preparo reduzido, no teor de N nas folhas de milho, porém constatou que a adubação de pré-semeadura resultou nos menores teores em relação à adubação convencional, com média de 26,67% e 28,21%, respectivamente.

Bertolini et al. (2008) relataram que os menores teores de nitrogênio nas folhas ocorreram nos tratamentos de preparo reduzido combinado com a adubação de pré-semeadura, possivelmente devido à desagregação do solo promovida pelo escarificador, que aumentou a macroporosidade facilitando a infiltração de água e, assim, pode ter ocasionado a lixiviação de uma pequena fração do nitrogênio aplicado em pré-semeadura.

Pontes (1999) verificou que o preparo convencional resultou em maiores teores de nitrogênio nas folhas de milho quando comparado ao plantio direto sem manejo e com manejo da vegetação espontânea por meio de rolo-faca e roçadora. Nascimento (2008) demonstrou que a associação de 60 kg ha⁻¹ de N na aveia e 60 kg ha⁻¹ de N no milho, apresentou teor de N semelhante à aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no milho.

Tabela 36a. Teor de nitrogênio (g kg⁻¹) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	29,75 aA	29,25 aA	30,00 a
A45	31,25 aA	29,75 aA	
	30,50 A	29,50 A	
S90	28,75 aA	28,25 aA	28,88 a
S45	29,50 aA	29,00 aA	
	29,13 A	28,63 A	
Média manejo	29,81 A	29,06 A	Média espaçamento
90	29,25 aA	28,75 aA	29,00 a
45	30,38 aA	29,38 aA	29,88 a

Tabela 36b. Teor de nitrogênio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	29,75 aA	28,75 aA	29,81 a
PD45	31,25 aA	29,50 aA	
	30,50 A	29,13 A	
PR90	29,25 aA	28,25 aA	29,06 a
PR45	29,75 aA	29,00 aA	
	29,50 A	28,63 A	
Média adubação	30,00 A	28,88 A	Média espaçamento
90	29,50 aA	28,50 aA	29,00 a
45	30,50 aA	29,25 aA	29,88 a

No segundo ano de condução do experimento, conforme Tabelas 37a e 37b, verifica-se que os sistemas de manejo do solo e as formas de adubação não influíram no teor de N nas folhas, concordando com os resultados obtidos no primeiro ano. No entanto, o teor de N diferiu estatisticamente em função do espaçamento entrelinhas, com maiores valores observados no espaçamento de 0,45 m, possivelmente pelo melhor arranjo espacial das plantas de milho na área, se aproximando de uma distribuição equidistante, reduzindo a competição intra-específica por nutrientes e água.

Tabela 37a. Teor de nitrogênio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	27,75 aA	26,25 aA	27,63 a
A45	29,00 aA	27,50 aA	
	28,38 A	26,88 A	
S90	27,00 aA	26,25 aA	27,13 a
S45	28,75 aA	26,50 aA	
	27,88 A	26,38 A	
Média manejo	28,13 A	26,63 A	Média espaçamento
90	27,38 aA	26,25 aA	26,81 b
45	28,88 aA	27,00 aB	27,94 a

Na interação espaçamento e manejo, verifica-se que no espaçamento de 0,45 m maior teor de N foi obtido no plantio direto, diferindo-se estatisticamente dos teores obtidos com o preparo reduzido.

Tabela 37b. Teor de nitrogênio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento

	A	S	Média manejo
PD90	27,75 aA	27,00 aA	28,13 a
PD45	29,00 aA	28,75 aA	
	28,38 A	27,88 A	
PR90	26,25 aA	26,25 aA	26,63 a
PR45	27,50 aA	26,50 aA	
	26,88 A	26,38 A	
Média adubação	27,63 A	27,13 A	Média espaçamento
90	27,00 aA	26,63 aA	26,81 b
45	28,25 aA	27,63 aA	27,94 a

6.4.6 Teor de fósforo nas folhas de milho

Conforme resultados apresentados nas Tabelas 38a e 38b, no primeiro ano de condução do experimento, verifica-se que os valores encontrados para os teores de fósforo em folhas de milho estão na faixa adequada para a cultura, que segundo Raij et al. (1997) é de 2,0 a 4,0 g kg^{-1} . Observa-se ainda, que o teor de fósforo no tecido foliar não foi influenciado pelos sistemas de manejo do solo, pelas formas de adubação e pelos espaçamentos entrelinhas isoladamente.

Bertolini (2005) também não encontrou diferenças significativas no teor de P nas folhas de milho em função dos sistemas de manejo do solo, direto e reduzido, e das épocas de adubação, antecipada e convencional. Pontes (1999) verificou que o preparo convencional e o plantio direto não diferiram estatisticamente quanto ao teor de P presente no tecido foliar de milho. Model e Anghinoni (1992) verificaram que o modo de aplicação do adubo, na linha ou a lanço, não promoveu diferenças na quantidade de fósforo acumulada pelo milho até a floração, tanto no sistema plantio direto como no convencional.

Tabela 38a. Teor de fósforo (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	2,95 aA	2,75 aA	2,97 a
A45	3,15 aA	3,03 aA	
	3,05 A	2,89 A	
S90	2,93 aA	2,83 aA	2,86 a
S45	2,90 aA	2,78 aA	
	2,91 A	2,80 A	
Média manejo	2,98 A	2,84 A	Média espaçamento
90	2,94 aA	2,79 aA	2,86 a
45	3,03 aA	2,90 aA	2,96 a

Apenas na interação dupla entre espaçamento e forma de adubação foi constatada diferença estatística no teor de fósforo, sendo observados no espaçamento de 0,45 m maiores valores quando a adubação foi realizada na pré-semeadura. Possivelmente a incorporação do fertilizante na adubação convencional proporcionou maior superfície de contato entre o fósforo do adubo formulado e o solo, aumentando as reações de adsorção desse nutriente e, conseqüentemente, diminuindo sua disponibilidade para as plantas.

Tabela 38b. Teor de fósforo (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	2,95 aA	2,93 aA	2,98 a
PD45	3,15 aA	2,90 aA	
	3,05 A	2,91 A	
PR90	2,75 aA	2,83 aA	2,84 a
PR45	3,03 aA	2,78 aA	
	2,89 A	2,80 A	
Média adubação	2,97 A	2,86 A	Média espaçamento
90	2,85 aA	2,88 aA	2,86 a
45	3,09 aA	2,84 aB	2,96 a

De acordo com os resultados demonstrados nas Tabelas 39a e 39b, referentes ao segundo ano de condução do experimento, nota-se que, isoladamente, os sistemas de manejo do solo, as formas de adubação e os espaçamentos entrelinhas não influíram no teor de fósforo presente no tecido foliar de milho, concordando com as observações realizadas no primeiro ano de condução do experimento. Verifica-se também que os teores estão dentro da faixa considerada como adequada por Raij et al. (1997).

Diferentemente do primeiro ano de condução do experimento, no segundo ano não se verificou diferença estatística no teor foliar de fósforo entre as formas de adubação no espaçamento de 0,45 m entrelinhas, apesar dos maiores teores também terem sido obtidos na adubação de pré-semeadura.

Comparando os sistemas de manejo em cada espaçamento, no primeiro e no segundo ano de condução, nota-se que tanto no espaçamento de 0,90 m como no de 0,45 m, houve uma tendência de se obter maior teor de P no sistema plantio direto. Bertolini et al. (2008) verificaram que, segundo a análise de variância, o teor de P foi significativamente menor no sistema plantio direto por causa do pouco tempo de implantação desse sistema. Tokura et al. (2002) verificaram que em uma mesma classe de solo sob plantio direto a participação das formas de P lábeis em relação ao P total tendeu a aumentar com o tempo de cultivo, podendo ocorrer assim maior aproveitamento pela planta do P oriundo da adubação fosfatada.

Tabela 39a. Teor de fósforo (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	2,80 aA	2,80 aA	2,82 a
A45	3,03 aA	2,65 aB	
	2,91 A	2,73 A	
S90	2,98 aA	2,75 aB	2,80 a
S45	2,85 aA	2,63 aA	
	2,91 A	2,69 A	
Média manejo	2,91 A	2,71 A	Média espaçamento
90	2,89 aA	2,78 aA	2,83 a
45	2,94 aA	2,64 aA	2,79 a

Conforme a Tabela 39a, nota-se que na combinação da adubação de pré-semeadura com espaçamento de 0,45 m obteve-se maior teor de P quando implantados no sistema plantio direto. Observa-se também que na adubação convencional combinada com espaçamento de 0,90 m maior teor foi obtido no sistema plantio direto.

Tabela 39b. Teor de fósforo (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	2,80 aA	2,98 aA	2,91 a
PD45	3,03 aA	2,85 aA	
	2,91 A	2,91 A	
PR90	2,80 aA	2,75 aA	2,71 a
PR45	2,65 aA	2,63 aA	
	2,73 A	2,69 A	
Média adubação	2,82 A	2,80 A	Média espaçamento
90	2,80 aA	2,86 aA	2,83 a
45	2,84 aA	2,74 aA	2,79 a

6.4.7 Teor de potássio nas folhas de milho

No primeiro ano de condução do experimento, o teor de potássio nas folhas de milho não diferiu em função dos sistemas de manejo do solo, formas de adubação e espaçamentos entrelinhas, tampouco nas interações entre esses fatores (Tabelas 40a e 40b). Bertolini (2005) também não encontrou diferenças estatísticas entre o plantio direto e o preparo reduzido, entre a adubação de pré-semeadura e a convencional e nas interações entre esses dois fatores.

Pontes (1999) verificou que o sistema plantio direto, com manejo da vegetação espontânea, e o preparo convencional não diferiram estatisticamente quanto ao teor de potássio nas folhas de milho. Model e Anghinoni (1992) observaram que a quantidade de potássio acumulada pelo milho até a floração não foi afetada pelo modo de aplicação do adubo, na linha ou a lanço, tanto no sistema plantio direto como no convencional.

Tabela 40a. Teor de potássio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	23,75 aA	22,00 aA	23,19 a
A45	23,00 aA	24,00 aA	
	23,38 A	23,00 A	
S90	24,25 aA	25,25 aA	24,06 a
S45	24,00 aA	22,75 aA	
	24,13 A	24,00 A	
Média manejo	23,75 A	23,50 A	Média espaçamento
90	24,00 aA	23,63 aA	23,81 a
45	23,50 aA	23,38 aA	23,44 a

Tabela 40b. Teor de potássio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	23,75 aA	24,25 aA	23,75 a
PD45	23,00 aA	24,00 aA	
	23,38 A	24,13 A	
PR90	22,00 aA	25,25 aA	23,50 a
PR45	24,00 aA	22,75 aA	
	23,00 A	24,00 A	
Média adubação	23,19 A	24,06 A	Média espaçamento
90	22,88 aA	24,75 aA	23,81 a
45	23,50 aA	23,38 aA	23,44 a

No segundo ano de condução do experimento foi constatada diferença estatística apenas na interação entre o espaçamento de 0,45 m e os sistemas de manejo do solo, tendo o plantio direto proporcionado maior teor foliar de potássio (Tabelas 41a e 41b).

Tanto no primeiro, como no segundo ano de condução do experimento, os teores de K nas folhas de milho estão dentro da faixa considerada adequada por Raij et al. (1996), que varia de 17 a 35 g kg^{-1} , não se constatando nos tratamentos a deficiência destes nutrientes.

Tabela 41a. Teor de potássio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	18,75 aA	19,00 aA	19,06 a
A45	21,25 aA	17,25 aA	
	20,00 A	18,13 A	
S90	19,50 aA	17,00 aA	17,94 a
S45	18,75 aA	16,50 aA	
	19,13 A	16,75 A	
Média manejo	19,56 A	17,44 A	Média espaçamento
90	19,13 aA	18,00 aA	18,56 a
45	20,00 aA	16,88 aB	18,44 a

Tabela 41b. Teor de potássio (g kg^{-1}) nas folhas de milho em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	18,75 aA	19,50 aA	19,56 a
PD45	21,25 aA	18,75 aA	
	20,00 A	19,13 A	
PR90	19,00 aA	17,00 aA	17,44 a
PR45	17,25 aA	16,50 aA	
	18,13 A	16,75 A	
Média adubação	19,06 A	17,94 A	Média espaçamento
90	18,88 aA	18,25 aA	18,56 a
45	19,25 aA	17,63 aA	18,44 a

6.4.8 Altura das plantas de milho

No primeiro ano de condução do experimento, os sistemas de manejo do solo, as formas de adubação e os espaçamentos entrelinhas, como práticas isoladas, não exerceram influência sobre a altura das plantas (Tabelas 42a e 42b).

Pontes (1999), Silva (2000), Pereira (2000), Bertolini et al. (2006), Furtado (2005) não encontraram diferenças estatísticas na altura das plantas quando avaliaram o desempenho da cultura de milho em diferentes sistemas de manejo do solo. Piffer (2008)

observou que devido aos altos valores na densidade do solo e na resistência mecânica do solo à penetração, o sistema plantio direto resultou em menores alturas de plantas quando comparado ao sistema convencional, tendo o cultivo mínimo apresentado valor intermediário. No entanto, Leite (2002) obteve maiores alturas de plantas no sistema plantio direto, relacionando esse resultado às melhores condições do solo para distribuição das raízes e maior manutenção da água no solo em função da cobertura vegetal. Também Possamai et al. (2001) observaram maiores alturas de plantas no sistema de semeadura direta.

Bertolini (2005) não observou diferenças na altura de plantas quando comparou a adubação de pré-semeadura e a realizada na semeadura, concordando com os resultados dessa pesquisa. Resultados semelhantes foram observados por Pauletti e Costa (2000) nos municípios de Arapoti-PR e Ponta Grossa-PR, no entanto, em Castro-PR os mesmos autores verificaram que a aplicação antecipada de 120 kg ha⁻¹ de N proporcionou menores alturas de planta quando comparado com a recomendação usual de aplicação na semeadura e cobertura. Nascimento (2008) verificou que adubação de pré-semeadura com 60 kg ha⁻¹ na aveia associada a 87 kg ha⁻¹ de N na cultura do milho, possibilitou que as plantas de milho expressassem o máximo crescimento

Com relação aos espaçamentos entrelinhas, Silva (2004) no primeiro ano de condução de seu experimento, não notou diferenças estatísticas na altura de plantas de milho devido à redução do espaçamento de 0,90 m para 0,45 m. Também Demétrio (2008) não verificou influência da redução do espaçamento entrelinhas na altura das plantas.

Tabela 42a. Altura de plantas de milho (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	2,15 aB	2,31 aA	2,26 a
A45	2,22 aA	2,38 aA	
	2,19 B	2,34 A	
S90	2,37 aA	2,45 aA	2,35 a
S45	2,31 aA	2,29 aA	
	2,34 A	2,37 A	
Média manejo	2,26 A	2,36 A	Média espaçamento
90	2,26 aB	2,38 aA	2,32 a
45	2,27 aA	2,34 aA	2,30 a

Na adubação antecipada, o sistema de preparo reduzido proporcionou maior altura de planta, discordando dos resultados obtidos por Bertolini (2005), que não verificou influência das interações entre sistemas de manejo e épocas de adubação na altura de plantas.

No espaçamento de 0,90 m a altura de plantas diferiu entre os sistemas de manejo, tendo o preparo reduzido proporcionado a obtenção de maior altura de planta. No espaçamento de 0,45 m não se observou influência dos sistemas de manejo do solo na altura das plantas. Esses resultados discordam dos observados por Leite (2002), que obteve no espaçamento de 0,90 m semelhança estatística na altura das plantas entre o plantio direto e o preparo reduzido e no espaçamento de 0,45 m maiores alturas foram relatadas no espaçamento de 0,45 m. No espaçamento de 0,90 m também ocorreram variações estatísticas na altura das plantas em função das formas de adubação, observando-se maior altura quando a adubação foi realizada na semeadura.

Na adubação de pré-semeadura com espaçamento de 0,90 m entrelinhas os sistemas de manejo influenciaram a altura das plantas, apresentando diferenças estatísticas, tendo o sistema de preparo reduzido proporcionado maiores alturas em relação ao plantio direto.

Tabela 42b. Altura de plantas de milho (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	2,15 aA	2,37 aA	2,26 a
PD45	2,22 aA	2,31 aA	
	2,19 A	2,34 A	
PR90	2,31 aA	2,45 aA	2,36 a
PR45	2,38 aA	2,29 aA	
	2,34 A	2,37 A	
Média adubação	2,26 A	2,35 A	Média espaçamento
90	2,23 aB	2,41 aA	2,32 a
45	2,30 aA	2,30 aA	2,30 a

No segundo ano de condução do experimento os sistemas de manejo do solo não influíram na altura das plantas de milho, concordando com os resultados obtidos

no primeiro ano. Entretanto as formas de adubação e os espaçamentos entrelinhas promoveram diferenças estatísticas nessa característica (Tabelas 43a e 43b).

Como se pode observar, a adubação convencional propiciou maiores alturas de plantas em relação à adubação de pré-semeadura, concordando com os resultados obtidos por Pauletti e Costa (2000) no município de Castro-PR.

Entre os espaçamentos, nota-se que quando se utilizou 0,90 m entrelinhas as alturas de plantas foram superiores, diferindo-se estatisticamente das alturas obtidas com o espaçamento de 0,45 m. Tal resultado pode ser consequência da maior competição intra-específica por luz, ocorrida no espaçamento 0,90 m, o que promoveu o alongamento internódio do colmo das plantas. Leite (2002) teve plantas estatisticamente maiores no espaçamento 0,90 m comparado ao 0,45 m em todos os estádios fenológicos que acompanhou, concordando, portanto, com os resultados do segundo ano dessa pesquisa. Também Penariol et al. (2002), Gross et al. (2006) e Pinho et al. (2008) obtiveram maiores alturas de plantas no maior espaçamento entrelinhas.

Tabela 43a. Altura de plantas de milho (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	1,74 aA	1,80 aA	1,74 b
A45	1,72 aA	1,69 aA	
	1,73 A	1,75 A	
S90	1,72 aB	1,94 aA	1,79 a
S45	1,74 aA	1,78 bA	
	1,73 A	1,86 A	
Média manejo	1,73 A	1,80 A	Média espaçamento
90	1,73 aA	1,87 aA	1,80 a
45	1,73 aA	1,74 bA	1,73 b

No preparo reduzido, as formas de adubação influenciaram na altura das plantas, tendo sido obtidas maiores alturas nesse sistema com a adubação convencional. Também no preparo reduzido ocorreram diferenças estatísticas nessa característica em função dos espaçamentos entrelinhas avaliados, observando-se maiores alturas quando as linhas foram espaçadas por 0,90 m.

Na adubação convencional os espaçamentos entrelinhas influenciaram a altura de plantas, tendo o espaçamento de 0,90 m valores estatisticamente superiores aos obtidos com linhas espaçadas a 0,45 m. Verifica-se também que no espaçamento de 0,90 m as formas de adubação influíram na altura de plantas, obtendo-se menores alturas com a adubação de pré-semeadura.

A altura de plantas obtida na adubação convencional combinada com o espaçamento de 0,90 m foi maior no preparo reduzido, diferindo-se estatisticamente dos valores encontrados no plantio direto. No preparo reduzido com adubação convencional verificou-se influência dos espaçamentos na altura de plantas, tendo o espaçamento de 0,90 m proporcionado maiores alturas em relação às obtidas com o espaçamento de 0,45 m.

Na combinação entre preparo reduzido e espaçamento de 0,90 m entrelinhas, nota-se que a altura de planta diferiu estatisticamente entre as formas de adubação, constatando-se menores alturas na adubação de pré-semeadura.

Tabela 43b. Altura de plantas de milho (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	1,74 aA	1,72 aA	1,73 a
PD45	1,72 aA	1,74 aA	
	1,73 A	1,73 A	
PR90	1,80 aB	1,94 aA	1,80 a
PR45	1,69 aA	1,78 bA	
	1,75 B	1,86 A	
Média adubação	1,74 B	1,79 A	Média espaçamento
90	1,77 aB	1,83 aA	1,80 a
45	1,71 aA	1,76 bA	1,73 b

6.4.9 Altura de inserção da primeira espiga

Assim como para altura de plantas, no primeiro ano de condução do experimento, os sistemas de manejo do solo, as formas de adubação e os espaçamentos entre

linhas não exerceram influência sobre a altura de inserção da primeira espiga (Tabelas 44a e 44b).

Silva (2000), Pereira (2000), Furtado (2002), Silva (2004) e Piffer (2008) também não encontraram influência dos sistemas de manejo do solo na altura de inserção da primeira espiga. No entanto, Possamai et al. (2001) e Leite (2002) obtiveram maiores alturas de inserção da primeira espiga no sistema plantio direto enquanto que Furlani et al. (1999) e Carvalho et al. (2004) observaram maior valor no preparo convencional e menor para o plantio direto.

Bertolini (2005) não constatou diferenças na altura de inserção da espiga em função dos sistemas de manejo, porém entre as épocas de adubação observou que a adubação de pré-semeadura resultou em menores alturas. Pauletti e Costa (2000) não verificaram diferença na altura de inserção da espiga quando anteciparam a adubação nitrogenada nos municípios de Arapoti-PR e Ponta Grossa-PR, no entanto, em Castro-PR os mesmos autores verificaram que a aplicação antecipada de 120 kg ha⁻¹ de N proporcionou menores alturas de espiga quando comparado com a recomendação usual de aplicação na semeadura e cobertura.

Tabela 44a. Altura de inserção da primeira espiga (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	1,20 aA	1,29 aA	1,26 a
A45	1,23 aA	1,31 aA	
	1,21 A	1,30 A	
S90	1,36 aA	1,42 aA	1,33 a
S45	1,25 aA	1,26 bA	
	1,31 A	1,34 A	
Média manejo	1,26 A	1,32 A	Média espaçamento
90	1,28 aA	1,36 aA	1,32 a
45	1,24 aA	1,29 aA	1,26 a

Na adubação convencional, a altura de inserção da primeira espiga diferiu estatisticamente entre os espaçamentos, com menores valores observados nas linhas espaçadas a 0,45 m. No espaçamento de 0,90 m a altura de inserção da espiga foi influenciada

pelas formas de adubação, obtendo-se maiores alturas quando foi realizada a adubação convencional.

Quando se combinou a adubação convencional com o preparo reduzido, verificou-se que os espaçamentos entrelinhas proporcionaram diferenças estatísticas na altura de inserção da primeira espiga, com maior média obtida no espaçamento de 0,90 m.

Tabela 44b. Altura de inserção da primeira espiga (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	1,20 aA	1,36 aA	1,26 a
PD45	1,23 aA	1,25 aA	
	1,21 A	1,31 A	
PR90	1,29 aA	1,42 aA	1,32 a
PR45	1,31 aA	1,26 bA	
	1,30 A	1,34 A	
Média adubação	1,26 A	1,33 A	Média espaçamento
90	1,24 aB	1,39 aA	1,32 a
45	1,27 aA	1,26 bA	1,26 a

No segundo ano de condução do experimento (Tabelas 45a e 45b) os sistemas de manejo do solo não influíram na altura das plantas de milho. Entretanto as formas de adubação e os espaçamentos entrelinhas promoveram diferenças estatísticas nessa característica, o que pode estar associado às diferenças observadas na altura das plantas. Siqueira (1999) observou uma correlação positiva entre altura das plantas e altura da inserção da espiga de 82%.

A adubação convencional propiciou maiores alturas de inserção da primeira espiga em relação à adubação de pré-semeadura, concordando com os resultados obtidos por Bertolini (2005). Entre os espaçamentos, nota-se que quando se utilizou 0,90 m entrelinhas as alturas de plantas foram superiores, diferindo-se estatisticamente das alturas obtidas com o espaçamento de 0,45 m. Resultados semelhantes foram relatados por Leite (2002), Gross et al. (2006) e Pinho et al. (2008). Já Demétrio (2008) não verificou diferença estatística com a redução do espaçamento entrelinhas.

Tabela 45a. Altura de inserção da primeira espiga (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	0,82 aB	0,92 aA	0,81 b
A45	0,77 aA	0,75 bA	
	0,79 A	0,83 A	
S90	0,83 aA	0,96 aA	0,87 a
S45	0,81 aA	0,87 aA	
	0,82 A	0,92 A	
Média manejo	0,81 A	0,88 A	Média espaçamento
90	0,82 aB	0,94 aA	0,88 a
45	0,79 aA	0,81 bA	0,80 b

Nas interações entre preparo reduzido e formas de adubação, observa-se que as alturas de inserção da primeira espiga diferiram estatisticamente, verificando-se maiores alturas na adubação convencional.

Nas interações entre sistemas de manejo e espaçamentos entrelinhas, verifica-se que no preparo reduzido houve diferenças estatísticas, tendo sido observadas menores alturas de inserção da primeira espiga no espaçamento de 0,45 m. Também se constata que no espaçamento de 0,90 m o preparo reduzido proporcionou alturas de inserção da espiga estatisticamente maiores em relação ao sistema plantio direto.

Nas interações entre formas de adubação e espaçamentos entrelinhas, nota-se que na adubação de pré-semeadura, o espaçamento de 0,90 m proporcionou alturas de inserção da espiga estatisticamente superiores. No espaçamento de 0,45 m entrelinhas as formas de adubação influíram significativamente, verificando-se menor altura de inserção da primeira espiga na adubação de pré-semeadura.

No preparo reduzido com adubação de pré-semeadura a altura de inserção da espiga apresentou variações estatísticas em função dos espaçamentos entrelinhas, tendo o espaçamento de 0,90 m maiores valores em relação ao de 0,45 m. Na combinação entre adubação de pré-semeadura e espaçamento de 0,90 m, o plantio direto teve altura de inserção da espiga inferior estatisticamente em relação ao preparo reduzido.

No preparo reduzido com linhas espaçadas de 0,45 m, verifica-se que houve influência das formas de adubação, tendo a adubação de pré-semeadura resultado em menores alturas.

Tabela 45b. Altura de inserção da primeira espiga (m) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	0,82 aA	0,83 aA	0,81 a
PD45	0,77 aA	0,81 aA	
	0,79 A	0,82 A	
PR90	0,92 aA	0,96 aA	0,88 a
PR45	0,75 bB	0,87 aA	
	0,83 B	0,92 A	
Média adubação	0,81 B	0,87 A	Média espaçamento
90	0,87 aA	0,89 aA	0,88 a
45	0,76 bB	0,84 aA	0,80 b

6.4.10 Diâmetro do colmo

Conforme Tabelas 46a e 46b, referentes ao primeiro ano de condução do experimento, os sistemas de manejo do solo não exerceram influência no diâmetro do colmo das plantas de milho. Também Silva (2000), Furtado (2002) e Bertolini et al. (2006) não encontraram diferenças significativas de diâmetro de colmo quando compararam diferentes sistemas de manejo do solo. Resultados obtidos por Possamai et al. (2001) e Leite (2002) evidenciaram diferenças entre os preparos de solo, sendo que o plantio direto apresentou maior diâmetro de colmo em relação aos sistemas convencional de preparo, discordando de Furlani et al. (1999) e Piffer (2008) que verificaram menores valores nos diâmetro de colmos no sistema plantio direto.

As diferentes formas de adubação também não influíram no diâmetro do colmo, concordando com os resultados obtidos por Bertolini (2005).

Quanto aos espaçamentos, verifica-se que ocorreram diferenças estatísticas, sendo obtidos maiores diâmetros do colmo no espaçamento de 0,45 m, possivelmente devido à melhor distribuição das plantas na linha de semeadura diminuindo a

competição intra-específica. Silva (2004) e Leite (2002) não observaram influência da redução do espaçamento entrelinhas no diâmetro do colmo.

Verifica-se que no sistema plantio direto houve diferença estatística no diâmetro do colmo em função dos espaçamentos, tendo sido obtido maior diâmetro no espaçamento de 0,45 m.

Constata-se que nas interações entre formas de adubação e espaçamentos entrelinhas ocorreram variações estatísticas no diâmetro do colmo, tendo o espaçamento de 0,45 m entrelinhas resultado na obtenção de maiores diâmetros, tanto na adubação convencional como na adubação de pré-semeadura.

Tabela 46a. Diâmetro do colmo das plantas de milho (mm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	25,61 aA	27,37 aA	27,15 a
A45	28,18 aA	27,45 aA	
	26,89 A	27,41 A	
S90	25,66 bA	25,93 aA	26,68 a
S45	27,79 aA	27,34 aA	
	26,73 A	26,63 A	
Média manejo	26,81 A	27,02 A	Média espaçamento
90	25,64 bA	26,65 aA	26,14 b
45	27,98 aA	27,40 aA	27,69 a

Tabela 46b. Diâmetro do colmo das plantas de milho (mm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	25,61 aA	25,66 bA	26,81 a
PD45	28,18 aA	27,79 aA	
	26,89 A	26,73 A	
PR90	27,37 aA	25,93 aA	27,02 a
PR45	27,45 aA	27,34 aA	
	27,41 A	26,63 A	
Média adubação	27,15 A	26,68 A	Média espaçamento
90	26,49 bA	25,80 bA	26,14 b
45	27,81 aA	27,56 aA	27,69 a

No plantio direto com adubação convencional constatou-se efeito dos espaçamentos avaliados, e novamente o espaçamento de 0,45 m teve valor de diâmetro do colmo superior estatisticamente aos observados no espaçamento de 0,90 m.

No segundo ano de condução do experimento (Tabelas 47a e 47b), em oposição aos resultados obtidos no primeiro ano, observou-se que os sistemas de manejo e as formas de adubação resultaram em diferenças significativas no diâmetro do colmo das plantas de milho e os espaçamentos entrelinhas não influíram nessa característica. Maiores diâmetros do colmo foram verificados no sistema de preparo reduzido em relação ao plantio direto, e na adubação convencional em relação à adubação de pré-semeadura.

Quando avaliadas no preparo reduzido, as formas de adubação promoveram variações estatísticas, tendo o diâmetro do colmo apresentado maior valor na adubação convencional. Constata-se também que na adubação de pré-semeadura os sistemas de manejo do solo exerceram influência nessa característica, tendo o preparo reduzido proporcionado maiores valores. No espaçamento de 0,90 m houve diferença estatística no diâmetro do colmo entre formas de adubação, com maiores valores obtidos com a adubação convencional.

Na combinação preparo reduzido e espaçamento de 0,90 m observa-se que a adubação convencional proporcionou maiores valores de diâmetro do colmo em relação à adubação de pré-semeadura.

Tabela 47a. Diâmetro do colmo das plantas de milho (mm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	16,55 aA	17,38 aA	16,93 b
A45	16,55 aA	17,25 aA	
	16,55 B	17,31 A	
S90	17,61 aA	20,25 aA	18,30 a
S45	17,26 aA	18,08 aA	
	17,43 A	19,16 A	
Média manejo	16,99 B	18,24 A	Média espaçamento
90	17,08 aA	18,81 aA	17,95 a
45	16,90 aA	17,66 aA	17,28 a

Tabela 47b. Diâmetro do colmo das plantas de milho (mm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	16,55 aA	17,61 aA	16,99 b
PD45	16,55 aA	17,26 aA	
	16,55 A	17,43 A	
PR90	17,38 aB	20,25 aA	18,24 a
PR45	17,25 aA	18,08 aA	
	17,31 B	19,16 A	
Média adubação	16,93 B	18,30 A	Média espaçamento
90	16,96 aB	18,93 aA	17,95 a
45	16,90 aA	17,67 aA	17,28 a

6.4.11 Comprimento da espiga

Os resultados do comprimento das espigas de milho no primeiro ano de condução do experimento encontram-se nas Tabelas 48a e 48b, onde se pode notar que essa característica não foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira (2000), Silva (2004), Bertolini (2005) e Furtado (2005). No entanto, Piffer (2008) observou que o preparo convencional e o cultivo mínimo resultaram em maiores comprimentos de espiga, diferindo estatisticamente do plantio direto que, devido aos maiores valores de densidade e de resistência mecânica do solo à penetração, impôs limitações ao desenvolvimento do sistema radicular, afetando toda a parte aérea da planta.

As formas de adubação também não exerceram influência nessa característica, concordando com os resultados observados por Bertolini (2005). Diferenças estatísticas foram observadas entre os espaçamentos, onde linhas espaçadas a 0,45 m proporcionaram a obtenção de maiores diâmetros da espiga, discordando dos resultados encontrados por Silva (2004), que não obteve influência dos espaçamentos entrelinhas sobre essa característica.

Tabela 48a. Comprimento da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	18,10 aA	18,33 aA	18,41 a
A45	18,75 aA	18,45 aA	
	18,43 A	18,39 A	
S90	17,43 bA	18,00 bA	18,29 a
S45	19,03 aA	18,73 aA	
	18,23 A	18,36 A	
Média manejo	18,33 A	18,38 A	Média espaçamento
90	17,76 bA	18,16 aA	17,96 b
45	18,89 aA	18,59 aA	18,74 a

Nas interações duplas, observa-se que no sistema plantio direto maior comprimento de espiga foi obtido no espaçamento de 0,45 m, diferindo-se estatisticamente dos valores observados no espaçamento de 0,90 m. Também na adubação convencional os espaçamentos influíram no comprimento da espiga, com maiores valores obtidos no espaçamento de 0,45 m.

Na interação tripla, a combinação entre adubação convencional com qualquer um dos dois sistemas de manejo do solo teve o comprimento da espiga influenciado pelos espaçamentos entrelinhas, sendo obtidos maiores valores com linhas espaçadas por 0,45 m.

Tabela 48b. Comprimento da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	18,10 aA	17,43 bA	18,33 a
PD45	18,75 aA	19,03 aA	
	18,43 A	18,23A	
PR90	18,33 aA	18,00 bA	18,38 a
PR45	18,45 aA	18,73 aA	
	18,39 A	18,36 A	
Média adubação	18,41 A	18,29 A	Média espaçamento
90	18,21 aA	17,71 bA	17,96 b
45	18,60 aA	18,88 aA	18,74 a

Os resultados de comprimento de espiga no segundo ano do experimento estão demonstrados nas Tabelas 49a e 49b, onde se observa que essa característica não diferiu estatisticamente entre os sistemas de manejo do solo, formas de adubação, espaçamentos entrelinhas e nas interações entre esses fatores. Apesar da semelhança estatística, destaca-se o tratamento onde se combinou o sistema plantio direto, adubação de pré-semeadura e espaçamento de 0,45 m, que teve o maior comprimento de espiga.

Tabela 49a. Comprimento da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	17,16 aA	17,20 aA	18,42 a
A45	21,40 aA	17,90 aA	
	19,28 A	17,55 A	
S90	17,58 aA	17,81 aA	17,61 a
S45	18,07 aA	16,99 aA	
	17,83 A	17,40 A	
Média manejo	18,55 A	17,48 A	Média espaçamento
90	17,37 aA	17,50 aA	17,44 a
45	19,74 aA	17,45 aA	18,59 a

Tabela 49b. Comprimento da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	17,16 aA	17,58 aA	18,55 a
PD45	21,40 aA	18,07 aA	
	19,28 A	17,83 A	
PR90	17,20 aA	17,81 aA	17,48 a
PR45	17,90 aA	16,99 aA	
	17,55 A	17,40 A	
Média adubação	18,42 A	17,61 A	Média espaçamento
90	17,18 aA	17,69 aA	17,44 a
45	19,65 aA	17,53 aA	18,59 a

6.4.12 Diâmetro da espiga

Nas Tabelas 50a e 50b, verifica-se que o diâmetro da espiga não diferiu entre os sistemas de manejo do solo. Também Silva (2004), Furtado (2005) e Bertolini et al. (2006) não constataram influência dos sistemas de manejo do solo nessa característica. Entretanto, devido a restrições no desenvolvimento da planta por causa dos maiores valores de densidade e resistência mecânica à penetração do solo, Piffer (2008) obteve menor diâmetro da espiga no sistema plantio direto.

O diâmetro da espiga não diferiu entre a adubação de pré-semeadura e a adubação convencional, concordando com os resultados verificados por Bertolini (2005). Quanto aos espaçamentos, linhas espaçadas por 0,45 m apresentaram maiores diâmetros, diferenciando-se estatisticamente dos valores encontrados no espaçamento de 0,90 m. Silva (2004) não obteve influência dos espaçamentos entrelinhas no diâmetro da espiga, discordando dos resultados apresentados no primeiro ano de condução desse experimento.

Nas interações, verifica-se diferença estatística apenas entre os espaçamentos na adubação de pré-semeadura, tendo o espaçamento de 0,45 m proporcionado maior diâmetro da espiga em relação às linhas espaçadas por 0,90 m.

Tabela 50a. Diâmetro da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	46,35 aA	46,87 aA	47,31 a
A45	47,86 aA	48,14 aA	
	47,11 A	47,51 A	
S90	46,74 aA	47,11 aA	47,29 a
S45	47,64 aA	47,67 aA	
	47,19 A	47,39 A	
Média manejo	47,15 A	47,45 A	Média espaçamento
90	46,55 aA	46,99 aA	46,77 b
45	47,75 aA	47,90 aA	47,83 a

Tabela 50b. Diâmetro da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	46,35 aA	46,74 aA	47,15 a
PD45	47,86 aA	47,64 aA	
	47,11 A	47,19 A	
PR90	46,87 aA	47,11 aA	47,45 a
PR45	48,14 aA	47,67 aA	
	47,51 A	47,39 A	
Média adubação	47,31 A	47,29 A	Média espaçamento
90	46,61 bA	46,93 aA	46,77 b
45	48,00 aA	47,65 aA	47,83 a

Resultados opostos foram obtidos no segundo ano de condução do experimento, sendo constatadas diferenças estatísticas no diâmetro da espiga em função dos manejos do solo e formas de adubação (Tabelas 51a e 51b). Assim como relatado por Piffer (2008), os diâmetros da espiga no preparo reduzido superaram estatisticamente os valores verificados no plantio direto. A adubação convencional resultou na obtenção de maiores diâmetros da espiga em relação à adubação de pré-semeadura.

Nas interações duplas, no preparo reduzido a adubação convencional propiciou maiores diâmetros da espiga, diferindo-se estatisticamente dos valores encontrados na adubação de pré-semeadura. Com adubação convencional, o diâmetro da espiga foi estatisticamente superior no preparo reduzido em relação ao plantio direto. No espaçamento de 0,90 m se constata que as formas de adubação influíram significativamente no diâmetro da espiga, tendo a adubação convencional apresentado os maiores valores.

Na combinação entre plantio direto e espaçamento de 0,90 m entrelinhas, verifica-se que as formas de adubação influíram significativamente no diâmetro da espiga, observando-se que a adubação de pré-semeadura resultou em diâmetros menores em relação à adubação convencional. Resultados semelhantes foram obtidos na combinação entre preparo reduzido e espaçamento de 0,90 m.

Tabela 51a. Diâmetro da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	50,94 aA	50,89 aA	51,43 b
A45	51,70 aA	52,17 aA	
	51,32 A	51,53 A	
S90	52,25 aA	53,41 aA	52,56 a
S45	51,36 aA	53,21 aA	
	51,80 B	53,31 A	
Média manejo	51,56 B	52,42 A	Média espaçamento
90	51,59 aA	52,15 aA	51,87 a
45	51,53 aA	52,69 aA	52,11 a

Tabela 51b. Diâmetro da espiga (cm) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	50,94 aB	52,25 aA	51,56 b
PD45	51,70 aA	51,36 aA	
	51,32 A	51,80 A	
PR90	50,89 aB	53,41 aA	52,42 a
PR45	52,17 aA	53,21 aA	
	51,53 B	53,31 A	
Média adubação	51,43 B	52,56 A	Média espaçamento
90	50,91 aB	52,83 aA	51,87 a
45	51,94 aA	52,28 aA	52,11 a

6.4.13 Número de fileiras por espiga

Os sistemas de manejo do solo, as formas de adubação, os espaçamentos entrelinhas, e as interações desses fatores não influíram significativamente no número de fileiras de grãos por espiga de milho no primeiro ano de condução do experimento, como demonstrado nas Tabelas 52a e 52b.

Tabela 52a. Número de fileiras por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	14,25 aA	14,35 aA	14,49 a
A45	14,70 aA	14,65 aA	
	14,48 A	14,50 A	
S90	14,35 aA	14,45 aA	14,41 a
S45	14,35 aA	14,50 aA	
	14,35 A	14,48 A	
Média manejo	14,41 A	14,49 A	Média espaçamento
90	14,30 aA	14,40 aA	14,35 a
45	14,53 aA	14,58 aA	14,55 a

Tabela 52b. Número de fileiras por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	14,25 aA	14,35 aA	14,41 a
PD45	14,70 aA	14,35 aA	
	14,48 A	14,35 A	
PR90	14,35 aA	14,45 aA	14,49 a
PR45	14,65 aA	14,50 aA	
	14,50 A	14,48 A	
Média adubação	14,49 A	14,41 A	Média espaçamento
90	14,30 aA	14,40 aA	14,35 a
45	14,68 aA	14,43 aA	14,55 a

Conforme Tabelas 53a e 53b, no segundo ano, diferença estatística foi constatada na interação entre espaçamento de 0,45 m e sistemas de manejo do solo, onde o sistema de preparo reduzido possibilitou a obtenção de maior número de fileiras de grãos, quando comparado ao plantio direto. Na adubação convencional verifica-se o número de fileiras de grãos por espiga foi estatisticamente superior no preparo reduzido em relação ao plantio direto.

Avaliando sistemas de manejo do solo, também Silva (2004), Furtado (2005), Bertolini et al. (2006) e Piffer (2008) não constataram diferenças no número de fileiras

por espiga. Bertolini (2005) não verificou variação nessa característica quando comparou a adubação de pré-semeadura com a realizada na semeadura do milho. Silva (2004) e Deparis et al. (2007) não observaram influência da redução do espaçamento entrelinhas no número de fileiras por espiga. Pode-se inferir que essa característica é fortemente condicionada pelas características genéticas dos cultivares de milho, sofrendo variações apenas em condições ambientais extremamente desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas de milho.

Tabela 53a. Número de fileiras por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	16,71 aA	17,40 aA	17,12 a
A45	16,61 aA	17,75 aA	
	16,66 A	17,58 A	
S90	17,17 aA	18,62 aA	17,63 a
S45	16,69 aA	18,03 aA	
	16,93 B	18,33 A	
Média manejo	16,80 A	17,95 A	Média espaçamento
90	16,94 aA	18,01 aA	17,48 a
45	16,65 aB	17,89 aA	17,27 a

Tabela 53b. Número de fileiras por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	16,71 aA	17,17 aA	16,80 a
PD45	16,61 aA	16,69 aA	
	16,66 A	16,93 A	
PR90	17,40 aA	18,62 aA	17,95 a
PR45	17,75 aA	18,03 aA	
	17,58 A	18,33 A	
Média adubação	17,12 A	17,63 A	Média espaçamento
90	17,05 aA	17,90 aA	17,48 a
45	17,18 aA	17,36 aA	17,27 a

6.4.14 Número de grãos por espiga

Os sistemas de manejo do solo não exerceram qualquer influência sobre o número de grãos por espiga de milho no primeiro ano de condução do experimento (Tabelas 54a e 54b). Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2004) e Bertolini (2005). Carvalho et al. (2004) verificaram que o número de grãos por espiga no sistema plantio direto foi inferior ao sistema convencional, no ano agrícola 1997/1998. Na safra seguinte, os autores verificaram que essa característica não foi afetada pelos manejos do solo.

Ainda nas Tabelas 54a e 54b, verifica-se que as formas de adubação também não influenciaram nessa característica, concordando com os resultados de Bertolini (2005). Como se pode constatar, as variações estatísticas ocorreram em função dos espaçamentos entrelinhas, verificando-se que as linhas espaçadas por 0,45 m aumentaram o número de grãos por espiga em relação ao espaçamento de 0,90 m. Também Argenta et al. (2001) observaram aumento no número de grãos espiga à medida que se reduziu o espaçamento entrelinhas. Entretanto, Penariol et al. (2003), Silva (2004) e Torres (2008) não encontraram influência no número de grãos por espiga em função da redução dos espaçamentos entrelinhas.

Tabela 54a. Número de grãos por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	502,05 bA	543,75 aA	532,79 a
A45	540,90 aA	544,45 aA	
	521,48 A	544,10 A	
S90	512,80 aA	504,25 aA	530,09 a
S45	550,85 aA	552,45 aA	
	531,83 A	528,35 A	
Média manejo	526,65 A	536,23 A	Média espaçamento
90	507,43 bA	524,00 aA	515,71 b
45	545,88 aA	548,45 aA	547,16 a

No sistema plantio direto ocorreram variações estatísticas entre os espaçamentos, onde o espaçamento de 0,45 m propiciou maior número de grãos por espiga.

Também na adubação convencional os espaçamentos diferiram quanto ao número de grãos, tendo as linhas espaçadas por 0,45 m apresentado maior quantidade de grãos por espiga.

No sistema plantio direto combinado com adubação de pré-semeadura, o número de grãos por espiga no espaçamento de 0,45 m foi superior estatisticamente ao observado no espaçamento de 0,90 m. Este resultado pode estar correlacionado com o maior comprimento da espiga verificado no espaçamento de 0,45 m.

Tabela 54b. Número de grãos por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	502,05 bA	512,80 aA	526,65 a
PD45	540,90 aA	550,85 aA	
	521,48 A	531,83 A	
PR90	543,75 aA	504,25 aA	536,23 a
PR45	544,45 aA	552,45 aA	
	544,10 A	528,35 A	
Média adubação	532,79 A	530,09 A	Média espaçamento
90	522,90 aA	508,53 bA	515,71 b
45	542,68 aA	551,65 aA	547,16 a

No segundo ano de condução do experimento (Tabelas 55a e 55b), verifica-se que o número de grãos por espiga não diferiu estatisticamente em função da variação da forma de adubação e dos espaçamentos entrelinhas. Discordando dos resultados apresentados no primeiro ano, no preparo reduzido obteve-se aumento do número de grãos por espiga, diferindo-se estatisticamente do plantio direto. Possivelmente o número de fileiras de grãos por espiga, apesar de não ter diferido entre os manejos do solo, foi maior no preparo reduzido o que se refletiu no maior número de grãos por espiga. Também Piffer (2008) verificou menor quantidade de grãos nas espigas produzidas no sistema plantio direto.

Tabela 55a. Número de grãos por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	614,28 aA	634,55 aA	630,76 a
A45	618,12 aA	656,10 aA	
	616,20 A	645,33 A	
S90	630,72 aA	666,03 aA	636,01 a
S45	608,98 aA	638,30 aA	
	619,85 A	652,17 A	
Média manejo	618,03 B	648,75 A	Média espaçamento
90	622,50 aA	650,29 aA	636,40 a
45	613,55 aA	647,20 aA	630,38 a

Tabela 55b. Número de grãos por espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	614,28 aA	630,72 aA	618,03 b
PD45	618,12 aA	608,98 aA	
	616,20 A	619,85 A	
PR90	634,55 aA	666,03 aA	648,75 a
PR45	656,10 aA	638,30 aA	
	645,33 A	652,17 A	
Média adubação	630,76 A	636,01 A	Média espaçamento
90	624,41 aA	648,38 aA	636,40 a
45	637,11 aA	623,64 aA	630,38 a

6.4.15 Índice de espiga

Conforme resultados apresentados nas Tabelas 56a e 56b, no primeiro ano de condução do experimento, os sistemas de manejo do solo, as formas de adubação, os espaçamentos entrelinhas e as interações desses fatores não influíram significativamente no índice de espiga. Bertolini (2005) não encontrou diferenças estatísticas no índice de espiga entre sistemas de manejo do solo, formas de adubação e na interação desses fatores, concordando, portanto, com os resultados obtidos nessa pesquisa.

Silva (2004) verificou que os sistemas de manejo do solo, espaçamentos entrelinhas e as interações entre esses fatores não exerceram influência no índice de espiga, estando de acordo com os resultados aqui apresentados.

Tabela 56a. Índice de espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	1,08 aA	1,02 aA	1,04 a
A45	1,01 aA	1,06 aA	
	1,05 A	1,04 A	
S90	1,03 aA	1,08 aA	1,07 a
S45	1,05 aA	1,12 aA	
	1,04 A	1,10 A	
Média manejo	1,04 A	1,07 A	Média espaçamento
90	1,06 aA	1,05 aA	1,05 a
45	1,03 aA	1,09 aA	1,06 a

Tabela 56b. Índice de espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	1,08 aA	1,03 aA	1,04 a
PD45	1,01 aA	1,05 aA	
	1,05 A	1,04 A	
PR90	1,02 aA	1,08 aA	1,07 a
PR45	1,06 aA	1,12 aA	
	1,04 A	1,10 A	
Média adubação	1,04 A	1,07 A	Média espaçamento
90	1,05 aA	1,05 aA	1,05 a
45	1,03 aA	1,08 aA	1,06 a

No segundo ano de condução do experimento (Tabelas 57a e 57b), o índice de espiga não foi influenciado pelos sistemas de manejo do solo. Resultados semelhantes foram relatados por Gonçalves (1999), Silva (2000), Furtado (2005), e Piffer (2008). No entanto, Possamai et al. (2001), verificaram que o sistema de semeadura direta apresentou maior índice de espigas que o preparo convencional.

A redução do espaçamento entrelinhas também não influenciou no índice de espiga, concordando com os resultados obtidos por Penariol et al. (2003), Silva (2004), Demétrio (2008) e do primeiro ano dessa pesquisa.

Diferentemente do primeiro ano de condução do experimento, no segundo ano a forma de adubação influenciou significativamente no índice de espiga. Constatou-se que a adubação convencional resultou em maior índice de espiga em relação à adubação de pré-semeadura.

Na adubação antecipada o índice de espiga diferiu estatisticamente entre os espaçamentos, verificando-se maior valor no espaçamento de 0,45 m. No espaçamento de 0,90 m a adubação de pré-semeadura apresentou índice de espiga inferior estatisticamente em relação à adubação convencional.

Tanto na combinação do plantio direto e espaçamento de 0,90 m entrelinhas como na combinação entre preparo reduzido e espaçamento de 0,90 m entrelinhas, o índice de espiga foi estatisticamente superior na adubação convencional.

Tabela 57a. Índice de espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	1,00 aA	1,00 aA	1,02 b
A45	1,03 aA	1,04 aA	
	1,02 A	1,02 A	
S90	1,06 aA	1,05 aA	1,05 a
S45	1,05 aA	1,06 aA	
	1,05 A	1,05 A	
Média manejo	1,03 A	1,04 A	Média espaçamento
90	1,03 aA	1,02 aA	1,03 a
45	1,04 aA	1,05 aA	1,04 a

Tabela 57b. Índice de espiga em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento,

	A	S	Média manejo
PD90	1,00 aB	1,06 aA	1,03 a
PD45	1,03 aA	1,05 aA	
	1,02 A	1,05 A	
PR90	1,00 aB	1,05 aA	1,04 a
PR45	1,04 aA	1,06 aA	
	1,02 A	1,05 A	
Média adubação	1,02 B	1,05 A	Média espaçamento
90	1,00 bB	1,05 aA	1,03 a
45	1,03 aA	1,05 aA	1,04 a

6.4.16 Índice de colheita

O índice de colheita (IC) é a razão entre o produto econômico e a biomassa da parte aérea, estimando o fracionamento de matéria seca entre os grãos e a parte aérea restante. Sendo o IC uma medida da eficiência do transporte de fotoassimilados para o grão, teoricamente, o maior IC demonstra maior eficiência de conversão de produtos sintetizados em material de importância econômica, porém nem sempre o maior IC está associado à maior produtividade de grãos. Os valores do índice de colheita da cultura do milho no primeiro ano de condução do experimento estão demonstrados nas Tabelas 58a e 58b, onde se pode verificar que os sistemas de manejo do solo, as formas de adubação e os espaçamentos entrelinhas não influíram nessa característica.

Bertolini (2005) e Furtado (2005) não encontraram diferenças estatísticas no índice de colheita em função dos sistemas de manejo do solo que avaliaram. Bertolini (2005) não notou influência das épocas de adubação sobre o índice de colheita. Argenta (2001) e Demétrio (2008) verificaram que essa característica também não foi afetada pela redução do espaçamento entrelinhas, concordando com os resultados dessa pesquisa.

Na combinação entre plantio direto e adubação convencional, o índice de colheita diferiu estatisticamente entre os espaçamentos entrelinhas, sendo observado maiores valores nas linhas espaçadas por 0,90 m.

Tabela 58a. Índice de colheita em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	0,44 aA	0,46 aA	0,46 a
A45	0,45 aA	0,47 aA	
	0,44 A	0,47 A	
S90	0,43 aA	0,46 aA	0,44 a
S45	0,42 bA	0,46 aA	
	0,42 A	0,46 A	
Média manejo	0,43 A	0,46 A	Média espaçamento
90	0,43 aA	0,46 aA	0,45 a
45	0,44 aA	0,47 aA	0,45 a

Tabela 58b. Índice de colheita em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	0,44 aA	0,43 aA	0,43 a
PD45	0,45 aA	0,42 bA	
	0,44 A	0,42 A	
PR90	0,46 aA	0,46 aA	0,46 a
PR45	0,47 aA	0,46 aA	
	0,47 A	0,46 A	
Média adubação	0,46 A	0,44 A	Média espaçamento
90	0,45 aA	0,44 aA	0,45 a
45	0,46 aA	0,44 aA	0,45 a

Nas Tabelas 59a e 59b são apresentados os valores do índice de colheita da cultura do milho observados no segundo ano de condução do experimento. Verifica-se que o plantio direto resultou em maior eficiência na alocação dos produtos da fotossíntese para os grãos, demonstrado pelo seu maior índice de colheita, diferindo-se estatisticamente do preparo reduzido. Esse resultado discorda dos obtidos por Piffer (2008), que obteve maiores IC nos preparos convencional e reduzido em relação ao plantio direto.

Na adubação de pré-semeadura nota-se que o índice de colheita diferiu entre os sistemas de manejo do solo, tendo o plantio direto proporcionado maiores valores que o preparo reduzido. Na combinação entre adubação de pré-semeadura e espaçamento de 0,45 m, o plantio direto apresentou maiores valores de índice de colheita, diferindo-se estatisticamente do preparo reduzido.

Tabela 59a. Índice de colheita em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	0,47 aA	0,43 aA	0,46 a
A45	0,49 aA	0,45 aB	
	0,48 A	0,44 B	
S90	0,44 aA	0,46 aA	0,44 a
S45	0,42 aA	0,44 aA	
	0,43 A	0,45 A	
Média manejo	0,45 A	0,44 B	Média espaçamento
90	0,45 aA	0,44 aA	0,45 a
45	0,45 aA	0,44 aA	0,45 a

Tabela 59b. Índice de colheita em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	0,47 aA	0,44 aA	0,45 a
PD45	0,49 aA	0,42 aA	
	0,48 A	0,43 A	
PR90	0,43 aA	0,46 aA	0,44 b
PR45	0,45 aA	0,44 aA	
	0,44 A	0,45 A	
Média adubação	0,46 A	0,44 A	Média espaçamento
90	0,45 aA	0,45 aA	0,45 a
45	0,47 aA	0,43 aA	0,45 a

6.4.17 Massa seca das plantas

Como se pode constatar nas Tabelas 60a e 60b, apenas os sistemas de manejo do solo influenciaram a massa seca das plantas de milho no primeiro ano de condução do experimento. O preparo reduzido proporcionou maior produção de massa seca das plantas em relação ao plantio direto, possivelmente devido à altura das plantas e ao diâmetro dos colmos, que embora não tenham diferido, tiveram seus maiores valores nesse sistema de manejo. Piffer (2008) também verificou menor produção de massa seca das plantas no sistema plantio direto, discordando dos resultados obtidos por Leite (2002), que verificou menor produção de massa seca no preparo convencional. Todavia, Levien (2009), Silva (2000), e Silva (2004) não observaram diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo do solo, quando avaliaram a massa seca da parte aérea de milho.

Tabela 60a. Massa seca das plantas de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	9.508 aA	11.065 aA	10.145 a
A45	9.119 aA	10.891 aA	
	9.313 A	10.978 A	
S90	10.752 aA	10.443 aA	11.092 a
S45	10.585 aA	12.587 aA	
	10.669 A	11.515 A	
Média manejo	9.991 B	11.246 A	Média espaçamento
90	10.130 aA	10.754 aA	10.442 a
45	9.852 aA	11.739 aA	10.796 a

Tabela 60b. Massa seca das plantas de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	9.508 aA	10.752 aA	9.991 b
PD45	9.119 aA	10.585 aA	
	9.313 A	10.669 A	
PR90	11.064 aA	10.443 aA	11.246 a
PR45	10.891 aA	12.587 aA	
	10.978 A	11.515 A	
Média adubação	10.145 A	11.092 A	Média espaçamento
90	10.286 aA	10.598 aA	10.442 a
45	10.005 aA	11.586 aA	10.796 a

No segundo ano de condução do experimento (Tabelas 61a e 61b), os sistemas de manejo do solo não influíram na massa seca, tampouco os espaçamentos entrelinhas. As variações estatísticas ocorreram apenas entre as formas de adubação, obtendo-se maior massa seca das plantas com a adubação convencional. Da Ros et al. (2003) não verificaram influência da época de adubação na massa seca das plantas de milho.

No sistema plantio direto, ocorreu variação estatística na massa seca das plantas entre as formas de adubação, tendo a adubação de pré-semeadura resultado em menores valores. Também no sistema plantio direto verifica-se que os espaçamentos entrelinhas influíram na massa seca das plantas, obtendo-se maior quantidade de massa seca com linhas espaçadas por 0,45 m, discordando dos resultados obtidos por Leite (2002). No espaçamento de 0,90 m o preparo reduzido proporcionou a obtenção de maior massa seca das plantas, diferindo-se estatisticamente do plantio direto, concordando com os resultados de Leite (2002).

Na combinação entre adubação de pré-semeadura e espaçamento de 0,90 m entrelinhas, verificou-se que o preparo reduzido proporcionou maior acúmulo de massa seca nas plantas, diferindo-se estatisticamente dos valores obtidos no plantio direto.

Tabela 61a. Massa seca das plantas de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	6.829 aB	9.116 aA	8.328 b
A45	8.967 aA	8.399 aA	
	7.898 A	8.757 A	
S90	8.861 aA	9.130 aA	9.465 a
S45	10.139 aA	9.731 aA	
	9.500 A	9.430 A	
Média manejo	8.699 A	9.094 A	Média espaçamento
90	7.845 bB	9.123 aA	8.484 a
45	9.553 aA	9.065 aA	9.309 a

Tabela 61b. Massa seca das plantas de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	6.829 aA	8.861 aA	8.699 a
PD45	8.967 aA	10.139 aA	
	7.898 B	9.500 A	
PR90	9.116 aA	9.130 aA	9.094 a
PR45	8.399 aA	9.731 aA	
	8.757 A	9.430 A	
Média adubação	8.328 B	9.465 A	Média espaçamento
90	7.972 aA	8.996 aA	8.484 a
45	8.683 aA	9.935 aA	9.309 a

6.4.18 Massa de mil grãos

No primeiro ano de condução do experimento, conforme os resultados apresentados nas Tabelas 62a e 62b observa-se que a massa de mil grãos não foi influenciada pelos manejos do solo, formas de adubação e espaçamentos entrelinhas. Resultados semelhantes foram relatados por Bertolini (2005), que não notou diferenças estatísticas na massa de mil grãos entre o preparo com escarificação e o plantio direto, entre a adubação de pré-semeadura e a realizada na semeadura e na interação entre os manejos do solo e as épocas de adubação.

Suzuki e Alves (2004) e Furtado (2005) não observaram influência dos sistemas de manejo do solo na massa de mil grãos. Todavia, Carvalho et al. (2004), Santos et al. (2006) e Piffer (2008) verificaram menor massa de mil grãos no sistema plantio direto.

Argenta et al. (2001), Penariol et al. (2003), Deparis (2007), Demétrio (2008) e Gitti et al. (2008) verificaram que a redução do espaçamento entrelinhas não interferiu significativamente na massa de mil grãos. Torres et al. (2008) verificaram maior massa de mil grãos no espaçamento de 0,90 m.

Na combinação entre plantio direto e espaçamento de 0,45 m, as formas de adubação influenciaram na massa de mil grãos, que foi maior na adubação de pré-semeadura em relação à convencional.

Tabela 62a. Massa de mil grãos de milho (g) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	295,49 aA	300,77 aA	302,52 a
A45	304,34 aA	309,47 aA	
	299,91 A	305,12 A	
S90	303,43 aA	322,03 aA	301,72 a
S45	271,54 aA	309,86 aA	
	287,48 A	315,95 A	
Média manejo	293,70 A	310,53 A	Média espaçamento
90	299,46 aA	311,40 aA	305,43 a
45	287,94 aA	309,66 aA	298,80 a

Tabela 62b. Massa de mil grãos de milho (g) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	295,49 aA	303,43 aA	293,70 a
PD45	304,34 aA	271,54 aB	
	299,91 A	287,48 A	
PR90	300,77 aA	322,03 aA	310,53 a
PR45	309,47 aA	309,86 aA	
	305,12 A	315,95 A	
Média adubação	302,52 A	301,72 A	Média espaçamento
90	298,13 aA	312,73 aA	305,43 a
45	306,91 aA	290,70 aA	298,80 a

Os sistemas de manejo do solo, as formas de adubação, os espaçamentos entrelinhas, e as interações desses fatores não exerceram qualquer influência na massa de mil grãos no segundo ano de condução do experimento (Tabelas 63a e 63b).

Tabela 63a. Massa de mil grãos de milho (g) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	235,28 aA	268,23 aA	243,63 a
A45	233,47 aA	237,53 aA	
	234,37 A	252,88 A	
S90	260,87 aA	236,06 aA	242,42 a
S45	242,53 aA	230,24 aA	
	251,70 A	233,15 A	
Média manejo	243,04 A	243,01 A	Média espaçamento
90	248,07 aA	252,15 aA	250,11 a
45	238,00 aA	233,88 aA	235,94 a

Tabela 63b. Massa de mil grãos de milho (g) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	235,28 aA	260,87 aA	243,04 a
PD45	233,47 aA	242,53 aA	
	234,37 A	251,70 A	
PR90	268,23 aA	236,06 aA	243,01 a
PR45	237,53 aA	230,24 aA	
	252,88 A	233,15 A	
Média adubação	243,63 A	242,42 A	Média espaçamento
90	251,76 aA	248,46 aA	250,11 a
45	235,50 aA	236,39 aA	235,94 a

6.4.19 Produtividade

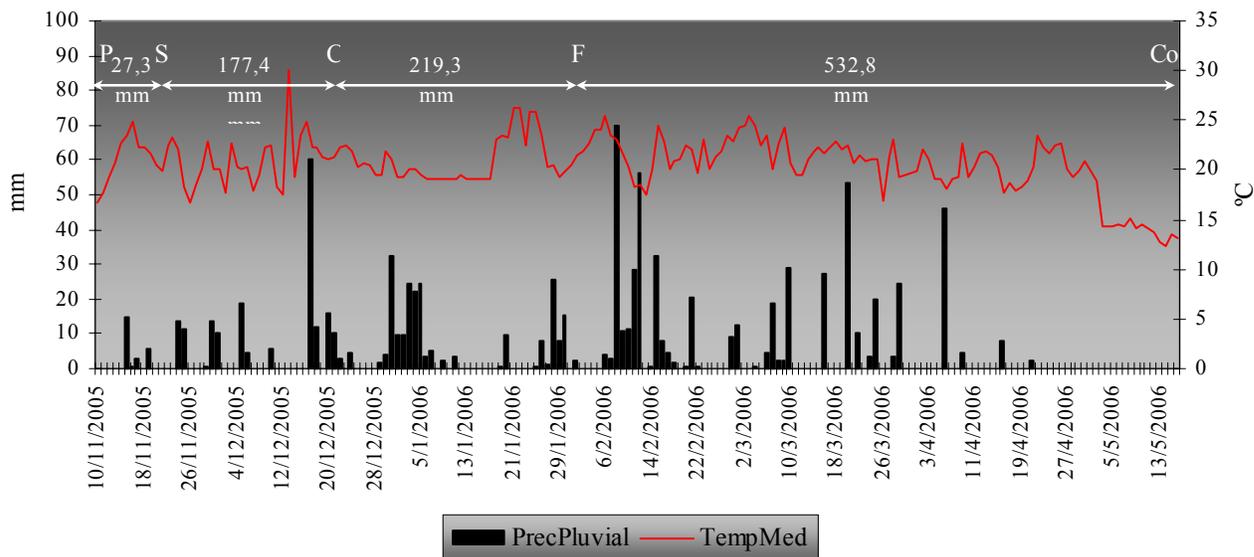
Os resultados da produtividade de grãos de milho no primeiro ano de condução estão demonstrados nas Tabelas 64a e 64b, onde se pode constatar que os sistemas de manejo do solo não influíram nessa característica.

A produtividade de grãos de milho tem sido bastante variável sob diferentes sistemas de manejo do solo. Bayer et al. (1998), Marques (1999), Pontes (1999), Silva (2000), Leite (2002), Pauletti et al. (2003), Silva (2004), Bertolini (2005) e Furtado (2005) não observaram influência dos preparos de solo sobre a produtividade de grãos, concordando, portanto, com os resultados obtidos nessa pesquisa. No entanto, menores produtividades no sistema plantio direto foram relatadas por Centurion e Demattê (1992), Secco e Reinert (1997), Mello et al. (1998), Furlani et al. (1999), Kluthcouski et al. (2000), Silveira e Stone (2003), Carvalho et al. (2004) e Piffer (2008) e maiores produtividades nesse sistema foram observadas por Model e Anghinoni (1992), Fernandes et al. (1999), Possamai et al. (2001), Arf et al. (2007) e Kaneko et al. (2008).

Levien (1999) verificou que os sistemas conservacionistas, plantio direto e preparo reduzido com escarificação do solo, apesar de terem promovido menor produtividade da cultura do milho em relação ao sistema convencional, possibilitaram maior retorno financeiro devido aos menores custos de produção.

A produtividade de grãos não diferiu estatisticamente entre a adubação de pré-semeadura e a adubação convencional, concordando com os resultados observados por Bertolini (2005). Nesse primeiro ano do experimento, conforme Figura 15, ocorreu cerca de 27,3 mm de precipitação pluvial no período entre a adubação de pré-semeadura e a semeadura e 174,4 mm da semeadura até a adubação de cobertura, o que não causou diferença na produtividade entre as épocas de adubação.

Basso e Ceretta (2000) verificaram que, em anos com distribuição normal das precipitações pluviais, a antecipação da adubação nitrogenada promoveu incrementos na produtividade do milho cultivado em sucessão à aveia-preta no sistema plantio direto. Com o excesso de precipitação pluvial esses autores observaram que a adubação de pré-semeadura resulta em menor produtividade de grãos em consequência da menor quantidade de N absorvido pelas plantas resultante da lixiviação do N mineral no solo. Sá (1996) observou que a aplicação de nitrogênio em pré-semeadura foi vantajosa, mesmo com precipitação de 330 mm entre a adubação de pré-semeadura e a semeadura do milho.



P - pré-semeadura; S - semeadura; C - adubação de cobertura; F - florescimento; Co - colheita

Figura 18. Temperatura média e precipitação pluvial durante o primeiro ano de condução do experimento.

Os espaçamentos entrelinhas também não exerceram influência na produtividade de grãos de milho. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2004), Deparis et al. (2007) Cruz et al. (2007) e Gitti et al. (2008). Entretanto, Penariol et al (2003), Santos et al. (2007), Demétrio (2008) e Torres et al. (2008) verificaram aumento na produtividade de grãos com a redução do espaçamento.

Tabela 64a. Produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	9.450 aA	9.412 aA	9.675 a
A45	9.714 aA	10.122 aA	
	9.582 A	9.767 A	
S90	9.627 aA	10.098 aA	9.924 a
S45	8.916 aB	11.056 aA	
	9.271 B	10.577 A	
Média manejo	9.427 A	10.172 A	Média espaçamento
90	9.538 aA	9.755 bA	9.647 a
45	9.315 aB	10.589 aA	9.952 a

No preparo reduzido, o espaçamento de 0,45 m entrelinhas resultou em maior produtividade, diferindo-se estatisticamente dos valores observados com linhas espaçadas por 0,90 m. O que pode ter contribuído para esse resultado, apesar da ausência de diferença estatística, foram o maior número de grãos por espiga (Tabela 54a) e o maior índice de espiga (Tabela 56a) observados no menor espaçamento.

No espaçamento de 0,45 m ocorreu influência dos sistemas de manejo do solo, tendo o plantio direto resultado em menor produtividade, discordando dos resultados obtidos por Kaneko et al. (2008). Embora sem diferença estatística, o índice de espiga (Tabela 56a) e a massa de mil grãos (Tabela 62a) foram maiores no preparo reduzido, o que se refletiu na maior produtividade nessa interação.

Na adubação convencional, a produtividade diferiu estatisticamente entre os sistemas de manejo do solo, com maiores valores observados no preparo reduzido em função do maior índice de espiga (Tabela 56a) e maior massa de mil grãos (Tabela 62a), embora essas características não tenham apresentado diferenças estatísticas.

Tabela 64b. Produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no primeiro ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	9.450 aA	9.627 aA	9.427 a
PD45	9.714 aA	8.916 aA	
	9.582 A	9.271 A	
PR90	9.412 aA	10.098 aA	10.172 a
PR45	10.122 aB	11.056 aA	
	9.767 A	10.577 A	
Média adubação	9.675 A	9.924 A	Média espaçamento
90	9.431 aA	9.863 aA	9.647 a
45	9.918 aA	9.986 aA	9.952 a

Na combinação entre adubação convencional e espaçamento de 0,45 m entrelinhas, ocorreu variação estatística na produtividade de grãos em função dos sistemas de manejo do solo, com valores superiores observados no preparo reduzido. Possivelmente, apesar da ausência de diferenças estatísticas, esse resultado decorre dos maiores valores de

população final (Tabela 32a), índice de espiga (Tabela 56a) e massa de mil grãos (Tabela 62a) no preparo reduzido.

Na combinação entre preparo reduzido e espaçamento de 0,45 m entrelinhas, a adubação convencional proporcionou maior produtividade de grãos, diferindo-se estatisticamente da adubação de pré-semeadura, o que pode ser explicado pelos maiores valores, porém sem diferença estatística, de população final (Tabela 32b) e índice de espiga (Tabela 56b).

Os resultados da produtividade de grãos de milho no segundo ano de condução do experimento estão nas Tabelas 65a e 65b, onde se verifica que os sistemas de manejo do solo, as formas de adubação e os espaçamentos entrelinhas não influenciaram na produtividade de grãos da cultura do milho, corroborando com os resultados observados no primeiro ano.

Conforme demonstrado na Figura 16, ocorreu cerca de 68,8 mm de precipitação pluvial no período entre a adubação de pré-semeadura e a semeadura e 484,3 mm da semeadura até a adubação de cobertura, o que não causou diferença na produtividade entre as épocas de adubação.

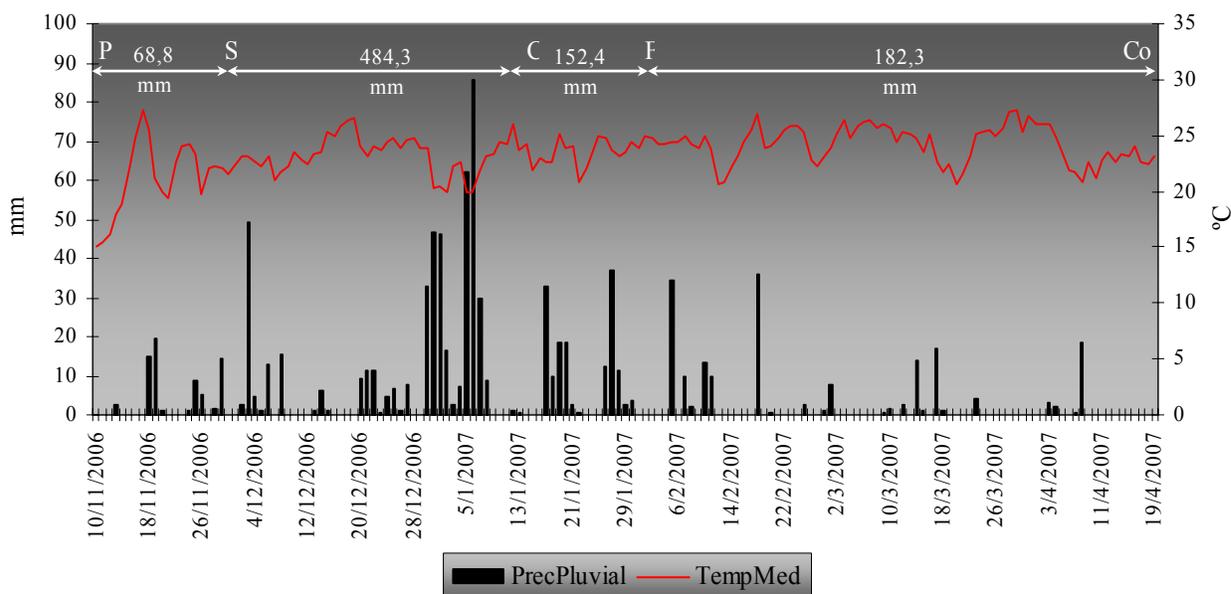


Figura 19. Temperatura média e precipitação pluvial durante o segundo ano de condução do experimento.

Na adubação de pré-semeadura, a produtividade diferiu estatisticamente entre os sistemas de manejo do solo, com maiores valores observados no preparo reduzido, possivelmente devido aos maiores valores, ainda que sem diferença estatística, de população final (Tabela 33a), número de grãos por espiga (Tabela 55a) e massa de mil grãos (Tabela 63a).

Na adubação de pré-semeadura a produtividade também foi influenciada pelos espaçamentos entrelinhas, tendo as linhas espaçadas por 0,45 m proporcionado a obtenção de maior produtividade, o que pode estar relacionado, apesar da ausência de variações estatísticas, aos maiores valores de população final (Tabela 33b) e índice de espiga (Tabela 57b) obtidos nesse espaçamento.

Na combinação entre adubação de pré-semeadura e espaçamento de 0,90 m entrelinhas, os sistemas de preparo influenciaram a produtividade, com maiores valores observados no preparo reduzido, possivelmente devido aos maiores valores, porém sem diferença estatística, de população final (Tabela 33a), número de grãos por espiga (Tabela 55a) e massa de mil grãos (Tabela 63a) obtidos nesse tratamento.

Tabela 65a. Produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	PD	PR	Média adubação
A90	7.824 aB	9.032 aA	8.890 a
A45	9.229 aA	9.475 aA	
	8.526 B	9.253 A	
S90	9.016 aA	8.843 aA	9.291 a
S45	9.674 aA	9.629 aA	
	9.345 A	9.236 A	
Média manejo	8.936 A	9.245 A	Média espaçamento
90	8.420 aA	8.937 aA	8.679a
45	9.451 aA	9.552 aA	9.502 a

Tabela 65b. Produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo, duas formas de adubação e dois espaçamentos entrelinhas no segundo ano de condução do experimento.

	A	S	Média manejo
PD90	7.824 aA	9.016 aA	8.936 a
PD45	9.229 aA	9.674 aA	
	8.526 A	9.345 A	
PR90	9.032 aA	8.843 aA	9.245 a
PR45	9.475 aA	9.629 aA	
	9.253 A	9.236 A	
Média adubação	8.890 A	9.291 A	Média espaçamento
90	8.428 bA	8.930 aA	8.679 a
45	9.352 aA	9.652 aA	9.502 a

6.5 Considerações finais

O sistema de plantio direto exigiu menor força média na barra de tração, menor demanda de potência, menor consumo específico de energia por área, menor consumo horário de combustível e menor consumo de combustível por área na operação de semeadura do milho.

Observa-se a tendência de se obter maiores produtividades de grãos de milho no preparo reduzido, por meio da escarificação do solo, provavelmente devido aos menores valores da densidade e da resistência mecânica à penetração nas camadas mais superficiais do solo, que podem ter beneficiado o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular do milho.

Ainda que não se tenha constatado diferença estatística no desempenho da cultura do milho, o espaçamento de 0,45 m entrelinhas, devido à menor competição intra-específica por luz, água e nutrientes, promoveu acréscimos na produtividade nos dois anos de condução do experimento. Outra vantagem na utilização desse espaçamento é que se teria a mesma distância entre as unidades de semeadura para as culturas da soja e do milho, eliminando-se a necessidade de freqüentes ajustes da semeadora-adubadora, economizando-se tempo e mão-de-obra. No entanto, ressalta-se que a operação de semeadura do milho com espaçamento de 0,45 m entrelinhas exigiu maior força de tração na barra, requereu maior demanda de potência, ocasionou maior consumo específico de energia por área e maior

consumo horário de combustível. O consumo de combustível por área não diferiu entre os espaçamentos.

De forma geral, a antecipação da adubação de semeadura para pré-semeadura do milho com distribuição dos fertilizantes na superfície do solo não prejudicou desempenho da cultura do milho quando comparada a forma convencional de adubação, permitindo maior flexibilidade no período de realização desta operação. A adoção dessa prática traz como vantagem um ganho no rendimento operacional na semeadura do milho, uma vez que se eliminariam as interrupções para o reabastecimento das semeadoras com adubo.

Todavia, o solo no qual foi conduzido o experimento é de alta fertilidade, o que pode ter minimizado as diferenças entre as formas de adubação estudadas. Talvez em um solo de menor fertilidade ou de textura arenosa os efeitos das diferentes formas de adubação no desempenho da cultura do milho sejam mais evidentes. Portanto, a recomendação da adubação de pré-semeadura deve partir de uma avaliação local criteriosa, pois sua viabilidade depende do manejo do solo, das condições edafoclimáticas e da relação C/N dos restos culturais, não podendo ser generalizada.

7 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido e com os materiais e métodos utilizados, os resultados obtidos permitem concluir que:

Os sistemas de manejo do solo, as formas de adubação e os espaçamentos entrelinhas, como práticas isoladas, não influíram na produtividade de grãos da cultura de milho;

A combinação preparo reduzido, adubação convencional do milho e espaçamento de 0,45 m entrelinhas propiciou a obtenção de maiores produtividades.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2004. **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: Argos Comunicação, 2004. 496 p.

AGRIANUAL, 2006. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Argos Comunicação, 2006. 504 p.

AGRIANUAL, 2008. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Argos Comunicação, 2008. 552 p.

AGUIAR, P. A.; SERPA, D. S.; LOPES, V. S. Avaliação de diferentes densidades populacionais sobre o comportamento produtivo do milho 30F80, cultivado em espaçamento tradicional e adensado. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Resumos Expandidos...** Londrina: Embrapa Milho e Sorgo, IAPAR, 2008. 1 CD ROM

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.

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, 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.

ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G. von ; BORGES, I. D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 402-408, 2006.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 179-189, 2000.

AMADO, T. J. C.; SANTI, A.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II - Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1085-1096, 2003.

AMARAL FILHO, J. P. R. do et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.

ANDRIOLI, I. et al. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1691-1698, 2008.

ARF, O. et al. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 211-217, 2007.

ARGENTA, G. et al. Manejo do nitrogênio no milho em semeadura direta em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno e em dois locais: II - efeito sobre o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 587-593, 1999.

ARGENTA G.; SILVA P. R. F. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 745-754, 1999.

ARGENTA, G. et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001b.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001a.

ASAE. Terminology and definitions for soil tillage and soil tool relationships. In: _____. **ASAE standards 1992: standards engineering practices data**. San Joseph, 1992. p. 105.

AZOOZ, R.H., LOWERY, B., DANIEL, T.C. Tillage and residue management influence on corn growth. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 33, n.3, p. 215-227, 1995.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 245-252, 2005a.

BALBINOT JÚNIOR., A. A.; FLECK, N. G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, Botucatu, v. 23, n. 3, p. 415-421, 2005b.

BALLOTA, E. L.; ANDRADE, D. S.; COLOZZI FILHO, A. Avaliações microbiológicas em sistemas de preparo do solo e sucessão de culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1996. Ponta Grossa. **Resumos expandidos...** Ponta Grossa: IAPAR, 1996, v. 1, p. 9-11.

BARBIERI, V. H. B. et al. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamentos e populações de plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 826-830, 2005.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 905-915, 2000.

BASTOS, E. A. et al. Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 275-280, 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J.; PAVINATO, A. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 23-28, 1998.

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.

BERTOLINI, E. V. **Adubação de pré-semeadura na cultura do milho em diferentes manejos do solo**. 2005. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

BERTOLINI, E. V, et al. Antecipação da adubação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2355-2366, 2008.

BERTOLINI, E. V. et al. Desempenho da cultura do milho em diferentes manejos do solo sobre cobertura vegetal de nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.). **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 34-46, 2006.

BERTOLINI, E. V.; GAMERO, C. A.; PIFFER, C. R. Épocas de adubação e sistema de manejo do solo na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Resumos Expandidos...** Londrina: Embrapa Milho e Sorgo, IAPAR, 2008. 1 CD ROM

BICUDO, S. J.; SANTOS, J. R. Arranjos de preparo do solo: características físicas e cobertura vegetal do solo na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 28, 1999, Pelotas. **Resumos...** Pelotas: SBEA, 1999. 1 CD ROM.

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.

BORGHI, E.; MELLO, L. M. M. DE E CRUSCIOL, C. A. C. Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 337-345, 2004.

BORTOLINI, C.G. et al. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, 2001.

BRACHTVOGEL, E. L. et al. Arranjo espacial e área ocupada influenciando a morfologia da planta de milho: I – Altura de planta (A) e inserção de espiga (AIE), Relação AIE/A e diâmetro do colmo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Resumos Expandidos...** Londrina: Embrapa Milho e Sorgo, IAPAR, 2008. 1 CD ROM

BRUNETTO, G. et al. Estimativa da ciclagem de potássio de um Argissolo Vermelho sob plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Resumos expandidos...** Santa Maria, 2000.

CABEZAS, W. A. R. L. et al. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 215-226, 2005.

CABEZAS, W. A. R. L. et al. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 739-752, 2007.

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.

CANARACHE, A. PENETR - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 16, n. 1, p. 51-70, 1990.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V., eds. **Tecnologia de produção do milho**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.139-182.

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, 2004.

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

CASTRO, O. M. **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41 p.

CATTELAN, A. J., VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 125-132, 1990.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, p. 267-270, 1985.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Sistemas de preparo de solos de cerrado: efeito nas propriedades físicas e na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 315-324, 1992.

CERETTA, C. A. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto: sucessão aveia/milho. In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 2. 1998, Ijuí. **Anais...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1998, p. 49-62.

CERETTA, C. A. et al. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 549-554, 2002.

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.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento de milho no Brasil: Chegamos ao Máximo. In: SIMPÓSIO DE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3., 2002, Piracicaba. **Trabalho apresentado...** Piracicaba: ESALQ, 2002, 32 p.

COELHO, J. L. D.; GADANHA JUNIOR, C. D.; MILAN, M. **Manejo conservacionista do solo: preparo reduzido**. Piracicaba: Implementos Agrícolas JAN, 1993. 22 p.

COLLIER, L. S. et al. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1100-1105, 2006.

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/safra>>. Acesso em: 21 maio. 2008.

CORRÊA, J. C. et al. Efeito do intervalo de dessecação antecedendo a semeadura do milho e do uso de diferentes espécies de plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 739-746, 2008.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 289-298, 1999.

CRUZ, S. C. S. et al. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008.

CRUZ, I. O milho em destaque. In: CORRÊA, S. et al. **Anuário brasileiro do milho 2004**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2004. p. 6-8.

CRUZ, J. C. et al. Manejos de solo. Sistema plantio direto. In: Sistema de produção, 2. Cultivo do milho. Embrapa Milho e Sorgo, 2007. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/mandireto.htm>>. Acesso em : 2 fev 2009.

CRUZ, J. C. et al. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 60-73, 2007.

CUNHA, A.R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

CURY, B. Porque fazer plantio direto. In: **Guia para plantio direto**, 2000. 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.

DA ROS, C. O. da et al. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 799-804, 2003.

DEMÉTRIO, C. S. **Desempenho agrônômico de híbridos de milho em diferentes arranjos populacionais em Jaboticabal-SP**. 2008. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

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.

DEPARIS, G. A.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 517-525, 2007.

DICK, W. A. et al. Continuous application of no-tillage to Ohio soils. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 1, p. 65-73. 1991.

DICK, W. Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.47, n.1, p.102-107, 1983.

DOREN JÚNIOR, D. M. van; 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

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

DUARTE et al. Economia da produção. In: CRUZ, J. C. Sistema de produção, 2. Cultivo do milho. Embrapa Milho e Sorgo, 2007. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/economia.htm>>. Acesso em: 2 fev 2009.

DUARTE, J. O. Importância econômica do milho. In: CRUZ, J. C.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R. Sistema de produção, 1. Cultivo do milho. Embrapa Milho e Sorgo, 2000. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/importancia.htm>>. Acesso em: 2 fev 2009.

EDWARDS, J. H.; THURLOW, D. L.; EASON, J. T. Influence of tillage and crop rotation on yield of corn, soybeans and wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 1, p. 76-80, 1988.

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.

ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um latossolo bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 259-267, 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.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Soil map of the World**. Paris, FAO/Unesco, 1974. 59 p.

FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.. Influência do preparo do solo e da natureza do fertilizante nitrogenado na cultura do milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 49, n. spe, p. 73-86, 1992.

FERNANDES, F. C. S.; ALVES, M. C.; SILVA, M. M. da. Produtividade de culturas e atributos físicos de um latossolo afetados pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.3 , p. 297-308, 2007.

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, 1999.

FERRI, M. V. W.; VIDAL, R. A. Eficácia do herbicida acetochlor na semeadura direta e convencional com ou sem palha e os efeitos sobre o rendimento do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 351-356, 2004.

FIGUEIREDO, C. C. de; et al. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 279-287, 2005.

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.

FLESCHE, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaçamentos e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2004, v. 34, n. 1, p. 25-31, 2004.

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 Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

FURLANI, C. E. A. et al. Características da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p.177-186, 1999.

FURTADO, M. B. **Sistemas de preparo do solo e populações de plantas em espaçamento reduzido: comportamento de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 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.

GAMERO, C. A. **Efeitos do tipo de preparo sobre características do solo e da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1985. 120 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). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.

GAMERO C. A. et al. Prepare os implementos que está chegando a hora. **Granja**, n. 585, p. 14-21, 1997.

GITTI, D.C., et al. Arranjo de plantas em diferentes híbridos de milho em sistema plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Resumos Expandidos...** Londrina: Embrapa Milho e Sorgo, IAPAR, 2008. 1 CD ROM

GOMES, R. F. et al. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n. 5, p. 931-938, 2007.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.107-111, 1985.

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 Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

GONÇALVES, J. R. P. **Granulometria e doses de calcário na cultura do milho e em atributos químicos do solo, em sistemas convencional e direto**. 2003. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

GROSS, M. R.; PINHO, R. G. von; BRITO, A. H. de. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006.

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.

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.

HERBES, M. G. et al. Adubação nitrogenada para as culturas de aveia preta e milho, no sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Resumos expandidos...** Santa Maria, 2000.

HERNANI, L. C. Manejo e conservação de recursos naturais da região Oeste do Brasil. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Milho: informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA, CPAO, 1997. p. 39-67. (Circular Técnica, 5).

HERNANI, L. C., SALTON, J. C. Manejo e conservação de solos. In: EMBRAPA. **Milho: informações técnicas**. Dourados: Embrapa – CPAO, 1997. p. 39-67.

HOLANDA, F. S. R. et al. Influence of crop rotations and tillage systems on phosphorus and potassium stratification and root distribution in the soil profile. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 29, n. 15/16, p. 2383-2394, 1998.

ISMAIL, I.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. **Soil Science American Journal**, Madison, v.58, n.1, p.193-198, 1994.

JONES, J. N. et al. The no-tillage system for corn (*Zea mays* L.). **Agronomy Journal**, v. 50, p. 17-20, 1968.

KANEKO, F. H. et al. Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em dois espaçamentos entrelinhas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Resumos Expandidos...** Londrina: Embrapa Milho e Sorgo, IAPAR, 2008. 1 CD ROM.

KAPUSTA, G., KRAUSZ, R.F., MATTHEWS, J.L. Corn yield is equal in conventional, reduced, and no-tillage after 20 years. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 3, p.812- 817, 1996.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: CERES, 1979. 262 p.

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.

KOTZ, T. E. et al. Efeito do arranjo espacial na arquitetura das plantas de milho (*Zea mays*) na região oeste do Paraná In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Resumos Expandidos...** Londrina: Embrapa Milho e Sorgo, IAPAR, 2008. 1 CD ROM

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, A.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Soil Water Conservation**, Washington, v. 36, n. 6, p. 341-343, 1981.

LAURENTIS, C. S. **Manejo da adubação fosfatada e potássica para o milho (*Zea mays* L.) em rotação com coberturas verdes de inverno**. 2000. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

LEITE, M. A. S. **Efeito de três sistemas de preparo do solo e dois espaçamentos entre fileiras sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2002. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

LEVIEN, R. **Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1999a. 305 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

LOPES, A. S. et al. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo, SP: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 115p.

LOURENTE, E. R. P. et al. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 55-61, 2007.

MACHADO, J. A. **Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo**. 1976. 129 f. Tese (livre-docência) - Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria – RS, Santa Maria, 1976.

MAGLEBY, R. S.; SCHERTZ, D. L. Conservation tillage chalks up steady gains. **Agricultural Engineering**, St Joseph, v. 67, n. 2, p. 14-16, 1988.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas** - Princípios e Aplicações. 2ª edição. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato- POTAFOS. 1997. 319 p.

MAI, M. E. M. et al. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 125-131, 2003.

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. et al. Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 741-747, 2008.

MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 471-477, 1993.

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 Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

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.) Merrill) e sobre algumas propriedades de um latossolo vermelho escuro de cerrado**. Botucatu, 1988. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.

MELO FILHO, G.A.; RICHETTI, A. Aspectos socioeconômicos da cultura do milho. In: EMBRAPA. **Milho: informações técnicas**. Dourados: Embrapa – CPAO, 1997. p. 13-38.

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, 1998.

MEROTTO JÚNIOR, A.; ALMEIDA, M. L. de; FUCHS, O. Aumento do rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 549-554, 1997.

MERTEN, G. H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em latossolo roxo sob dois sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 369-374, 1991.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L., eds. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafos, 2005. p.165-176.

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.

MILLÉO, M. V. R. SILVA, G. B. da. Efeito da redução do espaçamento sobre o rendimento de grãos e outras características agrônômicas na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Resumos Expandidos...** Londrina: Embrapa Milho e Sorgo, IAPAR, 2008. 1 CD ROM

MODEL, N. S.; ANGHINONI, I. Resposta do milho a modos de aplicação de adubos e técnicas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 55-59, 1992.

MOLIN, R. Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho. **Revista Batavo**, São Paulo, p. 33, 2000.

MOODY, J.E.; SHEAR, G.M.; JONES JÚNIOR., J.N. Growing corn without tillage. **Soil Science Society of America Proceedings**. Madison, v.25, n.6, p.516-517, 1961.

MORAES, M.H., BENEZ, S.H. Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo em algumas propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada e na produção do milho para um ano de cultivo. **Engenharia Agrícola**, v.16, n.2, p.31- 41, 1996.

MUNDSTOCK, C. M. Efeitos de espaçamentos entre linhas e de populações de plantas em milho do tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p.13-17, 1978.

MURAIISHI, C. T. et al. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 199-207, 2005.

MUZILLI, O.; BORGES, G. O.; MIRANDA, M. Síntese das questões de como viabilizar a sustentabilidade da agricultura tendo o plantio direto como carro chefe. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. (ed). **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), 1997. p. 48-50.

MUZILLI, O. et al. Comportamento e possibilidades da cultura do milho em plantio direto no estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 41-47, 1983.

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

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

NASCIMENTO, F. M. **Doses de nitrogênio na cultura antecessora e do milho em sistema de plantio direto**. 2008. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

NEVES, R.; FLECK, N. G.; VIDAL, R. A. Intervalo de tempo para semeadura de milho pós-dessecação da cobertura de aveia-preta com herbicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 603-608, 1999.

OHLAND, R. A. A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OLIVEIRA, J. M. S. DE; CAIRES, E. F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 351-357, 2003.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. **Las maquinas agrícolas y su aplicación**. Madrid Mund-Prensa, 1980. 490 p.

PARRA, M. S. **Dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes num Latossolo Roxo Distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto e a diferentes sucessões de culturas.** 1986. 94 f. Tese (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986

PAULETTI, V.; COSTA, L. C. Época de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão à aveia preta no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 599-603, 2000.

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.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A. Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1779-1784, 2004.

PENARIOL, F. G. et al. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.2, p.52-60, 2003.

PEREIRA, F. R. da S. et al. Arranjo espacial de plantas de milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 69-74, 2008.

PEREIRA, P. G. P. **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.

PERTICARRARI, J. G.; IDE, B. Y. Cultivo mínimo. In: SEMINÁRIOS DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988. Piracicaba. **Trabalhos apresentados...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1988. p. 43.

PIFFER, C. R. **Viabilidade da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como planta de cobertura para a cultura do milho em diferentes sistemas de manejo do solo.** 2008, 174 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

PINHO, R. G. von et al. Adubação nitrogenada, densidade e espaçamento de híbridos de milho em sistema de plantio direto na região sudeste do Tocantins. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 733-739, 2008.

PINHO, T. von et al. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho: A experiência na região de Mauá da Serra-PR. In: WORKSHOP SOBRE MANEJOS DE ADUBOS NITROGENADOS E SULFATADOS NA AGRICULTURA, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 2001. 1 CD ROM.

PINHO, R. G. von. 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.

POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C. M. de; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 79-82. 2001.

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

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Antecipação da aplicação de nitrogênio em milho. In: EMBRAPA Trigo: **Pesquisa em andamento on line**, n.1, 1999. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_pa01.htm>. Acesso em: 7 ago. 2008.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1015-1020, 2004.

RAIJ, B.van.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, Fundação IAC, 1997. 285p.

RAIJ, B. V. et al **Análise química para avaliação de fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundação IAC, 2001. 285 p.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 151-160, 2001.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n., p.355-362, 2003.

ROSOLEM, C.A. et al. Lixiviação de potássio no solo de acordo com suas doses aplicadas sobre palha de milheto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n. 5, p.813-819, 2006.

ROSSATO, O. B. et al. Adubação nitrogenada na aveia preta como cultura de cobertura na depressão central gaúcha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003. Ribeirão Preto. **Resumos...** Botucatu: UNESP, 2003. 1 CD-ROM.

ROTH, C.; VIEIRA, M. J. Infiltração de água no solo. **Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 1, p. 4, 1983.

SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SÁ, J. C. M. **Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 23 p.

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.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SILVA, P. R. F. da. Maize response to nitrogen fertilization timing in two tillage systems in a soil with high organic matter content. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 507-517, 2007.

SANGOI, L. et al. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, o. 6, p. 861-869, 2001.

SANTOS, H. P.dos et al. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v.67, n2, p.441-454, 2008.

SANTOS, H. P. dos et al. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 545-552, 2003.

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

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

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 477-486, 2003.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; LHAMBY, J. C. B. Plantio direto *versus* convencional: efeitos na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 449-454, 1995.

SANTOS, J. R. et al. Atributos químicos do solo e produtividade do milho afetados por corretivos e manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 323-330, 2006.

SANTOS, J. R. et al. Preparos reduzidos para a cultura do milho. In: BALBUENA, R. H.; BENEZ, S. H.; JORAJURIA, D. **Ingeniería rural y mecanización agraria en el ámbito Latinoamericano**. La Plata: UNLP, 1998. p.165-170.

SANTOS, M. M. dos et al. Espaçamento entre fileiras e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 527-533, 2007.

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.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 611-617, 2000.

SCHULTZ, L. A. **Manual do plantio direto: técnicas e perspectivas**. 2 ed. Porto Alegre: Sagra, 1987. 124 p.

SCHULTZ, L. A. **Manual do plantio direto: técnicas e perspectivas**. 1 ed. Porto Alegre: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 1978. 83 p.

SCHWANTES, D. O. Características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas: safrinha de 2005. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.3, p.343-349, 2007.

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.

SECCO, D. et al. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 407-414, 2005.

SENE, M. et al. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, n. 2, p. 422-427, 1985.

SHEAR, G. M.; MOSCHER, W. W. Continuous corn by the no tillage and continue tillage methods a six-year comparison. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, n. 1, p. 147-148, 1969.

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

SILVA, A. R. B. **Comportamento de variedades/híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes tipos de preparo de solo**. 2000. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

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, D. A. da; et al. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.1, p.75-88, 2006c.

SILVA, E. C. da et al. Absorção de nitrogênio nativo do solo pelo milho sob plantio direto em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 723-732, 2006b.

SILVA, E. C. da et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2005a.

SILVA, E. C. da et al. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 725-733, 2005b.

SILVA, E. C. da et al. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 477-486, 2006d.

SILVA, F. C.; ALVES, M. C. Efeito de diferentes preparos de solo (convencional, escarificador e plantio direto) nas características fenológicas e na produtividade do milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos Expandidos...** Florianópolis: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002 a. 1 CD-ROM.

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, M. A. A. **Desenvolvimento radicular das culturas de feijão, soja e milho, sob diferentes manejos de solo, irrigadas por pivô central**. 2007. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

SILVA, P. R. F. da et al. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006a. 63 p.

SILVEIRA P. M. da et al. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 2057-2064, 2000.

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, R. **Sistemas de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais do solo**. 1999. 191 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

SOAHNE, B. D.; PIDGEON, J. D. Tillage requirement in relation to soil physical properties. **Soil Science**, Baltimore, v. 119, p. 376-384, 1975.

SOUZA, E. L. L.; AZEVEDO, P. F.; SAES, M. S. M. Competitividade do sistema agroindustrial do milho. In: FARINA, E. M. M. Q.; ZYBERSZTAJN, D. **Competitividade do agribusiness brasileiro**. São Paulo: PENSA/FIA/USP, 1998. v.2.

SOUZA, P. M. de; BRAGA, M. J. Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V., eds. **Tecnologia de produção do milho**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.13-56.

STRIEDER, M. L. et al. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 634-642, 2007.

STRIEDER, M. L. et al. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes espaçamentos e sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 309-317, 2008.

STURNY, W. G. Bodenbearbeitung. **Die Grüne**, v. 115, n. 46, p. 13-24, 1987.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Produtividade do milho (*Zea mays* L.) influenciada pelo preparo do solo e por plantas de cobertura em um Latossolo Vermelho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 61-65, 2004.

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 Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

TOKURA, A. M. et al. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1467-1476, 2002.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Laboratory of Climatology, 1955. 104 p.

TORRES, J. P. et al. Espaçamento, densidade e adubação nitrogenada na cultura do milho em condição de baixa altitude. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Resumos Expandidos...** Londrina: Embrapa Milho e Sorgo, IAPAR, 2008. 1 CD ROM

TREZZI, M.M. et al. Manejo químico de plantas daninhas na cultura do milho em função de características morfofisiológicas e redução de espaçamento da cultura **Planta Daninha**, Botucatu, v. 26, n. 4, p. 845-853, 2008.

UHDE, L. T.; COGO, N. P.; TREIN, C. R. Comportamento da sucessão trevo/milho, em área com e sem pastejo intensivo, sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, n. 3, p. 493-501, 1996.

VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A. ; SA, E. L. S. de. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 76-83, 2005.

VICTORIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 105-120.

VIEIRA, S. R. et al. Umidade e temperatura da camada superficial do solo em função da cobertura morta por resteva de soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 219-224, 1991.

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

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)