

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

**SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO E POPULAÇÕES DE PLANTAS
EM ESPAÇAMENTO REDUZIDO: COMPORTAMENTO DE
CULTIVARES DE MILHO (*Zea mays* L.).**

MARILÉIA BARROS FURTADO

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

**BOTUCATU - SP
Fevereiro – 2005**

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

**SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO E POPULAÇÕES DE PLANTAS
EM ESPAÇAMENTO REDUZIDO: COMPORTAMENTO DE
CULTIVARES DE MILHO (*Zea mays* L.).**

MARILÉIA BARROS FURTADO

Orientador: Prof. Dr. Sílvio José Bicudo

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

**BOTUCATU - SP
Fevereiro – 2005**

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

Furtado, Mariléia Barros, 1977-
F992s Sistemas de preparo do solo e populações de plantas em
espaçamento reduzido: comportamento de cultivares de milho
(Zea mays) / Mariléia Barros Furtado. -- Botucatu, [s.n.],
2005.

ix, 86 f. : tabs.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas.

Orientador: Silvio José Bicudo.

Inclui bibliografia.

1. Milho - Cultivo. 2. Milho - Espaçamento. 3. Plantas -
População. 4. Solos - Preparo. I. Bicudo, Silvio José. II.
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas.
III. Título.

CDD 633.151

AGRADEÇO

à **DEUS**

pela **vida, sabedoria, bondade e oportunidade**

À minha mãe, Maria José Barros Furtado, pelo apoio constante em todas as batalhas travadas nesta vida e pelo amor incondicional,

DEDICO

Ao meu pai, José de Ribamar Moreira Furtado, pela presença em todos os momentos em minha vida (*in memoriam*)

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Sílvio José Bicudo, pela oportunidade concedida, ensinamentos e orientações objetivas durante o curso e principalmente pela amizade e força transmitida nos momentos difíceis.

Aos Conselheiros, Professores Doutores Cláudio Cavariani e Otávio Jorge, pela colaboração e críticas construtivas para a melhor apresentação deste trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu pelo aperfeiçoamento recebido;

Aos funcionários do Departamento de Produção vegetal/ Agricultura, pela colaboração oferecida durante o curso em especial à Lana, Vera, Valéria, Maurílio, Birau, Célio, Nelson e todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho;

A sede da Fazenda Experimental Lageado nas pessoas do Mário Munhoz, Marcos Gonçalves, Silvia, Jesus, Elano, Elvis, Clóvis, Delbone, Luciano, Manuel, Nizete, Neuza, ao estagiário Alexandre e a todos aqueles não citados, porém lembrados, pela enorme ajuda na instalação e condução do experimento, pelo respeito e amizade;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo no primeiro ano de mestrado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo no segundo ano de mestrado;

À coordenação de Pós-Graduação nas pessoas de Jaqueline, Kátia, Marlene e Marilena;

Aos Funcionários da Biblioteca em especial a Cida, Denise, Ermete, Nilson, Hellen e Inês;

À toda a minha família, em especial aos meus irmãos Hérbet, Jomar e Batista, e à minha sobrinha Josinete, pelo carinho e apoio moral nas situações difíceis;

Ao amor da minha vida Rafael, pelo incentivo e conselhos, pelo apoio em todas as situações, pela sua amizade, companheirismo e principalmente, pelo seu amor incondicional;

Aos meus amigos Waldiany, Sandra, Adriana, Alexsandra, Verônica, Elisângela, Patrícia, Aline, Arimatéia, Cláudio, e todos os outros aqui não citados, mas que de certa forma, contribuíram para a minha formação pessoal;

Aos meus amigos de graduação Fernanda, Queila, Ilka, Marcelo, Antônio e Felipe, pelos anos maravilhosos que passamos juntos;

À minha amiga Christina, pelos bons e maus momentos, mas principalmente, pela nossa amizade duradoura;

Às minhas amigas de república Maritane, Yelitza, Melânia, Nilda, e Adriana, pelo carinho e amizade, que será eterna e jamais se perderá ao vento;

Aos meus amigos José Pedro, Márcio, Raul, Lauter, Marizélia, Nocy, Polianna, Joana e Cleusa, pela amizade, sinceridade e apoio em qualquer hora do dia;

Enfim a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho, o meu muito obrigada.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO-----	01
2 SUMMARY-----	03
3 INTRODUÇÃO-----	05
4 REVISÃO DE LITERATURA-----	07
4.1 A cultura do milho-----	07
4.2 Materiais genéticos-----	09
4.3 Espaçamento reduzido-----	11
4.4 População de plantas-----	14
4.5 Preparo do solo-----	16
4.6 Efeito dos sistemas de preparo de solo-----	19
4.6.1 Efeito nas propriedades físico-químicas do solo-----	19
4.6.2 Efeito sobre a cultura do milho-----	23
5 MATERIAL E MÉTODOS-----	26
5.1 Localização da área experimental-----	26
5.2 Histórico da área-----	26
5.3 Caracterização do clima e dados climatológicos-----	27
5.4 Descrição dos tratamentos-----	28
5.4.1 Preparo de solo-----	28
5.4.2 Populações-----	28
5.4.3 Cultivares-----	29
5.5 Solo-----	29
5.5.1 Caracterização química da área experimental-----	29
5.5.2 Caracterização física da área experimental-----	29
5.5.2.1 Densidade dos sólidos do solo-----	29
5.5.2.2 Densidade do solo-----	30
5.5.2.3 Índice de vazios e da porosidade total-----	30
5.5.2.4 Teor de água no solo-----	30
5.5.2.5 Resistência à penetração-----	34
5.6 Cobertura vegetal-----	35
5.6.1 Massa da matéria seca da cobertura vegetal-----	35
5.6.2 Porcentagem de cobertura vegetal-----	35
5.7 Avaliação fitotécnica da cultura do milho-----	36
5.7.1 Estandes inicial e final-----	36
5.7.2 Diâmetro do colmo-----	36
5.7.3 Ângulo de inserção da folha com o colmo da planta-----	36
5.7.4 Altura das plantas-----	36
5.7.5 Altura da inserção da primeira espiga-----	37
5.7.6 Número de plantas quebradas e acamadas-----	37
5.7.7 Comprimento de espiga-----	37
5.7.8 Diâmetro de espiga-----	37
5.7.9 Número de fileiras por espiga-----	38
5.7.10 Número de grãos por fileira-----	38
5.7.11 Massa de 100 grãos-----	38

5.7.12	Produtividade de grãos-----	38
5.7.13	Índice de espiga-----	38
5.7.14	Índice de sobrevivência-----	39
5.7.14	Índice de colheita-----	39
5.9	Instalação e condução do experimento-----	39
5.9.1	Preparo do solo-----	39
5.9.2	Adubação-----	39
5.9.3	Semeadura-----	39
5.9.4	Tratos culturais-----	40
5.9.5	Colheita-----	40
5.9.6	Equipamentos agrícolas-----	40
5.9.7	Delineamento experimental-----	41
5.9.8	Análise estatística-----	41
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	43
6.1	Cobertura vegetal do solo-----	43
6.1.1	Matéria seca da cobertura vegetal-----	43
6.1.2	Porcentagem de cobertura vegetal após os preparos primários e secundário-----	44
6.2	Avaliações fitotécnicas-----	45
6.2.1	Estandes inicial e final de plantas-----	45
6.2.2	Diâmetro do colmo-----	49
6.2.3	Ângulo de inserção da folha com o colmo-----	51
6.2.4	Altura das plantas-----	52
6.2.5	Altura da inserção da primeira espiga-----	53
6.2.6	Número de plantas quebradas e acamadas-----	55
6.2.7	Comprimento de espiga-----	57
6.2.8	Diâmetro de espiga-----	59
6.2.9	Número de fileiras por espiga-----	60
6.2.10	Número de grãos por fileira-----	62
6.2.11	Massa de 100 grãos-----	63
6.2.12	Produtividade de grãos-----	64
6.2.13	Índice de espiga-----	67
6.2.14	Índice de sobrevivência e de colheita-----	69
6.3	Considerações Finais-----	71
7	CONCLUSÕES-----	72
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	73

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Dados climatológicos relativos ao período de conclusão do experimento-----	27
2 Resultado da análise química de solo nas camadas de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,50; 0,50-0,75; 0,75-1,0 m, em relação aos preparos de solo, antes da aplicação dos tratamentos-----	31
3 Densidade do solo (kg.dm^{-3}) em função do manejo e em diferentes profundidades, antes da instalação do experimento-----	32
4 Índice de vazios e porosidade total do solo em função do manejo, em diferentes profundidades-----	33
5 Teor de água no solo em porcentagem, nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, obtidos no momento da avaliação da resistência à penetração-----	34
6 Valores médios de resistência à penetração, em kPa, em função do manejo, em diferentes profundidades-----	35
7 Análise de variância e teste de Tukey, referente à matéria seca de aveia preta, em kg.ha^{-1} , antes da instalação dos tratamentos de preparo de solo -----	44
8 Análise de variância e teste de Tukey, referente à porcentagem de cobertura do solo após os preparos primário e secundário-----	45
9 Análise de variância e teste de Tukey, referente aos estandes inicial e final, em plantas.ha^{-1} -----	46
10 Interação entre preparo de solo e cultivares de milho, para o estande inicial de plantas.ha^{-1} -----	47
11 Interação entre população de plantas e cultivares de milho, para o estande inicial de plantas.ha^{-1} -----	48
12 Interação entre preparo de solo e cultivares de milho, para o estande final de plantas.ha^{-1} -----	48
13 Análise de variância e teste de Tukey, referente ao diâmetro de colmo (cm)-----	50
14 Resultados obtidos na medição do ângulo de inserção da folha com o colmo, em diferentes cultivares submetidos a diferentes preparos e populações de plantas----	51
15 Análise de variância e teste de Tukey, referente à altura de plantas (m)-----	53
16 Análise de variância e teste de Tukey, referente à altura de inserção da primeira espiga (m)-----	54
17 Análise de variância e teste de Tukey, referente ao número de plantas quebradas e acamadas -----	56
18 Análise de variância referente ao comprimento de espiga (cm)-----	57
19 Interação entre preparo de solo e população de plantas, para o comprimento de espiga (cm)-----	58
20 Interação entre população de plantas e cultivares de milho, para o comprimento de espiga (cm)-----	59
21 Análise de variância referente ao diâmetro de espiga (cm)-----	59
22 Interação entre população de plantas e cultivares de milho, para o diâmetro de espiga -----	60

23	Análise de variância e teste de Tukey, referente ao número de fileiras por espiga - -----	61
24	Análise de variância, referente ao número de grãos por fileiras-----	62
25	Interação entre população de plantas e cultivares de milho, para o número de grãos por fileira de espiga-----	63
26	Análise de variância referente à massa de 100 grãos-----	63
27	Interação entre população de plantas e cultivares de milho, para a massa de 100 grãos-----	64
28	Análise de variância e teste de Tukey referente à produtividade de grãos (t.ha ⁻¹)--	65
29	Interação entre os diferentes preparos de solo e os cultivares de milho para a produtividade de grãos (t.ha ⁻¹)-----	67
30	Análise de variância e teste de Tukey referente ao índice de espiga-----	68
31	Análise de variância e teste de Tukey referente aos índices de sobrevivência e de colheita-----	70

1 RESUMO

A cultura do milho constitui um dos principais insumos para o segmento produtivo, porém, a sua produtividade é considerada baixa devido a inúmeros fatores que ainda precisam ser estudados, dentro os quais pode-se citar materiais genéticos adequados a cada região, densidade de semeadura, manejo do solo, dentre outros. Assim, com o objetivo de avaliar o desempenho de cultivares de milho com composições genéticas distintas, cultivadas em espaçamento reduzido, com variação no número de plantas por unidade de área, em sistemas de preparo de solo que variaram a intensidade e a profundidade de mobilização, realizou-se a presente pesquisa. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP-Campus de Botucatu, no ano agrícola de 2003/2004. O delineamento experimental utilizado foi o de parcela subdividida, com 8x2x3 e quatro repetições, sendo os fatores de variações oito maneiras de preparo de solo, dois cultivares de milho e três populações de plantas. Os tratamentos com preparo de solo utilizados foram: T1- plantio direto em todas as safras; T2- arado de disco em todas as safras, trabalhando à profundidade de 0,20 a 0,25 m; T3- grade pesada em todas as safras, trabalhando à profundidade de 0,15 a 0,18 m; T4- escarificador em todas as safras, trabalhando à profundidade de 0,35 m; T5- arado de disco em duas safras sendo o escarificador na terceira safra, trabalhando à profundidade de 0,20 a 0,25 m; e T6- grade pesada em duas safras e arado de disco na terceira safra, T7- grade pesada em duas safras e escarificador na terceira safra, e T8- grade pesada na primeira safra, escarificador na segunda e

arado de disco na terceira safra. O preparo secundário do solo foi feito com a passagem por duas vezes de grade niveladora trabalhando à profundidade de 0,10 a 0,13 m em todos os tratamentos, excetuando-se o plantio direto. Os cultivares de milho avaliados foram o híbrido AG9010 e a variedade AL34, em populações de 50, 75 e 100 mil plantas.ha⁻¹. Foram utilizadas parcelas com 150 m² (5 x 30 m), com os oito preparo de solo; subparcelas de 75 m² (2,5 x 30 m), com os dois cultivares de milho, e sub-subparcela de 25 m² (2,5 x 10 m), com as três populações de plantas, sendo considerada área útil de cada sub-subparcelas as três linhas centrais, perfazendo uma área útil de 13,5 m² (1,35 x 10 m). No período entre o início do preparo de solo para a instalação da cultura do milho e o final do seu ciclo, foram avaliados, os seguintes parâmetros: resistência a penetração, densidade em várias profundidades, teor de água no solo, cobertura vegetal, porcentagem de palhas que restaram após o preparo, análise química do solo em várias profundidades e determinação dos parâmetros relacionados à cultura do milho, como os estandes inicial e final, altura de plantas e de inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo, comprimento e diâmetro de espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, ângulo de inserção da folha com o colmo da planta, rendimento de grãos e índices de espiga, de sobrevivência e de colheita. Pôde-se concluir que o desempenho dos cultivares de milho, semeados no espaçamento de 0,45 m, é determinado, primordialmente, pela sua composição genética e pelo número de plantas por área, independente do preparo de solo sobre a qual a cultura é instalada.

SOIL TILLAGE SYSTEMS AND PLANTS POPULATIONS IN ROW WIDTH REDUCED: BEHAVIOR OF THE CORN CULTIVARS (*Zea mays* L.). Botucatu, 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARILÉIA BARROS FURTADO

Adiviser: SÍLVIO JOSÉ BICUDO

2 SUMMARY

The corn crop is one of the main materials to the productive segment. However, the productivity is considered low due to many different factors which need to be better studied, like genetic materials appropriated to each region, density sowing, soil tillage, among others. The objective of this study was the evaluation of the performance with corn cultivars a different genetic composition. These plants were planted in a reduced row width , with a variation in number of plants number by unit of area, in soil tillage systems that changed both the intensity and the depth of mobilization. The experiment was carried out in the Experimental Lageado Farm of the Agronomic Science College, UNESP-Botucatu-SP in 2003/2004. The experimental design used was the randomized blocks in split-splitplot, with 8x2x3 and four repetitions. The variation factors were 8 ways soil evaluation, two corn cultivars and three plant populations. The treatment with soil tillage used were:T1-no tillage in every harvest; T2-disc plowing in every harvest, working in depth of 0,20 to 0,25 m; T3- heavy harrowing in every harvest ,working in depth of 0,15 to 0,18 m; T4- chisel plow in every harvest, working in depth of 0,35 m; T5- disc plowing in twice harvest and chisel plow in the third, working in depth of 0,20 to 0,25 m; T6- heavy harrowing in twice harvest and disc plowing in the third; T7- heavy harrowing in twice

harvest and chisel plow in the third, and T8- heavy harrowing in the first harvest, chisel plow in the second and disc plowing in the third, working in depth of 0,15 to 0,18 m. The secondary soil tillage was done passing the material twice by the level harrowing working in depth of 0,10 to 0,13 m in every treatment, except the no tillage. The corn cultivars used were: The hybrid AG9010 and the variety AL34 and the populations were of 50000, 70000 and 100.000 plants.ha⁻¹. There were used parcels with 150 m², 5x 30 m, with eight soil tillage; split-plot of 75 m², 2,5 x 30 m, with two corn cultivars and split-splitplot of 25 m², 2,5 x 10 m, with three plant populations. In the period between the soil tillage to install the corn planting and the end of its cycle the following parameters were evaluated: soil cone resistance, soil density in many depth, the percentage of water in the soil, covering and the percentage of soil covering after the soil tillage and chemical analysis of soil in many depths. It was done the determination of the parameters of the corn crop, like: initial and final stand of plants the height both the plants and insertion of the first corn-cob, diameter of the corn, length and diameter of the corn-cob, number of rows, number of grains by row, the insertion angle of the leaves with the culms, yield, corn-cobs, survival and crop index. It could be concluded that, the performance of the corn cultivars planted in 0,45 m of the row width is determined mainly by its genetic composition and by number of plants by area, no matter the soil tillage where the crop is planted.

Keywords: Soil tillage, plants populations, row width reduced, *Zea mays*.

3 INTRODUÇÃO

A busca do aumento da produtividade da cultura do milho tem levado pesquisadores a considerarem cada vez mais importante o entendimento dos processos que preponderam na interação genótipo-ambiente.

A temperalização dos cultivares do milho no Brasil levou a alterações na arquitetura da planta, tais como redução no porte, na extensão das folhas e no ângulo de inserção das folhas, e mudanças de ordem fisiológicas, como a diminuição das exigências de somas térmicas para a indução ao florescimento.

A disponibilização de variedades sintéticas no mercado, que se reveste de importância pela sua maior capacidade de adaptação a inúmeros ambientes, oferece um contraponto à excessiva valorização dos híbridos de milho, tanto do ponto de vista econômico, como em algumas situações de produtividade.

Os importantes avanços havidos no desenvolvimento e na adoção de novos sistemas de preparo do solo buscam mobilizar minimamente o mesmo, visando dar longevidade à sua capacidade de produção. Estes fatores têm levado ao entendimento da viabilidade de propor alterações nas tecnologias de implantação da cultura do milho, tais como, redução na distância entre linhas, aumento no número de plantas por unidade de área, entre outras.

Com o objetivo de avaliar o desempenho de cultivares de milho ou composições genéticas distintas, cultivadas em espaçamento reduzido, com variações nos

números de plantas por unidade de área, em sistemas de preparo de solo que variaram a intensidade e a profundidade de mobilização, realizou-se a presente pesquisa.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A cultura do milho

A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta, no Brasil, elevada importância sócio-econômica ocupando, na safra 2003/2004, uma área cultivada de 12.537 mil ha, com uma produção de 42.509 mil toneladas e uma produtividade média de 3.391kg ha⁻¹ (MILHO, 2004).

De origem tropical, é hoje um dos grãos mais produzidos no Brasil. Representa uma das principais culturas, em relação ao mercado agrícola, promovendo valores significativos de exportação, ocasionando aumento das áreas plantadas ao longo dos anos, promovendo assim, um aumento médio de produção.

O milho, em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Devido à sua multiplicidade de aplicações, quer na alimentação humana quer na alimentação animal, assume relevante papel sócio-econômico, além de se constituir em indispensável matéria-prima impulsionadora de diversificados complexos agroindustriais (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Vários são os fatores que podem influenciar a produtividade da cultura do milho, como manejo e nível de fertilidade do solo, época de semeadura, escolha de

cultivares adaptados às condições de solo e clima, população, arranjo das plantas, dentre outros.

Sendo assim, o preparo de solo é um dos fatores que possibilita maior ou menor desempenho das culturas, podendo futuramente comprometer a sustentabilidade ambiental ou ainda promover uma melhor estruturação do solo, através do plantio direto.

Nas regiões tropicais e subtropicais, os sistemas de produção que causam a pulverização da camada superficial através do preparo do solo, promovem uma decomposição acelerada dos componentes orgânicos, tornando-os mais sujeitos às alterações e variações rápidas que afetam de forma negativa o desenvolvimento da cultura do milho (FERNANDES et al, 2002).

Segundo Büll (1993), altas produtividades na cultura do milho estão intimamente relacionadas a aplicações de doses relativamente elevadas de fertilizantes que, não raro, podem conduzir a um suprimento desbalanceado de nutrientes, tendo como consequência a diminuição da produção de grãos.

Outro fator que afeta a produtividade de grãos se relaciona com a época de semeadura. Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), a época de semeadura, de forma geral, é determinada pela variação de temperatura e pela distribuição das chuvas. Assim, conhecendo-se o comportamento climático da região, os períodos críticos da cultura e a necessidade calórica do cultivar a ser empregado, pode-se determinar a melhor época para a instalação da cultura do milho.

O tipo de cultivar utilizado deverá se fundamentar na adequação de suas necessidades climáticas e tecnológicas, a fim de explorar ao máximo o seu potencial produtivo. Silva (2004) constatou que, independente do sistema de manejo do solo e espaçamentos utilizados, os híbridos foram, em média, 14% mais produtivos que as variedades de milho.

Penariol et al. (2002) citam que a redução do espaçamento não exerceu influência sobre os cultivares de milho. Entretanto, as densidades de semeadura mais elevadas foram indicadas apenas para o híbrido simples modificado, sendo a variedade, recomendada para baixas populações de plantas.

4.2 Materiais genéticos

Devido à baixa produtividade da cultura do milho no Brasil, torna-se necessária a adoção de novas práticas de manejo para que possam ser atingidos os máximos potenciais dos cultivares.

Nesse contexto, a redução do espaçamento se torna uma prática viável a fim de elevar a produtividade de grãos de milho, e implica em alguns cuidados como: a escolha da cultivar mais apropriada, de menor porte, menor ciclo e arquitetura mais ereta; ambiente de plantio, com maior disponibilidade de água e nutrientes e temperaturas mais amenas; e equipamentos de plantio e colheita adequados. Por isso é que, atualmente, grande ênfase tem sido dada pelos programas de melhoramento de milho ao desenvolvimento de híbridos com baixa exigência calórica para florescer, caracterizados pelo porte baixo, menor número de folhas e pela presença de folhas eretas (ALMEIDA et al., 2000).

Genericamente, os cultivares de ciclo mais curto exigem maior densidade de plantio em relação a cultivares de ciclo mais longo para expressarem seu máximo rendimento. A razão desta diferença é que cultivares de ciclo mais curto geralmente apresentam plantas de menor altura e massa vegetativa. Estas características morfológicas determinam menor sombreamento dentro da cultura, possibilitando com isto um menor espaçamento entre plantas, para melhor aproveitamento de luz. Mesmo entre os grupos de cultivares superprecoce, precoce ou de ciclo normal, há diferença quanto à densidade ótima de plantio.

Os cultivares precoces apresentam folhas mais eretas e estreitas, comparados aos cultivares tardios, possibilitando uma melhor penetração da radiação fotossinteticamente ativa no interior do dossel vegetal e maior translocação de fotoassimilados dos diferentes órgãos vegetais para os grãos, obtendo-se dessa forma, ganhos na produção.

Mundstock (1978) verificou que os cultivares de milho de ciclo tardio, porte alto e elevada massa vegetativa, no início do ciclo, pode sombrear os espaços entre linhas e não captar toda a luz, enquanto que os de arquitetura moderna, tardam a fechar os espaços entre linhas, sendo beneficiados com a redução do espaçamento.

Tollenar et al. (1997) evidenciou que o tipo de arquitetura de plantas que caracteriza os híbridos superprecoces pode contribuir para aumentar sua eficiência no uso

da radiação solar, quando semeados em altas densidades, e que a presença de menor número de folhas, menor área foliar e folhas mais eretas reduz o nível de interferência de uma planta sobre a outra, acarretando em maior número de plantas por área, contribuindo para o aumento do rendimento dos grãos. Sendo assim, o melhor comportamento dos híbridos modernos em altas densidades populacionais é decorrente do maior número de grãos produzidos por área (SANGOI et al., 2002), o qual é afetado pelo número de plantas por área, número de espigas por planta e pelo número de grãos por espiga (ANDRADE et al., 2002).

Barbosa (1995) constatou que os cultivares de ciclo reduzido e arquitetura foliar ereta apresentaram em média, rendimento de grãos 20,12% superior ao cultivar de ciclo e arquitetura normais. Ainda segundo o mesmo autor, notou-se que os cultivares de arquitetura foliar ereta, porte baixo e ciclo reduzido, apresentaram um florescimento mais rápido, e menores incidências de plantas acamadas e quebradas do que os de arquitetura e ciclo normais, e porte alto.

Em trabalhos realizados, Pozar (1981) observou uma tendência de superioridade para os tipos com “arquitetura modificada”, ou seja, folhas eretas, sobre o tipo normal, nos espaçamentos mais estreitos, e uma relação inversa nos espaçamentos maiores.

Pinotti (2003) verificou que o híbrido AG6016 apresentou maior número de fileiras por espiga e maior número de grãos por espiga em relação à variedade CATI AL30. Entretanto, para o parâmetro altura de inserção de espiga, a variedade CATI AL30 obteve maior altura comparado ao híbrido AG9010.

A utilização de cultivares de milho de menor porte, associada à utilização de menores espaçamentos entre linhas, deve ser acompanhada de incrementos na densidade de plantas, especialmente em lavouras de alto nível tecnológico e em regiões com características climáticas favoráveis (MORO et al., 1981; MARCHÃO et al., 2004).

Em trabalho publicado por Sangoi et al. (2004) foi observado que o rendimento de grãos de um híbrido simples, tolerante ao adensamento (Speed) foi mais responsivo ao aumento na densidade de plantas devido ao maior incremento no número de grãos.m⁻² propiciado pelo adensamento, em relação a um híbrido duplo, pouco adaptado à altas densidades de plantas (AG 303).

Em relação ao manejo do solo, Silva (2000) constatou que os híbridos apresentaram maiores produtividades comparadas com as variedades de milho em função dos sistemas de preparo de solo.

4.3 Espaçamento reduzido

Dentro do conceito de que a produtividade é a resultante da interação entre os cultivares, o ambiente e o manejo, deve-se observar que o conjunto de modificações que a cultura do milho vem sofrendo sugere mudanças também nas práticas de manejo, visando um maior aproveitamento dessas características. Constata-se então, que algumas práticas evoluíram substancialmente e, com certeza, contribuíram para o aumento da produtividade.

Visando o incremento do rendimento de grãos, existe uma tendência de reduzir o espaçamento e aumentar a população de plantas por área para a maioria dos modernos híbridos. Além disso, a redução no espaçamento entre linhas e o incremento na densidade de plantas são alternativas de manejo que propiciam o fechamento mais rápido dos espaços disponíveis deixados pelas culturas, de forma a aumentar o período de interceptação da radiação incidente (ARGENTA et al., 2001).

Vazquez e Silva (2002), estudando a influência do espaçamento entre linhas de semeadura em híbrido simples de milho AG9010, constatou que o espaçamento de 0,46 m em uma população final de cerca de 72 mil plantas.ha⁻¹, promoveu maior altura de planta e um aumento de produtividade de 19,4% em relação ao espaçamento de 0,82 m. O mesmo não foi observado por Scheeren et al. (2004), em que o espaçamento entre linhas não interferiu na produtividade final do híbrido BRS1010, independente da densidade populacional utilizada, e por Zanon et al. (2004), em que a variação do espaçamento de 0,45 para 0,90 m, não afetou a produtividade de grãos, concluindo que o potencial genético do cultivar teve maior influência nos componentes de produtividade do que o espaçamento.

Palhares (2003) notou que na população de 90 mil plantas. ha⁻¹, a redução do espaçamento de 0,80 m para 0,40 m entre fileiras de plantas teve efeito positivo na produtividade de grãos no genótipo de arquitetura foliar aberta, o AG1051, devido a otimização da interceptação de luz. Entretanto, a redução do espaçamento não proporcionou

diferenças significativas na produtividade dos híbridos de arquitetura foliar semi-ereta e ereta, em nenhuma das populações avaliadas. Penariol et al. (2002) também observou maiores rendimentos em espaçamento de 0,40 m.

Com a finalidade de verificar o efeito do espaçamento sobre o rendimento de grãos, Mundstock (1978) constatou que o menor espaçamento entre linhas proporcionou o maior rendimento de grãos nas populações de 70 e 90 mil plantas.ha⁻¹, sendo este resultado atribuído ao melhor aproveitamento da luz no período de desenvolvimento dos grãos, proporcionando um maior peso médio de espigas.

Estudando a influência do espaçamento e densidade populacional na cultura do milho, Amaral Filho (2002) verificou que a redução do espaçamento de 0,80 m para 0,60 m na população de 80 mil plantas. ha⁻¹, proporcionou o aumento na altura de inserção das espigas das plantas, na altura de plantas, e na diminuição no ângulo de inserção da folha no colmo. Constatou também que, quanto menor o espaçamento e a população de plantas, maior é o número de grãos por espiga.

A ocorrência de menor competição por água, nutrientes e principalmente por luz, nos maiores espaçamentos, bem como o porte e o ângulo de inserção foliar, o qual reduz o sombreamento mútuo das folhas, é provavelmente, o determinante de um maior índice de espigas.

Barbosa (1995) constatou esta afirmativa, em que o aumento dos espaçamentos entre as linhas proporcionou aumento no número de espigas por planta. Além disso, verificou também uma diminuição progressiva e linear no número de plantas acamadas, quando se aumentaram os espaços entre as linhas de plantio. Não foram verificadas diferenças significativas sobre as plantas quebradas.

Argenta et al. (2001), estudando o efeito da redução do espaçamento entre linhas, constataram que tanto o híbrido, de baixa estatura, quanto a densidade populacional de plantas, de 50 mil plantas. ha⁻¹, influenciaram o rendimento dos grãos de milho.

Bortolini e Pasqualli (2004) observaram que na média das populações, com 0,45 m entre linhas, o milho produziu 27% a mais em relação ao espaçamento entre linhas de 0,90 m. Constatou que a redução do espaçamento entre linhas propiciou ao milho melhor aproveitamento da pouca luminosidade disponível, possibilitando maior interceptação

de luz pelas folhas das plantas, que cobriram todo o solo mais uniforme e rapidamente do que espaçamentos maiores, transformando isto em rendimento de grãos.

No entanto, Sérgio et al. (2002) verificaram que o espaçamento de 0,70 m proporcionou uma produtividade média de 9,8 toneladas.ha⁻¹, 17% superior ao espaçamento de 0,90 m e 33% ao de 0,45m, diferindo de alguns resultados, em que geralmente, os menores espaçamentos proporcionaram maiores rendimentos.

Balbinot Júnior et al. (2004 a), avaliando a produtividade de dois genótipos de milho em diferentes espaçamentos entre fileiras, constataram que houve tendência de redução da produtividade de grãos com aumento do espaçamento entre fileiras para o híbrido simples AS-1544, sendo que esta tendência não foi observada em mesma intensidade para a variedade Cateto.

Entretanto, Cruz et al. (2004), estudando resposta de cultivares de milho a variação em espaçamento e densidade, verificaram que o rendimento de grãos não foi afetado pela redução do espaçamento de 0,80 para 0,50 m para todos os dez cultivares estudados.

Mateus et al. (2004) constataram que a redução no espaçamento de 0,90 para 0,45m, aumentou a produção de matéria seca da forragem de milho em 5038 kg ha⁻¹. Tal fato se deveu ao melhor arranjo espacial de plantas.

Borges et al. (2004) verificaram que o espaçamento de 0,45 m proporcionou maior altura de plantas e maior produtividade que no espaçamento de 0,80m. Entretanto, neste último, obtiveram-se plantas com maior altura de inserção de espigas.

A utilização de espaçamentos reduzidos constitui-se numa prática que pode auxiliar no manejo cultural de plantas daninhas, reduzindo a dependência do controle químico.

Nesse contexto, Balbinot Júnior et al. (2004 b) verificaram que no espaçamento de 0,4m o híbrido simples AS-1544 apresentou maior habilidade em suprimir o crescimento das plantas daninhas até 80 DAS em relação à variedade Cateto, e que nos espaçamentos de 0,8m e 1m o Cateto apresentou maior capacidade em suprimir o crescimento das plantas daninhas.

Ao analisar o rendimento de grãos proporcionado pelas diferentes populações, Bortolini (2002) verificou que houve aumento no rendimento de grãos de 9%, quando se reduziu o espaçamento de 0,90 para 0,70 m, e de 26% quando se reduziu a 0,45 m.

Para Pereira Filho et al. (2002), a redução do espaçamento entre fileiras diminuiu o número de plantas quebradas, aumentou o índice de espiga e permitiu aumento de até 26,6% no rendimento de grãos. Observaram também que o aumento na densidade de semeadura reduziu a percentagem de sobrevivência de plantas e o índice de espigas e aumentou o número de plantas acamadas e quebradas.

Objetivando verificar o comportamento de três cultivares de milho nas densidades de 20, 40 e 60 mil plantas.ha⁻¹ em sistemas de monocultivo e consórcio com feijoeiro, Pereira Filho et al. (1991) constataram que a produtividade do milho aumentou com a elevação do número de plantas por área, em ambos os sistemas e, que o rendimento de grãos sofreu influência das densidades de plantio.

4.4 População de plantas

O rendimento de uma lavoura se eleva com o aumento da densidade de plantio, até atingir uma densidade ótima, a qual é determinada pela cultivar e por condições externas resultantes das condições edafoclimáticas do local e do manejo da lavoura. A partir da densidade ótima, quando o rendimento é máximo, o aumento da densidade resultará em decréscimo progressivo na produtividade da lavoura.

Neste contexto, pode-se dizer que o arranjo mais adequado é aquele que proporciona distribuição mais uniforme de plantas por área, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes (ARGENTA et al., 2001).

O estudo do melhor arranjo espacial de plantas contribui para a redução da competição inter e intra-específica, devido ao aumento da área foliar por unidade de área, mais precisamente, do índice foliar (MOLIN, 2000). Entretanto, o aumento populacional excessivo promove incremento da competição intra-específica por fotoassimilados, o que pode limitar a produtividade dos grãos.

Respostas à densidade de plantas incluem mudanças na arquitetura das plantas, no crescimento, no desenvolvimento e na absorção e partição de assimilados pelas

plantas. Para Fornasieri Filho (1992), altas densidades populacionais podem causar alterações morfo-fisiológicas, como, por exemplo, aumento no número de plantas sem espiga. Pereira Filho et al. (2002) constataram que o aumento populacional de plantas induziu à redução no tamanho das espigas, o que promoveu uma diminuição no índice de espiga.

Ao se avaliar três populações diferentes, 30, 60 e 90 mil plantas. ha⁻¹, Palhares (2003) verificou que até a população de 60 mil plantas.ha⁻¹, a produtividade de grãos foi estritamente crescente com o aumento da população de plantas, independentemente do genótipo. Entretanto, com o aumento da população de plantas de 60 para 90 mil ha⁻¹, o genótipo de arquitetura ereta (DKB911) apresentou incremento de produtividade de grãos de milho, o de arquitetura semi-ereta (AG7575) tendeu a estabilizar a produtividade de grãos, e o de arquitetura aberta (AG1051) tendeu a estabilizar, sob espaçamento de 0,40 m, ou de reduzir, sob espaçamento de 0,80 m, a produtividade de grãos.

Avaliando-se três cultivares de milho sob quatro populações de plantas em espaçamento reduzido, Pinotti (2003) observou que as menores populações de plantas promoveram maiores diâmetros de colmos, menores alturas de inserção de espiga e menores produtividades de grãos para os materiais testados. Resultados semelhantes foram observados por Amaral Filho (2002). Entretanto, o aumento populacional de 30 para 90 mil plantas. ha⁻¹, proporcionou maior número de plantas quebradas e acamadas, reduziu o comprimento de espigas, o número de fileiras por espiga, o número de grãos por espiga e o índice de espigas.

Reddy et al. (1987), avaliando o efeito de diferentes populações sobre quatro híbridos, concluíram que as maiores produtividades de grãos ocorreram na população de 76 mil plantas. ha⁻¹, e que o aumento na população de 59.200 a 88.800 plantas. ha⁻¹, proporcionaram decréscimo no tamanho da espiga, no número de grãos por espiga e na massa de 100 grãos.

Cruz et al. (1994) verificaram que a porcentagem de sobrevivência de plantas, peso médio de espigas e o índice de espiga decresceu com o aumento da densidade de semeadura, e que as maiores produtividades foram alcançadas com as maiores densidades de plantas.

Ao analisar o rendimento de grãos proporcionado pelas populações de 50, 60 e 70 mil plantas.ha⁻¹, Bortolini e Pasqualli (2004) verificaram que os maiores

rendimentos de grãos foram obtidos na população de 60.000 plantas.ha⁻¹, sendo que esta população proporcionou as melhores produtividades independentemente do espaçamento entre linhas.

Mateus et al. (2004) observaram que quando se elevou a densidade de semeadura, de 40 para 97,7 mil plantas ha⁻¹, houve um incremento na altura de inserção da espiga e da altura das plantas. Verificaram também que houve um incremento no número de plantas acamadas quando ocorreu aumento na densidade de semeadura, e que para o comprimento e diâmetro de espigas, número de grãos por fileira e massa de 100 grãos, houve uma diminuição dos valores com o incremento na densidade de semeadura.

Segundo Cruz et al. (2004), o rendimento de grãos cresceu com o aumento da densidade de plantio, em ambos os espaçamentos, demonstrando que poderia se aumentar ainda mais a produtividade, com aumento na densidade de plantio; entretanto, no espaçamento de 0,50 m entre fileiras, a produtividade apresentou maior ampliação quando se passou de 40.000 plantas.ha⁻¹ para 77.500 plantas.ha⁻¹ do que no espaçamento de 0,80 m, indicando que a redução de espaçamento só foi vantajosa quando se utilizaram maiores densidades de plantio. Os mesmos autores afirmam que, de forma geral, houve uma redução do índice de espigas com o aumento da densidade de plantio, e que essa redução variou com o cultivar. Observaram também que o índice de espiga foi maior no espaçamento entre fileiras de 0,50 m (1,14) do que no espaçamento de 0,80 m (1,07).

Segundo Penariol et al. (2002), altas densidades de semeadura provocaram redução no diâmetro de colmo, aumentos na altura de plantas e de inserção de espiga.

Merotto Júnior et al. (1997) citam que, o uso de altas populações de plantas demonstram viabilidade para elevar o rendimento de grãos, proporcionado, principalmente, pela elevação do número de espigas por área.

4.5 Preparo do solo

O preparo de solo consiste no conjunto de operações que antecede a semeadura e tem por principal objetivo alterar algumas de suas propriedades físicas, deixando-o em condições de receber a semente, favorecer o crescimento inicial das plantas

(ALVARENGA et al., 1987), além de controlar as plantas daninhas, pragas e doenças (CENTURION; DEMATTÊ, 1985). Entretanto, estes objetivos nem sempre são alcançados, principalmente quando o cultivo é inadequado e intenso, o que tende a degradar as condições físicas do solo.

O mesmo é verificado por Castro (1989), que define o preparo de solo como uma manipulação física, química e biológica do solo, buscando otimizar as condições para a germinação das sementes, a emergência das plântulas bem como o estabelecimento e desenvolvimento das plantas cultivadas.

Entretanto, o preparo do solo inadequado, principalmente à base de grade aradora, interfere negativamente nas suas propriedades, facilita a erosão e o desenvolvimento das plantas invasoras, dificulta a infiltração e o armazenamento de água, tornando as plantas mais sensíveis às estiagens. Este problema advém principalmente, da desestruturação do solo e da compactação subsuperficial (KLUTHCOUSKI et al., 1988).

Atualmente, existem várias alternativas de preparo do solo, compreendendo desde os que o revolvem totalmente, até os que o mobilizam o mínimo necessário. Neste contexto, citam-se o preparo convencional, que normalmente é caracterizado por uma aração e duas gradagens; o preparo reduzido, utilizando-se de subsoladores e escarificadores; e o plantio direto, no qual o preparo se restringe às linhas de semeadura e adubação (GAMERO et al., 1997).

Warkentin (1971); Dona Hue et al. (1977); Shierlan e Alston (1984) e Fancelli e Dourado Neto (2000) citam que o solo preparado sempre à mesma profundidade está sujeito a desenvolver uma camada subsuperficial compactada.

Em relação ao preparo convencional, observa-se que são comumente utilizados arados e grades de diferentes tipos e dimensões, e que a aração e a gradeação são usualmente realizadas pouco antes da semeadura, exceção feita a ocasiões de necessidade de correção do solo ou de incorporação de resíduos, devendo, no entanto, sempre levar em conta o teor de água do solo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O sistema de preparo reduzido do solo é fundamentado no uso de arado escarificador e por não inverter as leivas do solo, proporciona menor incorporação de resíduos vegetais em um menor número de operações, sendo vantajoso em relação aos

sistemas convencionais em função do menor custo de preparo e redução nas perdas de água e solo (DALLMEYER, 1994; SILVA et al., 1996).

Benatti Júnior et al.(1984), citando Free (1960) define cultivo mínimo como sendo a manipulação ou o revolvimento mínimo do solo para que se obtenha satisfatória semeadura, germinação, crescimento e produção, procurando-se eliminar, ou reduzir, os inconvenientes de uma operação em uma única passada do trator no terreno cultivado.

Outro sistema de preparo de solo que tem conquistado adeptos pelas suas diversas vantagens é o plantio direto, que se constitui em um sistema de implantação de culturas em solo não-revolvido e protegido por cobertura morta (mínima de 70%), proveniente de restos culturais, coberturas vegetais semeadas para esse fim e de plantas daninhas controladas por métodos químicos combinados (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Segundo os autores acima, para se ter êxito na implantação do sistema de plantio direto, deverão ser consideradas entre as culturas envolvidas nos programas de rotação, espécies produtoras de grande quantidade de resteva, como o milho, as aveias preta e branca, centeio e milheto, visando a manutenção da cobertura morta em níveis adequados. Sendo assim, diversos trabalhos tem sido realizados no intuito de se determinar a quantidade de matéria seca da cobertura vegetal presente no solo antes e após os diferentes tipos de manejo do solo, a fim de se verificar a capacidade de incorporação dos resíduos por parte das operações de preparo.

Neste contexto, Leite (2002) verificou que o preparo convencional foi o tratamento que incorporou maior quantidade de material, deixando somente 7,56 % de cobertura vegetal sobre o solo, diferindo do preparo com escarificador, o qual manteve uma cobertura de 58,69 %, sendo o plantio direto, o que apresentou a maior porcentagem de cobertura do solo, mantendo 79,13% de cobertura vegetal sobre o mesmo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2004), em que os sistemas de manejo do solo plantio reduzido e plantio direto, comparados com o plantio convencional, mantiveram maiores porcentagens de cobertura do solo após a semeadura.

Furlani (2000), trabalhando com nabo forrageiro e aveia preta como culturas de inverno, encontrou cobertura do solo de 76% em média, no sistema de semeadura direta, 37% no preparo reduzido e 8% no convencional.

Siqueira (1999), estudando os sistemas de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais do solo, encontrou 68% de cobertura do solo por resíduos vegetais de aveia preta após a escarificação e 30% após a aração.

Assim, o tipo de preparo de solo a ser realizado em uma área dependerá de muitos fatores, sendo que cada situação deve estar de acordo com as condições de cada terreno. Portanto, deverão ser definidos os objetivos de preparo do solo de acordo com o grau de infestação de plantas daninhas, resíduos vegetais que se encontram na superfície, cultura a ser adotada, umidade do solo, existência de camadas compactadas, riscos de erosão e máquinas de plantio disponíveis (MAZUCHOWSKI; DESPSCH, 1984).

4.6 Efeito dos sistemas de preparo de solo

4.6.1 Efeitos nas propriedades físico-químicas do solo

O preparo de solo, importante em qualquer sistema de exploração agrícola, apresenta elevado custo operacional e afeta o desenvolvimento e produção das culturas. Por atuar diretamente sobre a estrutura do solo, provoca modificações nas suas propriedades físicas, diferenciando-as, cada vez mais, da situação original, resultando no aumento da compactação do solo, promovida pelo tráfego de máquinas (MERNES et al., 2003).

Neste contexto, práticas tradicionais de cultivo, embora inicialmente proporcionem um condicionamento físico do solo mais favorável em relação aos sistemas conservacionistas, como plantio direto e cultivo mínimo, em períodos muito longos, acabam afetando o estado físico do solo (GOMES et al, 1997).

Vomicil e Flocker (1961) afirmam que o aumento da densidade do solo é devido a uma diminuição do volume não ocupado pelos sólidos. Becker (1961) cita que, independente da origem do horizonte compactado, o efeito final resulta num aumento da densidade do solo, pela diminuição do espaço poroso.

Machado e Brum (1978) estudaram talhões de solos submetidos aos sistemas de semeadura direta e convencional, comparando-os com talhões sob mata virgem e campo nativo, determinando-se alterações físicas decorrentes do manejo, nas profundidades de

0 a 10 e 15 a 30 cm em solo de textura argilosa, quando puderam concluir que houve efeitos do sistema convencional de cultivo, comparados aos demais tratamentos, com a diminuição da porosidade e matéria orgânica e com aumentos da densidade do solo e percentagem de microporos do solo.

Centurion e Demattê (1985) apresentaram resultados comparando os efeitos do sistema convencional de preparo de solo, sistema reduzido, sistema “super-preparo” e semeadura direta, sobre a densidade do solo, resistência à penetração, umidade do solo, micro e macro porosidade e taxa de infiltração de água no solo, e concluíram que, com exceção da semeadura direta, os demais sistemas de preparo induziram a formação de camadas compactadas.

Cintra et al. (1983), afirmaram que solos cultivados convencionalmente apresentaram, em profundidades próximas à superfície, níveis bastante elevados de densidade do solo, resistência à penetração e microporosidade, e menores porosidade total, macroporosidade e taxa de infiltração de água, em comparação aos mesmos solos sob mata nativa. Afirmaram, ainda, que estas alterações indicam a possibilidade de ocorrência de impedimento mecânico ao desenvolvimento radicular das culturas, degradação da estrutura e danos por erosão em decorrência do manejo inadequado a que estão sendo submetidos.

Sidiras et al. (1984), determinando algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico sob plantio direto e convencional, notaram que o plantio direto aumentou a retenção de água na camada superficial e diminuiu o gradiente de densidade do solo dentro do perfil.

Fernandes et al. (1983), avaliando o efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos, verificaram que, à profundidade de 10 a 20 cm, os valores de densidade aparente determinados nos sistemas escarificação e convencional tenderam a ser superiores aos determinados no plantio direto. No entanto, à profundidade de 20 a 30 cm, os sistemas de preparo do solo não afetaram os valores de densidade aparente, e as diferenças nas camadas dos solos foram mais efetivos do que o efeito dos sistemas.

Corsini et al. (1986) concluíram que as operações agrícolas de preparo do solo utilizando subsolagem e gradagem profunda propiciam em curto espaço de tempo,

melhorias nas condições de retenção de água e distribuição da porosidade; para tempo mais longo, todavia, prejudicam-nas, pois causam a desagregação da estrutura natural deste solo.

Com a finalidade de verificar o efeito de diferentes tipos de preparo do solo sobre a estrutura de um Latossolo Roxo, Grohmann e Arruda (1961) utilizando amostras de um experimento de preparo que vinha sendo conduzido há 12 anos, observaram que o trabalho mecânico intensivo neste tipo de solo induziu a uma marcante redução no diâmetro médio geométrico dos seus agregados.

Palmeira et al. (1999) estudando os efeitos de diferentes sistemas de cultivo sobre o estado de agregação na profundidade de 0 a 10 cm num Planossolo eutrófico, constataram redução no diâmetro médio ponderado dos agregados de 1,11 vez, com relação ao sistema tradicional e convencional de cultivo de arroz irrigado, e de 2,87 vezes com relação aos sistemas que envolveram sucessão e rotação de culturas, em comparação com o solo mantido sem cultivo.

Vieira e Muzilli (1984), avaliando as características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo, verificaram que o sistema de plantio direto tornou a camada superior do perfil mais compacta que em preparo convencional, porém as diferenças entre preparo inexisteram nas camadas inferiores a 20 cm. Assim, o plantio direto tendeu a aumentar a agregação do solo na camada superficial de 20 cm.

Gamero (1985), estudando os efeitos dos diferentes tipos de preparo sobre características do solo e da cultura do milho, observou que não houve diferenças significativas entre os tratamentos, para a densidade global, porosidade total e índice de vazios. No entanto, o cultivo mínimo apresentou um valor médio de densidade do solo ligeiramente inferior aos demais tratamentos, relacionado certamente, aos maiores valores de porosidade total e índice de vazios.

A resistência do solo à penetração é uma das características que melhor representam as condições para o desenvolvimento das raízes das plantas (TORMENTA; ROLOFF, 1996).

Beutler (2001), estudando a resistência à penetração no solo, verificou que, independentemente da profundidade, os maiores valores foram observados para o plantio direto. Já nos sistemas de preparo convencional com arado de discos, os maiores valores ocorreram na profundidade de 15 a 30 cm do solo.

De acordo com Prado et al. (2002), a resistência à penetração aumenta quando o solo é submetido a longo período de pousio, independentemente do sistema de preparo anteriormente utilizado. Constataram ainda que, após cinco anos em pousio, a densidade do solo foi maior no sistema de preparo de solo com grade aradora do que no sistema de preparo com enxada rotativa.

Tavares Filho et al. (1999) observaram que os maiores valores de resistência do solo à penetração ocorreram superficialmente, entre 10 a 25 cm, e a 25 cm de profundidade a resistência atingiu seu pico máximo, 4,02 MPa. A partir desse ponto, diminuiu, chegando a 60 cm de profundidade, com uma resistência de 2,5 MPa, similar ao valor encontrado aos 10 cm.

Furlani et al. (2003), avaliando a resistência do solo à penetração em preparo convencional, escarificação e semeadura direta e em diferentes manejos da cobertura vegetal, constataram que o sistema de semeadura direta apresentou maior resistência do solo à penetração, nas menores profundidades, e que os preparos com escarificador e arado apresentaram região de maior resistência do solo à penetração na profundidade de trabalho dos respectivos equipamentos, demonstrando a necessidade de variação da profundidade de trabalho desses equipamentos de ano a ano.

Para Silva et al. (2000), os maiores valores de resistência à penetração do solo foram constatados no cultivo convencional, sendo críticos na camada de 5 a 20 cm, com valores superiores a 2 MPa no cultivo convencional e plantio direto.

Mernes et al. (2003) concluíram que, dentre os métodos de preparo analisados, o plantio direto e a grade pesada isolada resultaram em maior resistência à penetração, e o uso do arado de disco ou de aiveca, em menor resistência, até a profundidade de 0,30 m.

Outro aspecto importante a ser citado é o efeito dos diferentes tipos de preparo na fertilidade dos solos agrícolas. Derpsch et al. (1991) citam que as propriedades químicas do solo sofrem influência dos sistemas de preparo e que tais influências podem ser dadas de maneira direta pela ação incorporadora dos diferentes equipamentos de preparo ou, de maneira indireta, quando os sistemas afetam a estrutura do solo.

Após sete anos de cultivos adubados seguindo as recomendações de adubação, Santos et al. (1995) constataram elevação pronunciada dos teores de fósforo na

camada de 0-5 cm do solo sob plantio direto, em relação ao solo sob plantio convencional. Verificaram também que, em todas as profundidades amostradas, não foram observadas diferenças consistentes no pH em água e Al, Ca + Mg e K trocáveis após três anos de cultivo, em sistema de plantio direto, com calcário aplicado em superfície, e em sistema de plantio convencional do solo, com calcário incorporado.

Sidiras e Pavan (1985) relataram a influência do sistema de manejo, preparo convencional e plantio direto, na fertilidade do solo, os quais proporcionaram comportamentos distintos no nível de fertilidade; porém, o aumento no teor dos nutrientes esteve associado com o retorno dos resíduos das culturas à superfície do solo.

Eltz et al. (1989), analisando o efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico, constataram no plantio direto, elevação da concentração de nutrientes nos dois centímetros superficiais e redução em gradiente ao longo do perfil do solo.

Johnson e Taylor (1960) afirmam que o interesse no desenvolvimento de novos métodos de preparo de solo decorre principalmente devido à deterioração da sua estrutura, ao elevado custo das operações e à redução na produção das culturas, em função do preparo excessivo do solo.

4.6.2 Efeitos sobre a cultura do milho

As operações de preparo do solo estão entre as técnicas que, freqüentemente, aumentam as produtividades das culturas, mas devem ser adaptadas às condições específicas, para diferentes sistemas de produção. Dessa forma, um grande número de máquinas e implementos agrícolas é desenvolvido, a fim de criar melhores condições físicas no solo ao desenvolvimento das culturas (MORAES; BENEZ, 1996).

Ortolani (1977), utilizando cinco tipos de preparo de solo (arado e grade convencionais; subsolador e grade pesada; grade pesada; enxada rotativa; e semeadura direta) em um Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, sobre a cultura do milho, verificou que não ocorreram contrastes entre as produções obtidas, sendo que a produção mínima de 4,95 t.ha⁻¹ e a máxima de 5,89 t.ha⁻¹ ocorreram para os tratamentos com semeadura direta e preparo com enxada rotativa, respectivamente.

Bayer et al. (1998), conduzindo experimento com preparos convencional, reduzido e plantio direto, constataram que a produtividade da cultura do milho não foi influenciada por esses manejos. Resultados semelhantes foram verificados por Marques (1999) e Pontes (1999), que indicaram ausência de influência dos diferentes sistemas de preparo do solo e do manejo da vegetação espontânea na produtividade da cultura do milho.

Gamero (1985) constatou que todos os parâmetros relativos à cultura do milho não mostraram diferenças significativas, 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.

Possamai et al. (2001), estudando os sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha, verificaram que o sistema de semeadura direta proporcionou menor número de dias para o florescimento, maiores populações de plantas, maior diâmetro de colmo, maior altura de plantas e de inserção da primeira espiga, maior índice de espigas e maior produtividade de grãos.

Leite (2002) não observou influência dos preparos de solo sob o diâmetro do colmo e produtividade de grãos. Entretanto, as plantas apresentaram maiores alturas no plantio direto; a altura de inserção da primeira espiga apresentou diferenças para os três preparos utilizados, sendo maior no plantio direto, seguido do convencional e reduzido.

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

Silva (2000) observou que as populações inicial e final de plantas, o número de plantas quebradas, a matéria seca de plantas daninhas e os restos culturais presentes no solo após a colheita das espigas, foram afetados pelos sistemas de preparo de solo, de modo geral. Em contrapartida, o diâmetro de colmo e alturas de plantas e de inserção das espigas, o número de plantas acamadas e a produtividade de grãos não foram afetados pelos diferentes sistemas de manejo do solo.

Estudando diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos na cultura do milho, Silva (2004) constatou que o diâmetro de colmo, índice de espigas, índice de sobrevivência e produtividade de grãos não foram influenciados pelos sistemas de manejo do solo.

Benatti Júnior et al. (1983) verificaram que o sistema de manejo convencional, preparo reduzido e plantio direto, não afetaram significativamente a produção de grãos de milho, em Latossolo Roxo. Entretanto, no Podzólico Vermelho-Amarelo orto, os sistemas de manejo convencional e preparo reduzido obtiveram maiores produtividades em comparação ao plantio direto.

Silva e Alves (2002), estudando o efeito de diferentes preparos de solo (convencional, escarificador e plantio direto) nas características fenológicas e na produtividade do milho (*Zea mays* L.), verificaram que no primeiro ano de cultivo (1996), a produtividade de milho foi maior nos sistemas com preparo convencional e com escarificador, porém, no segundo (1997), o plantio direto obteve maior produtividade, comparado com o preparo com escarificador.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, na área de experimentação da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Campus de Botucatu. A localização geográfica está definida pelas coordenadas 22° 49' 31" Latitude Sul e 48° 25' 37" Longitude Oeste, com altitude média de 770 metros, em relação ao nível do mar e declividade média de 3%.

5.2 Histórico da área

A partir da safra de inverno de 1989, iniciou-se a aplicação dos tratamentos conforme descrito a seguir: 1- plantio direto em todas as safras; 2- arado de disco em todas as safras; 3- grade pesada em todas as safras; 4- escarificador em todas as safras; 5- arado de disco em duas safras sendo usado escarificador na terceira safra; 6- grade pesada em duas safras e arado de disco na terceira safra; 7- grade pesada em duas safras e escarificador na terceira safra; e 8- grade pesada na primeira safra, escarificador na segunda e arado de disco na terceira, tendo esta seqüência se repetido 13 vezes ao longo

dos anos, considerando haver duas safras por ano, sendo semeados trigo no inverno e soja no verão.

Os tratamentos de preparo do solo não foram aplicados no inverno de 2003, tendo a área recebido a semeadura de aveia preta como planta de cobertura do solo, sem que o mesmo tenha sido revolvido ou tenha recebido aplicação de adubação.

5.3 Caracterização do clima e dados climatológicos

O clima da região é caracterizado, segundo a classificação de Köppen, como sendo do tipo Cwa, tropical úmido, com inverno seco (junho a agosto) e verão chuvoso (dezembro a fevereiro). A Tabela 1 contém os dados climatológicos relativos ao período experimental de dezembro de 2003 a junho de 2004, coletados no posto meteorológico pertencente ao Departamento de Recursos Naturais/Ciências Ambientais da UNESP-Botucatu, SP.

Tabela 1. Dados climatológicos relativos ao período de condução do experimento (dez/2003 a jun/2004). Botucatu (SP), 2003/2004.

ANO	MÊS	RGM (cal.cm ⁻² .d ⁻¹)	I (h. d ⁻¹)	P (mm)	UR (%)	Temperatura (C°)		
						Máxima	Mínima	Média*
2003	DEZ	441	6,82	183,9	68	28,0	18,8	21,8
2004	JAN	366	5,19	302,0	71	26,5	18,3	20,5
	FEV	405	6,90	161,6	73	27,7	18,3	21,3
	MAR	391	4,50	122,3	67	26,9	17,6	20,5
	ABR	352	6,27	114,0	68	26,1	17,9	20,5
	MAI	280	5,85	133,5	68	21,8	13,7	15,7
	JUN	282	4,80	28,8	60	21,7	13,2	15,7

RGM = radiação global média; I = insolação diária média; P = precipitação total; UR = umidade relativa média do ar. * Média mensal, resultante de vinte e quatro leituras, por dia de observação.

5.4 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos envolveram oito formas de preparo de solo, três diferentes populações de plantas e dois cultivares de milho, conforme descritos a seguir.

5.4.1 Preparo de solo

As formas de preparo do solo corresponderam a:

- P1 – Plantio direto em todas as safras;
- P2 – Arado de disco em todas as safras, trabalhando à profundidade de 0,20 a 0,25 m;
- P3 – Grade pesada em todas as safras, trabalhando à profundidade de 0,15 a 0,18 m;
- P4 – Escarificador em toda as safras, trabalhando à profundidade de 0,35 m;
- P5 – Arado de disco em duas safras sendo usado escarificador na terceira safra, trabalhando à profundidade de 0,20 a 0,25 m;
- P6 – Grade pesada em duas safras e arado de disco na terceira safra, trabalhando à profundidade de 0,15 a 0,18 m;
- P7 – Grade pesada em duas safras e escarificador na terceira safra, trabalhando à profundidade de 0,15 a 0,18 m;
- P8 – Grade pesada na primeira safra, escarificador na segunda e arado de disco na terceira, trabalhando à profundidade de 0,15 a 0,18 m.

A coincidência de preparo do solo nos tratamentos P3, P6, P7 e P8 , deve-se ao fato de ser o ensaio, um projeto de longa duração, cuja programação previa para a safra de verão 2003/2004 os tratamentos realizados, sendo que os preparos em que o solo foi movimentado, foi realizado o preparo secundário com duas gradagens niveladora.

5.4.2 Populações

As populações utilizadas neste experimento foram de 50.000, 75.000 e 100.000 plantas por hectare.

5.4.3 Cultivares

O AG 9010 é um híbrido modificado, de ciclo hiperprecoce, apresentando porte baixo, folhas eretas e resistência ao tombamento. Já o AL34, é uma variedade de ciclo semiprecoce, de porte alto e arquitetura normal.

5.5 Solo

O solo da área experimental foi classificado, segundo a EMBRAPA (1999) como Nitossolo Vermelho distroférico, textura argilosa.

5.5.1 Caracterização química da área experimental

Foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,50; 0,50-0,75; 0,75-1,0 m, para caracterização química da área experimental, antes da aplicação dos tratamentos. A análise de solo foi realizada pelo Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da FCA/UNESP-Botucatu, cujos dados são apresentados na Tabela 2.

5.5.2 Caracterização física da área experimental

5.5.2.1 Densidade dos sólidos do solo (S)

Para a determinação desta característica física do solo, o procedimento utilizado foi aquele descrito por NOGUEIRA (1973) para solos coesivos. De acordo com os resultados, verificou-se que a densidade dos sólidos do solo, para todas as profundidades e preparos de solo, apresentou valor de $2,98 \text{ g.cm}^{-3}$.

5.5.2.2 Densidade do solo (g)

Para a determinação da densidade do solo, foram coletadas amostras nas profundidades de 0,0-0,05; 0,075-0,125; 0,15-0,2; 0,225-0,275; 0,30-0,35; 0,375-0,425 e 0,45-0,50 m. A densidade do solo foi determinada pelo método da impermeabilização dos torrões com parafina. Na Tabela 3 são apresentados os dados da densidade do solo antes da instalação do experimento.

5.5.2.3 Índice de vazios (E) e porosidade total (m).

Uma vez obtido os valores da densidade dos sólidos do solo e da densidade do solo, foram calculados os valores dos índices de vazios e da porosidade total através de fórmulas desenvolvidas na teoria de mecânica do solo como segue:

$$E = (S - 1) / g \quad m = [(S - g) / S] \times 100$$

Estes índices foram determinados para cada uma das profundidades descritas no item 5.5.2.2. Na Tabela 4, encontram-se os dados referentes ao índice de vazios e a porosidade total.

5.5.2.4 Teor de água no solo

Em cada parcela do experimento, no momento em que a resistência à penetração foi realizada, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0,0-0,10; 0,10- 0,20; 0,20-0,30 m, para determinação do teor de água (Tabela 5). Utilizou-se o método de determinação gravimétrico padrão, com base na massa do solo seco em estufa à temperatura de 105 a 110° C até massa constante.

Tabela 2. Resultado da análise química de solo nas profundidades de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,50; 0,50-0,75; 0,75-1,0 m, em relação aos preparos de solo, antes da aplicação dos tratamentos. Botucatu (SP), 2003/2004.

Profundidade (m)	P1			P2			P3			P4										
	pH	MO	P	K	V%	pH	MO	P	K	V%	pH	MO	P	K	V%					
0-0,05	5,75	33,5	48,7	4,2	72,7	5	25	22,7	2,5	59,7	6	21	23,7	2,7	76	6	28	29,7	4,6	80,5
0,05-0,10	5,5	28,2	23,2	1,5	66,2	5	29	27,7	1,5	58,5	6,25	39,7	23,7	2	82	5,75	23,7	16,7	1,9	68,2
0,10-0,20	5	19,2	10,7	1	49,2	4,7	19,2	9,7	0,5	42	5	21,2	11,2	0,4	52	5,25	24,7	15,2	0,6	59,2
0,20-0,30	4,5	15,7	6,5	0,7	37,7	5,2	19,7	15,5	1,5	56,2	5,5	18,7	8,7	0,5	61	5,75	21,7	6,2	1	65,7
0,30-0,50	4,75	14,2	5	0,3	41,7	4,7	18	6,2	0,2	38	5	17,5	7,5	0	47,7	5	20	9,7	1,3	58
0,50-0,75	4,25	15,5	4,2	0,2	23,7	4,2	16	4,7	0,2	23	5,5	14	6	0,3	56,2	5	16	5,7	0	55,2
0,75-1,00	4	16	4	0,1	21	4	16	5,2	0,7	17	5,25	15	6,2	0,4	51,2	4,75	16,5	5,5	0,2	40,2

Profundidade (m)	P5			P6			P7			P8										
	pH	MO	P	K	V%	pH	MO	P	K	V%	pH	MO	P	K	V%					
0-0,05	5,5	25,7	26,5	5	62,7	5	26	21,2	3,2	64	5,5	30,7	22,7	3,5	68,7	5,2	23	16,7	1,2	60
0,05-0,10	5	23,5	20,5	1,7	48,2	5,2	23	15	1,5	56,2	4,6	21,7	12,2	1,3	34,2	5,5	23,5	15,2	1	64
0,10-0,20	4,7	20,5	16,7	1	41	5,2	19,7	10,7	0,7	50	4,6	23	10,5	0,9	37	5,7	23,2	15,2	1,5	63
0,20-0,30	5,2	16,5	8,7	0,7	54,2	4,7	15,7	6,2	0,5	41,5	4,7	15,7	4,7	0,2	33,7	5	15,5	4,5	0	48
0,30-0,50	4,7	13,2	4,7	0	38,5	4,7	15,7	5,2	0	76,5	4,7	12,2	4,7	0,2	32	5	14	4,7	0	41,2
0,50-0,75	4,7	13,2	5,2	0,3	38	4,6	17	5	0	89	4,5	19,5	6,2	0,5	35	4,2	17,2	4	0	20,7
0,75-1,00	4,5	13,7	5	0	32	4,3	25	4,2	0,5	104	4	17	4	0,6	16,5	4	18	4	0,6	14

Legenda: P1= plantio direto; P2 = arado de disco; P3 = grade pesada em todas as safras; P4 = escarificador em todas as safras; P5 = arado de disco em duas safras e escarificador na terceira; P6 = grade pesada em duas safras e arado de disco na terceira; P7 = grade pesada em duas safras e escarificador na terceira; P8 = grade pesada na primeira safra, escarificador na segunda e arado de disco na terceira.

Tabela 3. Densidade do solo (kg.dm^{-3}) em função do manejo e em diferentes profundidades, antes da instalação do experimento. Botucatu (SP), 2003/2004.

Profundidade (m)	Densidade do solo (kg.dm^{-3})									CV(%)
	Manejo do solo									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
0,0-0,05	1,43	1,49	1,47	1,50	1,47	1,49	1,43	1,51	1,45	7,19
0,075-0,125	1,50	1,52	1,49	1,48	1,64	1,48	1,41	1,48	1,52	9,93
0,15-0,20	1,47	1,54	1,52	1,54	1,52	1,52	1,48	1,49	1,45	5,67
0,225-0,275	1,52	1,46	1,53	1,57	1,49	1,47	1,46	1,47	1,54	3,78
0,30-0,35	1,48	1,39	1,39	1,45	1,48	1,44	1,48	1,44	1,47	5,08
0,375-0,425	1,42	1,30	1,40	1,50	1,38	1,35	1,37	1,40	1,44	5,53
0,45-0,50	1,35	1,27	1,35	1,39	1,35	1,29	1,32	1,31	1,37	5,93

Legenda: P1 = plantio direto; P2 = arado de disco; P3 = grade pesada em todas as safras; P4 = escarificador em todas as safras; P5 = arado de disco em duas safras e escarificador na terceira; P6 = grade pesada em duas safras e arado de disco na terceira; P7 = grade pesada em duas safras e escarificador na terceira; P8 = grade pesada na primeira safra, escarificador na segunda e arado de disco na terceira.

Tabela 4. Índice de vazios e porosidade total do solo em função do manejo, em diferentes profundidades. Botucatu (SP), 2003/2004.

Profundidade (m)	Índice de vazios									CV(%)
	Manejo do solo									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
0,0-0,05	1,25	1,25	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	1,0	1,0	27,74
0,075-0,125	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	1,0	1,0	16,22
0,15-0,20	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	16,22
0,225-0,275	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0
0,30-0,35	1,0	1,0	1,25	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	16,22
0,375-0,425	1,0	1,75	1,25	1,0	1,25	1,0	1,25	1,0	1,0	29,74
0,45-0,50	1,25	2,0	1,25	1,25	1,0	1,75	1,5	1,75	1,25	33,14
Porosidade Total (%)										
0,0-0,05	52	50,25	50,75	49,5	50,75	50	52,25	49,25	51,5	6,93
0,075-0,125	49,5	49	49,75	50,5	45	50,2	53	50,5	49	10,24
0,15-0,20	50,7	48,5	48,75	48,25	48,75	49,25	50,5	50,25	51,5	5,75
0,225-0,275	48,75	51,25	48,5	47,5	50	50,75	50,75	50,5	48,25	3,84
0,30-0,35	50,25	53	53,25	51,25	50,5	52	50,5	51,5	50,5	4,74
0,375-0,425	52,5	56,25	52,75	49,5	53,25	54,5	54	53	51,5	4,89
0,45-0,50	54,5	57,25	54,75	53,25	55	56,75	55,75	55,75	54,25	4,76

Legenda: P1= plantio direto; P2 = arado de disco; P3 = grade pesada em todas as safras; P4 = escarificador em todas as safras; P5 = arado de disco em duas safras e escarificador na terceira; P6 = grade pesada em duas safras e arado de disco na terceira; P7 = grade pesada em duas safras e escarificador na terceira; P8 = grade pesada na primeira safra, escarificador na segunda e arado de disco na terceira.

Tabela 5. Teor de água no solo em porcentagem, nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, obtidos no momento da avaliação da resistência à penetração. Botucatu (SP), 2003/2004.

Preparo do solo	Profundidade (m)		
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
P1	8,89	11,41	11,42
P2	8,93	10,96	11,29
P3	9,04	10,92	9,83
P4	9,08	8,51	9,89
P5	8,87	9,96	10,56
P6	8,71	10,56	11,51
P7	8,93	9,93	11,32
P8	8,76	10	10,28
P9	9,09	9,91	10,92
CV(%)	9,82	13,41	12,2

5.5.2.5 Resistência à penetração

Para a determinação da resistência do solo à penetração, foi utilizado o penetrômetro hidráulico-eletrônico, com ponta cônica de 30°, diâmetro da base de 19,05mm (3/4”), registrador automático da resistência à penetração até a pressão de 5000 N. Foram amostrados 5 pontos por parcela, até a profundidades maiores que 40 cm. A Tabela 6 mostra os resultados da resistência à penetração, em kPa, antes da instalação da cultura do milho.

Tabela 6. Valores médios de resistência à penetração, em kPa, em função do manejo, em diferentes profundidades. Botucatu (SP), 2003/2004.

Preparo	Profundidade (m)				
	0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	>0,4
P1	608,75	1392,00	1601,75	1519,00	1501,00
P2	702,75	1426,00	1619,75	1536,00	1537,00
P3	467,75	1042,25	1544,00	1495,25	1523,25
P4	465,25	1072,75	1575,75	1486,75	1361,50
P5	366,75	936,25	1424,00	1492,75	1612,00
P6	577,25	1303,50	1710,25	1587,75	1494,25
P7	792,22	1576,27	1476,50	1336,27	1091,25
P8	436,25	977,25	1347,75	1371,00	1502,75
CV (%)	44,02	25,82	14,28	14,87	18,25

5.6 Cobertura vegetal

5.6.1 Massa da matéria seca da cobertura vegetal

Para a massa da matéria seca da cobertura vegetal, utilizou-se o método do quadrado, que consistiu na deposição de um quadrado de madeira de 0,25 m² de área (0,5 x 0,5 m), para a coleta de três amostras por parcela da cobertura vegetal ao acaso, antes da implantação dos tratamentos. As amostras foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa a 60° C por 48 h.

5.6.2 Porcentagem de cobertura vegetal

Foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Laflen et al., citados por Gamero e Lanças (1996), que consiste em lançar ao acaso, por duas vezes, sobre a parcela, um fio de 15 m possuindo marcas distanciadas de 0,15 m uma da outra. A cada ponto

coincidente com a cobertura vegetal, considerou-se equivalente a um ponto percentual de cobertura.

5.7 Avaliação fitotécnica da cultura do milho

5.7.1 Estandes inicial e final de plantas

Aos 25 dias após a semeadura (DAS) foi avaliado o número de plantas que emergiram. Foram contadas todas as plantas nascidas nos 2m das três linhas centrais de cada sub-subparcela. O mesmo procedimento foi adotado no final do ciclo da cultura, nos mesmos locais, para determinação do estande final.

5.7.2 Diâmetro do colmo

O diâmetro do colmo foi determinado por meio de um paquímetro de precisão, em centímetros, no primeiro entrenó acima do colo da planta, tomada de todas as plantas presentes em 2 metros, nas três linhas centrais de cada sub-subparcela.

5.7.3 Ângulo de inserção da folha com o colmo da planta

Foi realizada através de um transferidor, em graus, entre a folha e o colmo da planta, em qualquer folha e em dez plantas de cada sub-subparcela

5.7.4 Altura das plantas

A altura da planta foi avaliada aos 75 dias após a emergência. Foi considerada altura da planta a distância entre o nível do solo e o ponto de inserção da folha

bandeira. Foram avaliadas todas as plantas presentes em 2m, demarcados desde o início do ciclo, nas três linhas centrais de cada sub-subparcela.

5.7.5 Altura de inserção da primeira espiga

A altura de inserção da primeira espiga foi determinada pela distância, em metros, entre a superfície do solo e a inserção da primeira espiga, tomada de todas as plantas presentes em 2 metros, nas três linhas centrais de cada sub-subparcela.

5.7.6 Número de plantas quebradas e acamadas

O número de plantas quebradas e acamadas foi contado na área útil de cada sub-subparcela, tendo sido consideradas acamadas as plantas que apresentavam ângulo de inclinação superior a 45° em relação a vertical e, como quebradas, as plantas que se apresentavam quebradas abaixo da espiga superior, transformando-se os dados em $\sqrt{x+0,5}$, conforme Banzatto e Kronka (1992).

5.7.7 Comprimento de espiga

O comprimento da espiga foi determinado por meio de uma régua, em centímetros, em 10 espigas amostradas aleatoriamente em cada sub-subparcela.

5.7.8 Diâmetro de espiga

O diâmetro da espiga foi determinado por meio de um paquímetro de precisão, em centímetros, em 10 espigas amostradas aleatoriamente em cada sub-subparcela.

5.7.9 Número de fileiras por espiga

O número de fileiras por espiga foi determinado em 10 espigas amostradas aleatoriamente de cada sub-subparcela, mediante contagem.

5.7.10 Número de grãos por fileira da espiga

O número de grãos por fileira foi determinado em 10 espigas amostradas aleatoriamente, de cada parcela experimental, mediante simples contagem, sendo estas as mesmas espigas utilizadas no item anterior.

5.7.11 Massa de 100 grãos

Para esta determinação, fez-se a contagem ao acaso de oito repetições de 100 grãos, que tiveram suas massas determinadas e ajustadas para 13% de teor de água, baseada nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), para cada sub-subparcela.

5.7.12 Produtividade de grãos

A produtividade foi obtida a partir da massa dos grãos, provenientes da área útil das sub-subparcelas e expressa em toneladas.ha⁻¹, ajustadas para 13% de teor de água, baseada nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

5.7.13 Índice de espigas

Foi obtido pela relação entre o número de espigas e o número de plantas presentes na área útil de cada sub-subparcela.

5.7.14 Índice de sobrevivência

Foi obtido pela relação entre o estande final e o estande inicial, transformando-se os dados em porcentagem.

5.7.15 Índice de colheita

Obtido segundo a relação entre a produção de matéria seca de grãos e a produção de matéria seca da planta (menos as raízes), tomada de cinco plantas na área útil, sendo que tanto as plantas quanto os grãos foram secos em estufa a 105° C por 72 horas. Os dados foram transformados em porcentagem.

5.8 Instalação e Condução do experimento

5.8.1 Preparo do solo

No inverno de 2003, a área experimental recebeu a cultura da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) para a formação de cobertura morta. Posteriormente, foram aplicados os tratamentos de preparos do solo em toda área.

5.8.2 Adubação

A adubação de implantação foi de 300 kg.ha⁻¹ da formulação 8-28-16 (N₂-P₂O₅-K₂O) e a adubação de cobertura, de 90 kg N ha⁻¹, na forma de uréia.

5.8.3 Semeadura

A semeadura do milho foi realizada no dia 18 de dezembro de 2003, utilizando-se espaçamento entre linhas de 0,45 m e, em média, 2,25; 3,3 e 4,5 sementes por metro, para as populações de 50, 75 e 100 mil plantas.ha⁻¹, respectivamente.

5.8.4 Tratos culturais

Após a emergência das plântulas foi feito o desbaste para obtenção das populações equivalentes a 50, 75 e 100 mil plantas.ha⁻¹, as quais foram mantidas até a colheita.

Para o controle das plantas invasoras em pós emergência, utilizou-se 2,2 L.ha⁻¹ do herbicida Sanson 405 C (nicosulfuron), 2,2 L.ha⁻¹ de Metalaclor. Para o controle de pragas, 0,5 L.ha⁻¹ de Tracer, aos 35 dia após a semeadura.

5.8.5 Colheita

A colheita foi realizada no dia 07/06/2004, manualmente, coletando-se todas as espigas da área útil das sub-subparcelas.

5.8.6 Equipamentos agrícolas

Para a instalação e condução do ensaio, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- a) Arado de disco, marca Tatu Marchesan, com 4 discos de 28”;
- b) Escarificador modelo Jan, 7 hastes, trabalhando à profundidade média de 34 cm;
- c) Grade aradora pesada, marca Tatu, com 10 discos de 34”;
- d) Grade niveladora de discos, modelo GNL, marca Tatu, equipada com 32 discos de 20”;
- e) Triturador de palhas montado, modelo Tritton 2300, marca Jan;
- f) Pulverizador, modelo Condor AM12;
- g) Semeadora-adubadora Personale Drill;
- h) Trator Massey Ferguson-299.

5.8.7 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de parcela sub-subdividida, com 8x2x3 e quatro repetições, sendo os fatores de variações oito maneiras de preparo de solo, dois cultivares de milho e três populações de plantas. Foram utilizadas parcelas com 150 m², 5 x 30 m, oito preparo de solo; subparcelas de 75 m², 2,5 x 30 m, dois cultivares de milho, e sub-subparcela de 25 m², 2,5 x 10 m, três populações de plantas, sendo considerada área útil de cada sub-subparcela as três linhas centrais, perfazendo uma área útil de 13,5 m², 1,35 x 10 m. O esquema da área experimental se encontra na Figura 1.

5.8.8 Análise estatística

Para as análises estatísticas dos dados obtidos, utilizou-se o programa Sisvar, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dependendo das significâncias obtidas, foram feitas os desdobramentos entre: preparo de solo dentro de cultivares, cultivares dentro de preparo, preparo dentro de população, população dentro de preparo, cultivares dentro de população e população dentro de cultivares.

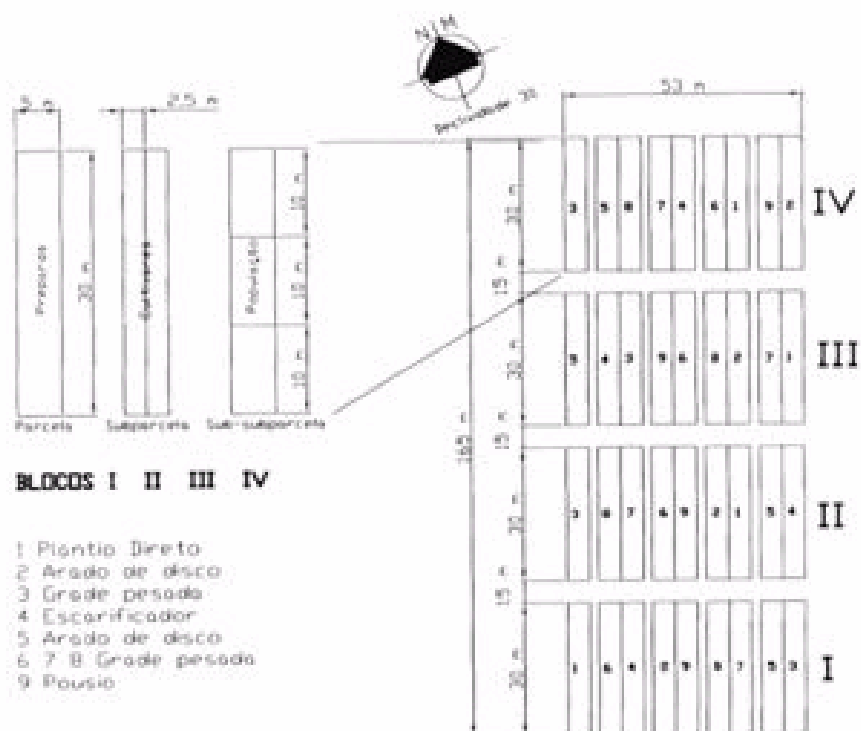


Figura 1. Distribuição dos blocos, com suas parcelas, subparcelas e sub-subparcelas na área experimental.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do experimento estão apresentados na forma de Tabelas, sendo que as médias seguidas de letras iguais (minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal) não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey. O coeficiente de variação é representado por CV (%) e a significância, pelo teste F e de Tukey.

6.1 Cobertura vegetal do solo

6.1.1 Matéria seca da cobertura vegetal

Conforme os resultados contidos na Tabela 7, verificou-se ausência de diferenças significativas entre os preparos de solo em relação às quantidades de matéria seca provenientes da aveia preta, sugerindo, portanto, que a área experimental estava homogênea antes da instalação dos experimentos, apresentado uma média de 10.298 kg.ha⁻¹ de cobertura do solo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Leite (2002), em que não foram constatadas diferenças significativas entre os preparos de solo, indicando homogeneidade da área experimental, com média total de cobertura sobre o solo de 8820 kg.ha⁻¹.

Segundo Gamero et al. (1997), a aveia preta é uma das culturas mais empregadas como cobertura do solo devido a sua grande capacidade de produção de matéria seca, sendo que do ponto de vista conservacionista e de controle de invasoras, é altamente desejável a permanência de resíduos vegetais sobre o solo.

Tabela 7. Análise de variância e teste de Tukey, referente à matéria seca de aveia preta, em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, antes da instalação dos tratamentos de preparo de solo. Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	GL	F	CV (%)
Preparo de solo	7	0.942 ^{ns}	18.79
Médias comparadas pelo teste de Tukey			
Preparo de solo	Matéria seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)		
P1	10.447 a		
P2	9.087 a		
P3	11.127 a		
P4	9.740 a		
P5	10.350 a		
P6	11.295 a		
P7	9.017 a		
P8	11.322 a		

ns = não significativo, pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.1.2 Porcentagem de cobertura do solo após os preparos primário e secundário

Na Tabela 8 são apresentados os valores de porcentagem de cobertura do solo antes e após o manejo, denominados, respectivamente, de preparo primário e secundário, onde foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos.

O tratamento com revolvimento mínimo (P4) apresentou porcentagem de cobertura superior aos demais, tanto para o preparo primário, como para o secundário, concordando com os resultados obtidos por Silva (2004). Já no preparo secundário, os tratamentos P2 e P5 (arado de disco) apresentaram menores valores de cobertura do solo, não diferindo, entretanto, dos demais tratamentos, exceto do P4.

Siqueira (1999), Furlani (2000), Lopes et al. (2001) e Leite (2002) verificaram resultados semelhantes, tendo sido observado maior incorporação da cobertura

vegetal no sistema de preparo convencional do solo e menor incorporação no preparo reduzido, dentre os tratamentos em que o solo foi manejado.

Tabela 8. Análise de variância e teste de Tukey, referente à porcentagem de cobertura do solo após os preparos primário e secundário. Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	Preparo primário			Preparo secundário		
	GL	F	CV(%)	GL	F	CV(%)
Preparo	6	50.826**	9.42	6	3.833*	14.79
Médias comparadas pelo teste de Tukey						
Preparo de solo	% de cobertura do solo após preparo primário			% de cobertura do solo após preparo secundário		
P2	30.36 b			21.20 b		
P3	30.47 b			28.92 ab		
P4	61.75 a			30.49 a		
P5	34.27 b			20.95 b		
P6	31.98 b			27.27 ab		
P7	30.34 b			25.83 ab		
P8	27.74 b			23.84 ab		

* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2 Avaliações fitotécnicas

6.2.1 Estandes inicial e final de plantas

Os valores médios do estande inicial e final de plantas estão dispostos na Tabela 9. Observou-se que os cultivares e as populações de plantas apresentaram diferenças significativas para os estandes inicial e final de plantas. Verificou-se, para o estande inicial, interação entre preparo de solo e cultivares (Tabelas 9 e 10) e populações de plantas e cultivares (Tabelas 9 e 11). Já para o estande final, houve interação somente entre preparo de solo e cultivares de milho (Tabelas 9 e 12).

Os resultados na Tabela 9 mostram que o tipo de preparo de solo não influenciou a emergência das plântulas. No entanto, Silva (2004) encontrou diferenças estatísticas entre os sistemas de preparo do solo, sendo que o plantio convencional apresentou maior número de plantas.ha⁻¹ em relação aos sistemas plantio direto e preparo reduzido. Possamai et al. (2001), Silva (2000) e Leite (2002), porém, obtiveram resultados contrários, em que o plantio direto apresentou maior número inicial de plantas.ha⁻¹ em relação ao preparo convencional, provavelmente, devido às diferenças na profundidade de semeadura.

Tabela 9. Análise de variância e teste de Tukey, referente aos estandes inicial e final, em plantas.ha⁻¹. Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	Estande inicial			Estande final		
	GL	F	CV(%)	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	1.22 ^{ns}	18.76	7	0.77 ^{ns}	20.31
Cultivar (C)	1	29.48**	12.12	1	30.17**	12.24
População (Po)	2	175.86**	15.07	2	173.93**	14.94
Preparo X Cultivar	7	2.38*		7	2.843*	
Preparo X População	14	1.15 ^{ns}		14	1.31 ^{ns}	
População X Cultivar	2	3.48*		2	2.83 ^{ns}	
P X C X Po	14	0.87 ^{ns}		14	0.87 ^{ns}	

Médias comparadas pelo teste de Tukey		
Cultivares	Estande inicial	Estande final
AG9010	73106 a	71719 a
AL34	66474 b	65084 b

Populações (mil plantas ha ⁻¹)		
50	51927 c	51229 c
75	70677 b	69062 b
100	86767 a	84914 a

ns = não significativo, pelo teste de F, * = Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A Tabela 10, relacionada à interação significativa entre o preparo de solo e os cultivares de milho, revela ausência de diferenças estatísticas entre os cultivares quando submetidos aos preparos de solo P2 (arado de disco) e P3 e P8 (grade pesada) para o estande inicial. O mesmo não foi verificado por Silva (2000), não encontrando diferenças significativas entre as interações preparo de solo e cultivares de milho.

Tabela 10. Interação entre preparo de solo e cultivares de milho, para o estande inicial de plantas .ha⁻¹. Botucatu (SP), 2003/2004.

Preparo de solo	Estande inicial (plantas.ha ⁻¹)		Teste F
	AG9010	AL34	
P1	72814 aA	65398 aB	4.610*
P2	69713 aA	63537 aA	3.197 ^{ns}
P3	70629 aA	74666 aA	1.366 ^{ns}
P4	72176 aA	64768 aB	4.598*
P5	76490 aA	63537 aB	14.063**
P6	81750 aA	69407 aB	12.767**
P7	72176 aA	64787 aB	4.575*
P8	69101 aA	65694 aA	0.973 ^{ns}
Teste F	1.716 ^{ns}	1.418 ^{ns}	

ns = não significativo, pelo teste de F, * = Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à Tabela 11, referente à interação significativa entre população de plantas e cultivares de milho, verificou-se como esperado, elevação dos valores de estande inicial com o aumento da população de plantas. Em populações elevadas (75 e 100 mil plantas.ha⁻¹), o estabelecimento das plantas foi mais adequado no híbrido que na variedade de milho, devido, provavelmente, às diferenças genéticas existentes entre os cultivares, sendo encontrados resultados semelhantes por Silva (2004). No entanto, Silva (2000) e Leite (2002) não observaram diferenças significativas entre o híbrido e a variedade, para a variável em questão. Pinotti (2003) não encontrou diferenças significativas entre a interação população de plantas e cultivares de milho.

Tabela 11. Interação entre população de plantas e cultivares de milho, para o estande inicial de plantas .ha⁻¹. Botucatu (SP), 2003/2004.

Populações (mil plantas.ha ⁻¹)	Estande inicial (plantas.ha ⁻¹)		Teste F
	AG9010	AL34	
50	52618 cA	51236 cA	0.291 ^{ns}
75	74378 bA	66975 bB	8.360**
100	92323 aA	81211 aB	18.834**
Teste F	114.333**	65.02**	

ns = não significativo, pelo teste de F, ** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao estande final de plantas, verificou-se a existência de diferenças estatísticas somente entre os cultivares e as populações de plantas, não havendo, portanto, influência dos preparos de solo sobre esta variável, semelhantemente ao ocorrido com o estande inicial (Tabela 9). Houve interação, apenas, entre os preparos de solo e cultivares de milho (Tabela 12).

Tabela 12. Interação entre preparo de solo e cultivares de milho, para o estande final de plantas.ha⁻¹. Botucatu (SP), 2003/2004.

Preparo de solo	Estande Final (plantas.ha ⁻¹)		Teste F
	AG9010	AL34	
P1	71574 aA	63222 aB	5.975*
P2	69083 aA	62925 aA	3.247 ^{ns}
P3	69407 aA	73435 aA	1.390 ^{ns}
P4	70009 aA	64768 aA	2.352 ^{ns}
P5	74953 aA	62305 aB	13.702**
P6	80213 aA	65703 aB	18.031**
P7	70333 aA	62926 aB	4.7*
P8	68185 aA	65388 aA	0.67 ^{ns}
Teste F	1.464 ^{ns}	1.184 ^{ns}	

ns = não significativo, pelo teste de F, * = Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à interação referente à Tabela 12, notou-se que os cultivares de milho não apresentaram diferenças significativas no estande final de plantas somente quando submetidos aos preparos de solo P2 (arado de disco), P3 e P8 (grade pesada) e P4 (escarificador). No entanto, Silva (2000) observou diferenças significativas entre os cultivares somente dentro do preparo convencional do solo.

Quanto aos preparos de solo (Tabela 12), não foram verificadas diferenças estatísticas entre os mesmos para ambos os cultivares de milho. Resultados semelhantes foram encontrados por Furlani et al. (1999), que não constataram influência dos diferentes preparos de solo no número de plantas.ha⁻¹ no final do ciclo da cultura. Entretanto, Silva (2000) verificou maiores valores no estande final nos preparos reduzidos do solo que no convencional, contrariamente aos resultados obtidos por Possamai et al. (2001), que revelaram maiores valores do estande final no preparo convencional em relação ao de semeadura direta, no segundo ano de cultivo.

6.2.2 Diâmetro do colmo

Os resultados da análise de variância e teste de Tukey para o diâmetro de colmo se encontram na Tabela 13.

Verificou-se que os diferentes tipos de preparo do solo não exerceram influência sobre este parâmetro. No entanto, observaram-se diferenças significativas entre os cultivares de milho e as populações de plantas.

Resultados obtidos por Possamai et al. (2001) e Leite (2002) indicaram diferenças entre os preparos de solo, sendo que o sistema de semeadura direta apresentou maior diâmetro de colmo em relação aos sistemas convencionais de plantio, discordando de Furlani et al. (1999), em que o sistema de semeadura direta apresentou o menores valores nos diâmetro de colmos.

Quanto aos genótipos de milho, constatou-se maiores valores de diâmetro do colmo na variedade AL34 comparado ao híbrido AG9010, certamente devido às diferenças existentes entre os dois cultivares. Entretanto Pinotti (2003), não observou diferenças significativas no diâmetro de colmo entre os híbridos e a variedade estudados.

Quando comparadas as populações de plantas, evidenciou-se maiores diâmetros dos colmos na população de 50 mil plantas.ha⁻¹, sendo a de 100 mil plantas.ha⁻¹, a mais sensível dentre todas, para este parâmetro avaliado, obtendo-se plantas mais finas. Observações similares foram verificadas por Penariol et al. (2002), Amaral Filho (2002) e Pinotti (2003), constatando que altas densidades de semeadura provocaram redução no diâmetro de colmo das plantas.

Tabela 13. Análise de variância e teste de Tukey, referente ao diâmetro de colmo (cm). Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	CV(%)
Preparo (P)	7	0.1034	2.129 ^{ns}	10.71
Cultivar (C)	1	1.9703	31.062**	12.24
População (Po)	2	2.9985	123.403**	7.58
Preparo X Cultivar	7	0.0205	0.325 ^{ns}	
Preparo X População	14	0.0417	1.717 ^{ns}	
População X Cultivar	2	0.0121	0.499 ^{ns}	
P X C X Po	14	0.0267	1.101 ^{ns}	

Médias comparadas pelo teste de Tukey	
Cultivares	Diâmetro de colmo (cm)
AG9010	1.96 b
AL34	2.16 a

Populações (mil plantas ha⁻¹)	Diâmetro de colmo (cm)
50	2.28 a
75	2.03 b
100	1.85 c

ns = não significativo pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.3 Ângulo de inserção da folha com o colmo

A Tabela 14 evidencia que tanto os preparos de solo como as populações de plantas não se constituíram em fator determinante para o ângulo de inserção da folha com o colmo. No entanto, os cultivares de milho não apresentaram o mesmo comportamento, devido, provavelmente, às diferenças genéticas inerentes a cada cultivar, sendo que o híbrido, um material de porte baixo e folhas eretas, apresentou menor ângulo de inserção em relação à variedade AL34, de porte alto e arquitetura normal.

Amaral Filho (2002) verificou que a população de plantas não interferiu no ângulo de inserção da folha com o colmo, ocorrendo diminuição no ângulo somente quando se reduziu o espaçamento, de 0,8 para 0,6 m.

Tabela 14. Resultados obtidos na medição do ângulo ($^{\circ}$) de inserção da folha com o colmo, em diferentes cultivares submetidos a diferentes preparos e populações de plantas.

Preparos	Cultivares		Populações (mil plantas.ha ⁻¹)
	AG 9010	AL 34	
P1	10 b	20 a	50, 75 e 100
P2	10 b	20 a	50, 75 e 100
P3	10 b	20 a	50, 75 e 100
P4	10 b	20 a	50, 75 e 100
P5	10 b	20 a	50, 75 e 100
P6	10 b	20 a	50, 75 e 100
P7	10 b	20 a	50, 75 e 100
P8	10 b	20 a	50, 75 e 100
CV (%) Preparo	0		
CV (%) Cultivar	0		
CV (%) População	0		

*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.4 Altura das plantas

Conforme os resultados apresentados na Tabela 15, os fatores preparo de solo e população de plantas não influenciaram significativamente a altura das plantas. Entretanto, foram observadas diferenças significativas entre os cultivares de milho.

Os diferentes preparos de solo não exerceram influências sobre a altura de plantas, sendo que Possamai et al. (2001) observaram resultados diferentes aos apresentados, em que as maiores alturas de plantas foram observadas no sistema de semeadura direta.

Em relação aos cultivares de milho, constatou-se que a variedade AL34 apresentou maiores alturas de plantas em relação ao híbrido AG9010, certamente devido às diferenças genéticas existentes entre os dois materiais, sendo um predominantemente de porte baixo (híbrido) e outro, de porte alto (variedade), concordando com os resultados obtidos por Pinotti (2003).

Quanto às populações de plantas, Pereira Filho et al. (2002) verificaram resultados semelhantes, não sendo evidenciada diferença significativa para o parâmetro avaliado. No entanto, Penariol et al. (2002) observaram resultados diferentes, em que aumentos na densidade de semeadura provocaram redução nas alturas de plantas, discordando de Amaral Filho (2002) e Palhares (2003), em que a altura da planta foi tanto maior quanto maior a população de plantas, devido, provavelmente, ao efeito combinado da competição intra-específica por luz, água e nutrientes.

Tabela 15. Análise de variância e teste de Tukey, referente à altura de plantas (m). Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	1.086 ^{ns}	6.52
Cultivar (C)	1	475.583**	7.39
População (Po)	2	0.442 ^{ns}	3.62
Preparo X Cultivar	7	0.238 ^{ns}	
Preparo X População	14	1.450 ^{ns}	
População X Cultivar	2	0.868 ^{ns}	
P X C X Po	14	1.05 ^{ns}	

Médias comparadas pelo teste de Tukey	
Cultivares	Altura de plantas (m)
AG9010	1.76 b
AL34	2.23 a

Populações (mil plantas ha ⁻¹)	
50	1.99 a
75	1.99 a
100	1.99 a

ns = não significativo pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.5 Altura de inserção da primeira espiga

Conforme a Tabela 16, notou-se que houve diferenças estatísticas somente para os cultivares de milho e populações de plantas, em relação a esta variável.

Os preparos de solo não exerceram influências significativas sobre a altura de inserção da primeira espiga, coincidentemente ao verificado por Silva (2000). No entanto, Carvalho et al. (2004) e Furlani et al. (1999) obtiveram resultados diferentes, sendo que o preparo convencional proporcionou maiores alturas de inserção da primeira espiga do que o plantio direto, contrariamente aos resultados obtidos por Possamai et al. (2001) e Leite

(2002), onde as maiores alturas de inserção da espiga foram verificadas no sistema de semeadura direta.

Tabela 16. Análise de variância e teste de Tukey, referente à altura de inserção da primeira espiga (m). Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	1.491 ^{ns}	10.15
Cultivar (C)	1	438.237**	10.83
População (Po)	2	19.610**	5.66
Preparo X Cultivar	7	0.242 ^{ns}	
Preparo X População	14	1.014 ^{ns}	
População X Cultivar	2	1.792 ^{ns}	
P X C X Po	14	0.715 ^{ns}	

Médias comparadas pelo teste de Tukey	
Cultivares	Altura de inserção da 1ª espiga (m)
AG9010	0.87 b
AL34	1.22 a

Populações (mil plantas ha⁻¹)	
50	1.01 b
75	1.05 a
100	1.07 a

ns = não significativo pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando-se os diferentes cultivares de milho, notou-se maior sensibilidade do híbrido em relação à variedade, apresentando menores alturas de inserção das espigas, concordando com Barbosa (1995), em que o cultivar de arquitetura normal se apresentou com maior altura de espiga, superando os cultivares de arquitetura ereta, como esperado.

Em relação às populações de plantas, observou-se que as maiores populações apresentaram maiores alturas de inserção das espigas, sendo os mesmos resultados encontrados por Amaral Filho (2002) e Merotto Júnior et al. (1996).

6.2.6 Número de plantas quebradas e acamadas

Os resultados da análise de variância para número de plantas quebradas e acamadas estão apresentados na Tabela 17.

Em relação ao número de plantas quebradas, notou-se ausência de diferenças significativas para todos os tratamentos avaliados, indicando que tanto o preparo de solo, como os cultivares e as populações de plantas não exerceram influência sobre a variável em questão.

No entanto, Silva (2000) observou diferenças significativas entre os preparos de solo sobre o número de plantas quebradas, sendo maior no sistema de plantio direto e menor no preparo convencional.

Quanto aos cultivares, Barbosa (1995) e Sangoi et al. (2002 a) encontraram resultados diferentes, nos quais verificaram menores porcentagens de plantas quebradas na colheita para cultivares de porte baixo e eretas do que para cultivares de porte e arquitetura normais. Já Silva (2000) não observou diferenças significativas entre variedades e híbridos.

Para as populações de plantas, Verneti Júnior (1994) e Pereira Filho et al. (2002) verificaram que o aumento da densidade populacional propiciou maior número médio de plantas quebradas.

Tabela 17. Análise de variância e teste de Tukey, referente ao número de plantas quebradas e acamadas, por hectare. Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	Nº de plantas quebradas			Nº de plantas acamadas		
	GL	F	CV(%)	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	1.304 ^{ns}	70.71	7	1.158 ^{ns}	33.35
Cultivar (C)	1	1.103 ^{ns}	70.12	1	0.285 ^{ns}	42.17
População (Po)	2	1.143 ^{ns}	51.42	2	6.502*	25.51
Preparo X Cultivar	7	1.250 ^{ns}		7	0.465 ^{ns}	
Preparo X População	14	0.521 ^{ns}		14	1.089 ^{ns}	
População X Cultivar	2	0.157 ^{ns}		2	0.577 ^{ns}	
P X C X Po	14	0.349 ^{ns}		14	1.513 ^{ns}	

Médias comparadas pelo teste de Tukey		
Cultivares	Nº de plantas quebradas.ha ⁻¹	Nº de plantas acamadas.ha ⁻¹
AG9010	11039.7 a	8794.3 a
AL34	9925.5 a	9084.9 a

Populações (mil plantas ha ⁻¹)		
50	9675.5 a	8353.6 b
75	10712.5 a	8712.4 b
100	11059.8 a	9752.8 a

ns = não significativo pelo teste de F, * = Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao número de plantas acamadas, constatou-se que não houve influência significativa nem dos preparos de solo, nem dos cultivares de milho (Tabela 17).

Silva (2000) também não identificou diferenças significativas entre os sistemas de preparo do solo. No entanto, entre os cultivares de milho, notou-se diferenças, sendo que as variedades apresentaram maiores números de plantas acamadas em relação aos híbridos. Resultados semelhantes foram encontrados por Barbosa (1995), que indicaram maior ocorrência de plantas acamadas no cultivar de porte alto e arquitetura normal (31,34%) do que no de porte baixo e folhas eretas (1,54%).

Em relação à população de plantas, verificou-se maior número de plantas acamadas na de 100 mil plantas.ha⁻¹, o que já era esperado. Entretanto, não houve diferenças significativas entre as demais populações.

Alguns autores evidenciaram resultados semelhantes aos obtidos, em que o número de plantas acamadas aumentou linearmente com a elevação da densidade populacional de plantas (PEREIRA FILHO et al., 2002; PINOTTI, 2003), discordando de Amaral Filho (2002) que não observou influência das populações de plantas sobre esta variável.

6.2.7 Comprimento de espiga

Os resultados da análise de variância para o comprimento de espiga se encontram no Tabela 18 e o desdobramento da interação entre preparo e população, e entre população e cultivar, nas Tabelas 19 e 20, respectivamente.

Tabela 18. Análise de variância referente ao comprimento de espiga (cm). Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	0.681 ^{ns}	9.73
Cultivar (C)	1	14.353 ^{**}	8.38
População (Po)	2	46.081 ^{**}	6.60
Preparo X Cultivar	7	0.665 ^{ns}	
Preparo X População	14	2.575 [*]	
População X Cultivar	2	9.013 ^{**}	
P X C X Po	14	0.726 ^{ns}	

ns = não significativo pelo teste de F, * = Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

Com relação à interação obtida entre preparo de solo e população de plantas (Tabela 19), observou-se que a população de 100 mil plantas.ha⁻¹ obteve menor comprimento de espiga quando submetidas aos tratamentos com preparo de solo P1 (plântio

direto) e P5 (arado de disco), sendo que nos preparos de solo P3, P6 e P8 (grade pesada), a população de 100 mil plantas.ha⁻¹ não diferiu estatisticamente da de 75 mil plantas.ha⁻¹.

Verificou-se também que os preparos de solo apresentaram diferenças significativas apenas na população de 100 mil plantas.ha⁻¹, sendo o P2 (arado de disco), o tratamento que obteve espigas de maior tamanho, não diferindo, entretanto, dos demais preparos, exceto do P1.

Tabela 19. Interação entre preparo de solo e população de plantas, para o comprimento de espiga (cm). Botucatu (SP), 2003/2004.

Preparo de solo	Comprimento de espiga (cm)			Teste F
	População (mil plantas.ha ⁻¹)			
	50	75	100	
P1	17.31 aA	16.43 aA	13.55 bB	27.64**
P2	16.59 aA	15.81 aA	16.17 aA	1.075 ^{ns}
P3	16.71 aA	16.14 aAB	15.41 abB	3.018*
P4	16.86 aA	16.11 aA	15.78 abA	2.196 ^{ns}
P5	17.66 aA	16.66 aA	15.01 abB	12.816**
P6	16.80 aA	15.74 aAB	14.65 abB	8.29**
P7	16.52 aA	15.43 aA	15.35 abA	3.005 ^{ns}
P8	16.94 aA	16.00 aAB	15.10 abB	6.067**
Teste F	0.592 ^{ns}	0.597 ^{ns}	2.494*	

ns = não significativo pelo teste de F, * = Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A comparação de médias obtidas na interação entre população de plantas e cultivares de milho (Tabela 20), revelou na população de 50 mil plantas. ha⁻¹ ausência de influência significativa dos cultivares no comprimento de espiga, havendo, portanto, diferenças significativas apenas nas maiores populações de plantas. Entretanto, quando se analisa o híbrido AG9010, verifica-se que as maiores populações de plantas resultaram em espigas menores, concordando com os resultados obtidos por Pereira Filho e Cruz (1993), Palhares (2003), Paulo e Andrade (2003) e Reddy et al. (1987), que observaram

redução no comprimento de espiga pelo aumento na população de plantas, favorecendo a formação de espigas pequenas (OLIVEIRA, 1993), devido, provavelmente, ao aumento da competição intra-específica por água, nutrientes e luminosidade. Em relação à variedade, foi verificada diferença significativa apenas na população de 100 mil plantas.ha⁻¹.

Tabela 20. Interação entre população de plantas e cultivares de milho, para o comprimento de espiga (cm). Botucatu (SP), 2003/2004.

Populações (mil pl.ha ⁻¹)	Comprimento de espiga (cm)		Teste F
	AG9010	AL34	
50	16.99 aA	16.86 aA	0.143 ^{ns}
75	15.58 bB	16.50 aA	6.684**
100	14.42 cB	15.84 bA	16.053**
Teste F	47.478**	7.616**	

ns = não significativo pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.8 Diâmetro de espiga

Conforme a Tabela 21, notou-se que houve diferenças estatísticas somente para os cultivares de milho e populações de plantas, para o diâmetro de espiga. O desdobramento da interação entre populações de plantas e cultivares de milho se encontra na Tabela 22.

Tabela 21. Análise de variância referente ao diâmetro de espiga (cm). Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	1.044 ^{ns}	3.84
Cultivar (C)	1	5.093*	3.79
População (Po)	2	22.906**	4.08
Preparo X Cultivar	7	1.11 ^{ns}	
Preparo X População	14	1.471 ^{ns}	
População X Cultivar	2	4.574*	
P X C X Po	14	0.997 ^{ns}	

ns = não significativo pelo teste de F, * = Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

Em relação à interação entre população de plantas e cultivares (Tabela 22), notou-se que a população de 100 mil plantas ha⁻¹ se mostrou mais sensível em relação às demais, em ambos os cultivares, sendo, no entanto, semelhante à população de 75 mil plantas.ha⁻¹, apenas para a variedade AL34, obtendo-se espigas com menores diâmetros. Comparando os cultivares dentro de cada população, observou-se diferença estatística entre o híbrido e a variedade somente na população de 100 mil plantas.ha⁻¹, sendo os mesmos resultados verificados por Paiva Júnior et al. (2001).

Tabela 22. Interação entre população de plantas e cultivares de milho, para o diâmetro de espiga. Botucatu (SP), 2003/2004.

Populações (mil pl.ha ⁻¹)	Diâmetro de espiga (cm)		Teste F
	AG9010	AL34	
50	4.94 aA	4.89 aA	1.053 ^{ns}
75	4.78 bA	4.85 abA	1.853 ^{ns}
100	4.60 cB	4.76 bA	12.651**
Teste F	23.911**	3.568*	

ns = não significativo pelo teste de F, * = Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.9 Número de fileiras por espiga

Observando-se a Tabela 23, notou-se que o número de fileiras por espigas de milho não sofreu influência dos preparos de solo. Contudo, houve diferenças significativas entre os cultivares e as populações de plantas para este parâmetro.

Em relação aos cultivares de milho, verificou-se que a variedade AL34 se mostrou mais sensível aos tratamentos, apresentando menor número de fileiras por espiga, concordando com Pinotti (2003), que verificou menor número de fileiras por espigas para a variedade Cati Al 30.

Para a população de plantas, verificou-se que a população de 100 mil plantas. ha⁻¹ apresentou menor número de fileiras por espiga, não diferindo, entretanto, da população de 75 mil plantas.ha⁻¹, sendo estes resultados, semelhantes aos encontrados por Pinotti (2003). Entretanto, Marchão et al. (2004) obtiveram resultados contrários aos obtidos neste experimento, em que o número de fileiras de grãos não foi influenciado pelo aumento na densidade de semeadura.

Tabela 23. Análise de variância e teste de Tukey, referente ao número de fileiras por espiga. Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	1.45 ^{ns}	4.50
Cultivar (C)	1	62.646**	7.13
População (Po)	2	5.513*	4.41
Preparo X Cultivar	7	0.767 ^{ns}	
Preparo X População	14	0.513 ^{ns}	
População X Cultivar	2	1.813 ^{ns}	
P X C X Po	14	0.698 ^{ns}	

Médias comparadas pelo teste de Tukey	
Cultivares	Número de fileiras por espiga
AG9010	14.74 a
AL34	13.59 b

Populações (mil plantas ha⁻¹)	
50	14.33 a
75	14.20 ab
100	13.96 b

ns = não significativo pelo teste de F, * = Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.10 Número de grãos por fileiras da espiga

De acordo com a Tabela 24, verificou-se que os preparos de solo não exerceram influência sobre o número de grãos por fileira da espiga, não sendo o mesmo observado entre os cultivares e as populações de plantas, que obtiveram diferenças significativas. Houve interação entre população de plantas e cultivares de milho, para a variável analisada (Tabela 25).

Tabela 24. Análise de variância, referente ao número de grãos por fileiras. Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	1.932 ^{ns}	8.29
Cultivar (C)	1	65.593**	7.79
População (Po)	2	27.992**	6.70
Preparo X Cultivar	7	0.621 ^{ns}	
Preparo X População	14	1.261 ^{ns}	
População X Cultivar	2	6.034*	
P X C X Po	14	0.874 ^{ns}	

ns = não significativo pelo teste de F, * = Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

De acordo com a interação entre população de plantas e cultivares de milho (Tabela 25), notou-se que a população de 50 mil plantas ha⁻¹ apresentou melhores resultados em relação às demais, para ambos os cultivares, não diferindo, entretanto, da de 75 mil plantas.ha⁻¹, apenas para a variedade AL34. Resultados semelhantes foram obtidos por Palhares (2003), Reddy et al. (1987), Amaral Filho (2002) e Pinotti (2003), em que as menores populações proporcionaram maiores números de grãos por espigas.

Analisando-se os cultivares de milho dentro de cada população de plantas, verificou-se que o híbrido AG9010 obteve menor número de grãos por fileira em relação à variedade AL34, podendo relacionar este resultado com o maior comprimento de espiga obtido na variedade.

Tabela 25. Interação entre população de plantas e cultivares de milho, para o número de grãos por fileira de espiga. Botucatu (SP), 2003/2004.

Populações (mil pl.ha ⁻¹)	Nº de grãos. fileira ⁻¹		Teste F
	AG9010	AL34	
50	34.49 aB	36.16 aA	6.159**
75	32.14 bB	35.26 abA	21.47**
100	30.10 cB	34.55 bA	43.736**
Teste F	30.006**	4.02*	

* = Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.11 Massa de 100 grãos

Conforme os dados apresentados na Tabela 26, observou-se que os diferentes preparos de solo e os cultivares de milho não diferiram estatisticamente entre si, em relação à massa de 100 grãos de milho.

Em relação aos tipos de preparo de solo, Carvalho et al. (2004) e Silva et al. (2002 b) evidenciaram resultados diferentes, em que o sistema convencional obteve maiores valores de massa de 100 grãos em comparação ao plantio direto.

Tabela 26. Análise de variância referente à massa de 100 grãos. Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	0.896 ^{ns}	7.01
Cultivar (C)	1	3.146 ^{ns}	7.61
População (Po)	2	70.482**	4.87
Preparo X Cultivar	7	0.637 ^{ns}	
Preparo X População	14	1.265 ^{ns}	
População X Cultivar	2	7.552**	
P X C X Po	14	1.239 ^{ns}	

ns = não significativo pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

De acordo com a interação entre população de plantas e cultivares de milho (Tabela 27), verificou-se a formação de grãos mais densos com a diminuição da densidade populacional de plantas, para ambos os cultivares de milho, concordando com Reddy et al. (1987), Merotto Júnior et al. (1996) e Flesch e Vieira (2004), que verificaram a redução da massa de 100 grãos com o aumento da população de plantas. Entretanto, Amaral Filho (2002) não observou influência das populações de plantas na massa de 100 grãos. Comparando-se os cultivares dentro de cada população de plantas, constataram-se diferenças estatísticas entre os cultivares somente na população de 100 mil plantas.ha⁻¹, sendo a variedade a que obteve grãos mais pesados.

Tabela 27. Interação entre população de plantas e cultivares de milho, para a massa de 100 grãos. Botucatu (SP), 2003/2004.

Populações (mil pl.ha ⁻¹)	Massa de 100 grãos		Teste F
	AG9010	AL34	
50	40.75 aA	40.25 aA	0.508 ^{ns}
75	38.33 bA	39.03 bA	0.939 ^{ns}
100	35.52 cB	37.59 cA	8.392 ^{**}
Teste F	62.089 ^{**}	15.946 ^{**}	

ns = não significativo pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.12 Produtividade de grãos

De acordo com a análise de variância, constatou-se que o tratamento com preparo de solo não influenciou a produtividade de grãos. No entanto, houve diferenças significativas tanto para os cultivares quanto para as populações de plantas (Tabela 28), além da ocorrência de interação entre os preparos de solo e os cultivares de milho (Tabelas 28 e 29).

Tabela 28. Análise de variância e teste de Tukey referente à produtividade de grãos ($t\cdot ha^{-1}$). Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	0.987 ^{ns}	12.81
Cultivar (C)	1	35.356**	16.56
População (Po)	2	25.623**	12.58
Preparo X Cultivar	7	2.923*	
Preparo X População	14	0.707 ^{ns}	
População X Cultivar	2	1.446 ^{ns}	
P X C X Po	14	1.460 ^{ns}	

Médias comparadas pelo teste de Tukey	
Cultivares	Produtividade de grãos ($t\cdot ha^{-1}$)
AG9010	9.81 a
AL34	8.51 b

Populações (mil plantas ha^{-1})	
50	8.36 c
75	9.80 a
100	9.31 b

ns = não significativo pelo teste de F, * = Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação às populações de plantas (Tabela 28), notou-se que o maior rendimento dos grãos foi alcançado com a população de 75 mil plantas. ha^{-1} , concordando com Pinotti (2003), que observou maiores produtividades nesta população. Aumentos na produtividade em função do aumento na população de plantas foram evidenciados também por Amaral Filho (2002), Cruz et al. (1994), Merotto Júnior et al. (1996), Palhares (2003), Pereira Filho et al. (1991) e Sérgio et al. (2002). Entretanto, Vernetti Júnior (1994) verificou diminuição no rendimento de grãos de milho em populações acima de 70 mil plantas. ha^{-1} .

Ao se analisar a interação entre os preparos de solo e os cultivares de milho (Tabela 29), verificou-se que os cultivares não apresentaram diferenças estatísticas entre si somente quando submetidos aos preparos de solo P2, P4 e P8. Barbosa (1995) e Penariol et al. (2002) também obtiveram diferenças entre os cultivares, apresentando maiores valores em relação ao híbrido, evidenciando a superioridade desse cultivar sobre a variedade, em função do seu elevado potencial genético.

No entanto, analisando a influência dos preparos de solo sobre cada cultivar de forma isolada, notou-se ausência de diferença significativa entre os preparos em relação ao híbrido AG9010. Já em relação à variedade, houve diferenças estatísticas, sendo o tratamento P4 o que proporcionou maior produtividade, não diferindo, entretanto, dos demais, exceto do P1, o qual obteve menor produtividade de grãos.

Silva (2000), entretanto, utilizando três sistemas de manejo de solo e sete cultivares de milho, verificou diferenças significativas de produtividade apenas entre os cultivares, concluindo que o tipo de manejo do solo não influenciou na produtividade do milho. Benatti Júnior et al. (1984), Bayer et al. (1998), Marques (1999), Kluthcouski et al. (2000) e Leite (2002) também não observaram influência dos preparos de solo sobre a produtividade de grãos.

Gamero (1985), no entanto, verificou maiores valores de produtividade nos preparos convencionais, em relação ao preparo reduzido, sendo os mesmos obtidos por Furlani et al. (1999) e Centurion e Demattê (1992). Possamai et al. (2001) e Silva e Alves (2002 a) também evidenciaram diferenças nos sistemas de preparo do solo, mas as maiores produtividades foram obtidas no sistema de plantio direto, discordando dos resultados obtidos neste experimento.

Tabela 29. Interação entre os diferentes preparos de solo e os cultivares de milho para a produtividade de grãos ($t\cdot ha^{-1}$). Botucatu (SP), 2003/2004.

Populações (mil pl.ha ⁻¹)	Produtividade de grãos ($t\cdot ha^{-1}$)		Teste F
	AG9010	AL34	
P1	9.98 aA	7.38 bB	17.603**
P2	9.23 aA	8.70 abA	0.711 ^{ns}
P3	10.27 aA	8.44 abB	8.734**
P4	9.14 aA	9.55 aA	0.16 ^{ns}
P5	10.63 aA	7.95 abB	18.834**
P6	10.11 aA	8.69 abB	5.225*
P7	9.75 aA	8.47 abB	4.262*
P8	9.36 aA	9.03 abA	0.286 ^{ns}
Teste F	1.861 ^{ns}	2.535*	

ns = não significativo pelo teste de F, * = Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

6.2.13 Índice de espigas

Os valores médios do índice de espigas estão contidos na Tabela 30. Verificou-se ausência de diferença significativa para os tratamentos avaliados, indicando que tanto o preparo de solo, como os cultivares e as populações de plantas não exerceram influência sobre a variável em questão.

Com relação aos preparos de solo, Silva (2000) obteve resultados semelhantes, em que o sistema de preparo do solo não influenciou o índice de espiga. No entanto, vários autores obtiveram resultados contrários. Para Possamai et al. (2001), houve diferenças significativas entre os preparos de solo, sendo que o sistema de semeadura direta apresentou maior índice de espigas que o preparo convencional.

Quanto aos cultivares, Pinotti (2003) verificou resultados diferentes, em que a variedade obteve maior número de espigas por planta em relação ao híbrido, na

menor população; na maior população, não foram encontrados diferenças estatísticas entre os cultivares.

Resultados em que o aumento na densidade populacional de plantas promoveu redução do índice de espiga foram evidenciados por Pereira Filho et al. (1991 e 1993), Fornasieri Filho (1992), Cruz et al. (1994), Barbosa (1995) e Merotto Júnior et al. (1996).

Tabela 30. Análise de variância e teste de Tukey referente ao índice de espiga. Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	1.092 ^{ns}	20.19
Cultivar (C)	1	0.141 ^{ns}	18.74
População (Po)	2	3.278 ^{ns}	19.42
Preparo X Cultivar	7	2.396 ^{ns}	
Preparo X População	14	1.630 ^{ns}	
População X Cultivar	2	0.131 ^{ns}	
P X C X Po	14	1.780 ^{ns}	
Médias comparadas pelo teste de Tukey			
Cultivares		Índice de espigas	
AG9010		1.02 a	
AL34		1.03 a	
Populações (mil plantas ha⁻¹)			
50		1.07 a	
75		1.00 a	
100		1.00 a	

ns = não significativo pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.2.14 Índices de sobrevivência e de colheita

Os resultados da análise de variância para os índices de sobrevivência e de colheita se encontram na Tabela 31.

Observou-se, conforme os dados na Tabela 31, que tanto o preparo de solo, como os cultivares e as populações de plantas não exerceram influências significativas sobre o índice de sobrevivência. Silva (2000) também não observou influência dos sistemas de manejo do solo sobre este parâmetro.

Em relação à população de plantas alguns autores evidenciaram diferenças entre os tratamentos. Cruz et al. (1994) e Pereira Filho et al. (2002) verificaram que a percentagem de plantas sobreviventes foi influenciada pelo aumento na densidade de semeadura, que proporcionou menor índice de sobrevivência de plantas por área.

Quanto ao índice de colheita, observa-se na Tabela 31 que tanto os preparos de solo como as populações de plantas não se constituíram em fator determinante para o índice de colheita. No entanto, os cultivares de milho apresentaram comportamentos estatisticamente diferentes, sendo as maiores médias verificadas para o híbrido AG9010, provavelmente, por ser um material genético de alta produtividade de grãos.

Segundo Paulo e Andrade (2003), a produtividade econômica é uma fração variável da produtividade biológica a qual representa o índice de colheita, que representa a proporção de grãos produzidos em relação à massa seca total da planta, e tende a decrescer com o aumento da população, em virtude de adaptações morfológicas que ocorrem com as plantas. Entretanto, Amaral Filho (2002) não encontrou diferenças significativas entre as populações de plantas, para a variável estudada.

Tabela 31. Análise de variância e teste de Tukey referente aos índices de sobrevivência e de colheita. Botucatu (SP), 2003/2004.

Fonte de variação	Índice de sobrevivência (%)			Índice de colheita (%)		
	GL	F	CV(%)	GL	F	CV(%)
Preparo (P)	7	0.725 ^{ns}	5.33	7	1.054 ^{ns}	13.03
Cultivar (C)	1	0.313 ^{ns}	3.81	1	63.208 ^{**}	13.43
População (Po)	2	0.860 ^{ns}	4.02	2	0.458 ^{ns}	14.73
Preparo X Cultivar	7	0.856 ^{ns}		7	0.383 ^{ns}	
Preparo X População	14	1.398 ^{ns}		14	0.781 ^{ns}	
População X Cultivar	2	0.746 ^{ns}		2	0.494 ^{ns}	
P X C X Po	14	1.249 ^{ns}		14	0.685 ^{ns}	

Médias comparadas pelo teste de Tukey		
Cultivares	Índice de sobrevivência (%)	Índice de colheita (%)
AG9010	98.30 a	55.92 a
AL34	97.99 a	47.97 b

Populações (mil plantas ha ⁻¹)		
50	98.67 a	51.18 a
75	97.85 a	51.18 a
100	97.92 a	52.20 a

ns = não significativo pelo teste de F, ** = Significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.3 Considerações finais

Conforme os resultados obtidos, constatou-se que o sistema de preparo do solo com escarificador manteve maior porcentagem de cobertura vegetal em relação ao preparo convencional, após o manejo do solo.

Em relação aos cultivares de milho, constatou-se comportamento diferenciado entre o híbrido e a variedade quanto aos estandes inicial e final, diâmetro do colmo, altura de plantas e de inserção da primeira espiga, comprimento e diâmetro da espiga, número de fileiras e número de grãos por fileira.

Quanto às populações de plantas, notou-se que as mesmas exerceram influência em quase todos os parâmetros relacionados à cultura do milho, exceto na altura de plantas e no número de plantas quebradas e acamadas.

Independente do sistema de preparo de solo utilizado, o híbrido AG9010 apresentou maiores produtividades em relação a variedade AL34, na população de 75 mil plantas.ha⁻¹, evidenciando dessa forma, as diferenças existentes entre os materiais genéticos quanto ao potencial produtivo, dentre outras.

7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, nas condições em que o trabalho foi conduzido, conclui-se que o desempenho dos cultivares de milho semeados no espaçamento de 0,45 m é determinado primordialmente pela sua composição genética e pelo número de plantas por área, independente do preparo de solo sobre a qual a cultura é instalada.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. L.; SANGOI, L.; ENDER, M. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.

ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; PACHECO, E. B. Preparo do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.147, p. 40-43, 1987.

AMARAL FILHO, J. P. R. do. **Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho**. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2002.

ANDRADE, F. H. et al. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 4, p. 1173-1179, 2002.

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, 2001.

BALBINOT JÚNIOR., A. A.; BACKES, R. L.; SOUZA, A. M. de. Produtividade de dois genótipos de milho em diferentes espaçamentos entre fileiras. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004 a. 1 CD-ROM.

BALBINOT JÚNIOR., A. A.; FLECK, N. G.; BACKES, R. L. Competitividade de dois genótipos de milho com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004 b. 1 CD-ROM.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247 p.

BARBOSA, J. A. **Influência de espaçamento e arquitetura foliar no rendimento de grãos e outras características agrônômicas do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1995.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J.; PAVINATO, A. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento de milho. **Ciência Rural**, v. 28, n. 1, p. 23-28, 1998.

BECKER, M.G. Mechanical properties of soil and problems of compaction. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 4, n. 2, p. 231-238, 1961.

BENATTI JÚNIOR, R.; FRANÇA, G. V. de; MOREIRA, C. A. **Manejo convencional e reduzido em quatro tipos de solos na cultura do milho em São Paulo**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 68 p.

BENATTI JÚNIOR, R.; MOREIRA, C. A.; FRANÇA, G. V. de. Avaliação dos efeitos de sistemas de cultivo na produção de milho e nas propriedades edáficas em Latossolo Roxo no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 139-144, 1984.

BEUTLER, A. N. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 167-177, 2001.

BORGES, I. D. et al. Avaliação de épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, fontes de N e espaçamentos entre fileiras de milho no sistema plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. 1 CD-ROM.

BORTOLINI, C.G. Influência do espaçamento entre linhas e do estande de planta de milho sobre o rendimento de grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002. 1 CD-ROM.

BORTOLINI, C.G.; PASQUALLI, R.M. Distribuição de plantas de milho safra no Norte de Mato Grosso visando aumento da produtividade. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. 1 CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 63-145.

CARVALHO, M. A. C. 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.

CASTRO, O. M. **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41 p. (Série Técnica, 3).

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 263-266, 1985.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Sistemas de preparo de solo de cerrado: efeitos nas propriedades físicas e na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 315-324, 1992.

CINTRA, F. L. D; MIELNICZUK, J.; SCOPEL, I. Caracterização do impedimento mecânico em Latossolo Roxo do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, n. 3, p. 323-327, 1983.

CORSINI, P. C.; MALHEIROS, E. B.; SACCHI, E. Sistemas de cultivo da cultura de cana-de-açúcar: Efeitos na retenção de água e na porosidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 71-74, 1986

CRUZ, J. C. et al. Efeito de cultivar, espaçamento e densidade de plantio sobre a produção e a qualidade de milho pipoca. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1994, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1994. 1 CD-ROM.

CRUZ, J. C. et al. Resposta de cultivares de milho a variação em espaçamento e densidade. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. 1 CD-ROM.

DALLMEYER, A. U. **Eficiência energética e operacional de equipamentos conjugados de preparo de solo.** 1994, 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão na Paraná, Brasil:** sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ, 1991. 272 p.

DONA HUE, R.L.; MILLER, R.W.; SHICKLUNA, J.C. **Soil:** an introduction to soils and plant growth. 4. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1977. 626 p.

ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, 1999. 412 p.

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

FERNANDES, B. et al. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, n. 3, p. 329-333, 1983.

FERNANDES, R. N. et al. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho (*Zea mays* L.) In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002. 1 CD-ROM.

FLESCH, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaçamentos e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p.25-31, 2004.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273 p.

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.

FURLANI, C. E. A. **Efeito do preparo de 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 Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

FURLANI, C. E. A. et al. Resistência do solo à penetração em preparo convencional, escarificação e semeadura direta em diferentes manejos da cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 579-587, 2003.

GAMERO, C. A. **Efeitos dos tipos de preparo sobre características do solo e da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1985. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Solos e nutrição de plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

GAMERO, C. A. et al. Prepare os implementos que está chegando a hora. **A Granja**, Porto Alegre, n. 585, p. 14-21, 1997.

GAMERO, C. A.; LANÇAS, K. P. Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. In: MIALHE, L. G. (ed.). **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. cap. 9, p. 463-514.

GOMES, A. S.; PEÑA, Y. A.; GOMES, D. N. Influência de diferentes sistemas de cultivo sobre alguns atributos físicos de um solo de várzea. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1997. p. 137-141.

GROHMANN, F.; ARRUDA, H.V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da Terra Roxa Legítima. **Bragantia**, Campinas, v. 20, p. 1203-1209, 1961.

JOHNSON, W. H.; TAYLOR, G. S. Tillage treatment for corn on clay soils. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 3, n. 1, p. 5-8, 1960.

KLUTHCOUSKI, J.; BOUZINAC, S.; SEGUY, L. Preparo do solo. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba; Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 250-259.

KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, p. 97-104, 2000.

LEITE, M. A. da S. **Efeito de três sistemas de preparo do solo e dois espaçamentos entre fileiras sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

LOPES, A. et al. Efeito do preparo do solo e da velocidade de semeadura na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 1, p. 68-73, 2001.

MACHADO, J. A.; BRUM, A. C. R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 2, n. 2, p.81-84, 1978.

MARCHÃO, R. L. et al. Efeito da densidade de plantas sobre caracteres agrônômicos de híbridos de milho, cultivados em espaçamento reduzido. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. 1 CD-ROM.

MARQUES, J. P. **Manejo da vegetação espontânea para implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto e convencional do solo.** Botucatu, 1999. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

MATEUS, G. P. et al. Produção de forragem de milho consorciado com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. 1 CD-ROM.

MAZUCHOWSKI, J. Z.; DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas.** Curitiba: ACARPA, 1984. 68 p.

MERNES, F. J. V. et al. Influência de diferentes métodos de preparo do solo na sua resistência à penetração. **Revista Ceres**, Piracicaba, v. 50, n. 288, p. 143-153, 2003.

MEROTTO JUNIOR et al. Aumento do rendimento de grãos de milho proporcionado pelo aumento da população de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1996, p. 193.

MEROTTO JUNIOR, A.; ALMEIDA, M. L. de; FUCHS, O. Aumento no rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 549-554, 1997.

MILHO. **AGRIANUAL 2004:** Anuário da Agricultura Brasileira, Ed. FNP – Consultoria e Comércio, São Paulo, p. 373-395, 2004.

MOLIN, R. Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura do milho. **Revista Batavo**, São Paulo, p. 33, 2000.

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 de milho para um ano de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n. 2, p. 31-41, 1996.

MORO, J. R. et al. Introdução de novos germoplasmas de milho no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.6, p.867-882, 1981.

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.

NOGUEIRA, J. B. **Mecânica dos solos**: ensaio de laboratório. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, 1973.150 p.

ORTOLANI, A. F. **Efeito de diferentes tipos de preparo do solo sobre o comportamento do sistema solo-planta-cultura de milho (*Zea mays* L.)**. 1977.100 f. Tese (Livre-Docência em Mecanização Agrícola)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1977.

OLIVEIRA, F. J. Combinações de espaçamentos e populações de plantas de caupi e milho em monocultura e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 8, p. 931-945, 1993.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PALMEIRA, P. R. T. et al. Agregação de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 189-195, 1999.

PAIVA JUNIOR., M. C. de et al. Desempenho de cultivares para a produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura em Lavras-MG. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1235-1247, 2001.

PAULO, E. M.; ANDRADE, J. A. da C. Comportamento de um milho híbrido hiperprecoce em dois espaçamentos e diferentes populações de plantas. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 12, n. 1, p. 77-88, 2003.

PENARIOL, F. G. et al. Comportamento de genótipos de milho em função do espaçamento e da densidade populacional nos períodos de safrinha e safra. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002. 1 CD-ROM.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Produtividade e prolificidade de três cultivares de milho em sistemas de consórcio com feijão comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 745-751, 1991.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Práticas culturais do milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília, 1993. p. 113-127.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. Produtividade de algumas características do milho pipoca BRS Ângela, semeada em diferentes espaçamentos e densidades de semeaduras. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002. 1 CD-ROM.

PINOTTI, E. B. **Características de três cultivares de milho (*Zea mays* L.) sob quatro populações de plantas em espaçamento reduzido**. 2003. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

PONTES, J. R. V. **Manejo da vegetação espontânea, desempenho dos equipamentos e efeitos na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

PRADO, R. de M.; ROQUE, C. G; SOUZA, Z. M. de. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1795-1801, 2002.

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.

POZAR, G. **Interação da arquitetura da planta e espaçamento na produtividade do milho (*Zea mays* L.)**. 1981. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

REDDY, B. B. et al. Effect of plant population the performance of maize hybrids at different fertility levels in a semi-arid environment. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 57, n. 10, p. 705-709, 1987.

SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 39-51, 2002.

SANGOI, L. et al. Características morfo-fisiológicas ligadas a sustentabilidade de híbridos de milho em altas densidades populacionais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002 a. 1 CD-ROM.

SANGOI, L. et al. Rendimento de grãos, produção e partição de massa seca de híbridos de milho contrastantes quanto a tolerância ao aumento na densidade de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. 1 CD-ROM.

SANTOS, H. P. dos; TOMM, G. O.; LHAMBY, J. C. B. Plantio direto *versus* convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 449-454, 1995.

SCHEEREN, B.R. et al. Efeitos de Diferentes Arranjos Populacionais sobre um Híbrido Simples de Milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. 1 CD-ROM.

SÉRGIO, G. R.; RENZO, G. V. P.; ANDRÉ, H. B. Alternativas para o arranjo de plantas na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002. 1 CD-ROM.

SHIERLAN, J.; ALSTON, A.M. Effect of soil compaction on growth and uptake of phosphorus. **Plant Soil**, The Hague, v. 77, n. 1, p. 15-28, 1984.

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

SIDIRAS, N.; VIEIRA, S. R.; ROTH, C. H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, n. 3, p. 265-268, 1984.

SILVA, A. R. B. da. **Comportamento de variedades/híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes tipos de preparo de solo.** 2000. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SILVA, A. R. B. da. **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 Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SILVA, A.R.B. et al. Desempenho operacional na semeadura e produtividade de cultivares de milho semeados em diferentes sistemas de preparo do solo e espaçamentos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. 1 CD-ROM.

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...** Florianópolis: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002 a. 1 CD-ROM.

SILVA, J. C.; SILVEIRA, P. M. do; BALBINO, L. C. Preparo do solo. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafos, 1996, p.275-278.

SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Viçosa, v. 35, n. 12, p. 2485-92, 2000.

SILVA, M. M.; SILVA, F. C.; ALVES, M. C. Influência dos sistemas de preparo convencional, plantio direto e cultivo mínimo na produção de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002 b. 1 CD-ROM.

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 Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

TAVARES FILHO, J.; EIRA, G. C.; LUDWIG FARINHA, L. R. Avaliação da compactação em um solo no sistema convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 219-225, 1999.

TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A.; NISSENKA, S. P. Grain yield reduce more by need interference in an old than in a new maize hybrid. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 239-246, 1997.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 333-339, 1996.

VAZQUEZ, G. H.; SILVA, M. R. R da. Influência do espaçamento entre linhas de semeadura em híbrido simples de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2002. 1 CD-ROM.

VERNETTI JUNIOR, Efeito de população de plantas em dois híbridos de milho, na várzea arrozeira do RS. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1994, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1994, p.233.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 7, p. 873-882, 1984.

VOMOCIL, J. A.; FLOCKER, W. J. Effect of compaction on storage and movement of soil air and water. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 4, n. 2, p. 242-246, 1961.

WARKENTIN, B.P. Effect of compaction on content and transmission of water in soil. In: BARNES, K.K. (Org.). **Compaction on agricultural soils**. St. Joseph: ASAE, 1971. p. 126- 153.

ZANON, G. D. et al. Produtividade de híbridos de milho em sistema de plantio direto irrigado em diferentes espaçamentos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. 1 CD-ROM.