

## PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAS, EM DOIS NÍVEIS DE MANEJO DA ÁGUA E DA ADUBAÇÃO<sup>1</sup>

CLAUDIO DE MIRANDA PEIXOTO<sup>2</sup>, PAULO REGIS FERREIRA DA SILVA<sup>3</sup>, FABIANA REZERA<sup>4</sup>, RAFAEL DE CAMPOS CARMONA<sup>4</sup>

**RESUMO** – As modificações introduzidas nas características agrônômicas das cultivares de milho lançadas recentemente determinam a necessidade de se rever a recomendação das práticas de manejo da cultura. Com o objetivo de se avaliar a resposta de três híbridos de milho (Cargill 901, Pioneer 3063 e Pioneer 3207) a quatro densidades de plantas (30, 50, 70 e 90 000 pl/ha), em dois níveis de manejo, foram instalados dois experimentos no município de Rio Pardo-RS, no ano agrícola 1994/95. O experimento com alto nível de manejo recebeu irrigação suplementar e maior nível de adubação do que o experimento com médio nível de manejo. Em ambos experimentos, os híbridos diferenciaram-se em sua resposta à densidade de plantas. No experimento com alto nível de manejo, as densidades de plantas que propiciaram rendimentos mais elevados foram maiores que no de médio nível de manejo. Os híbridos avaliados apresentaram pequeno aumento da percentagem de plantas estéreis e baixa redução do número de espigas por planta à medida que se elevou a densidade, nos dois níveis de manejo.

*Palavras-chave:* *Zea mays* L., rendimento de grão, adubação, irrigação, densidade de plantas.

### GRAIN YIELD OF CORN HYBRIDS AS AFFECTED BY PLANT DENSITY IN TWO MANAGEMENT LEVELS OF WATER AND SOIL FERTILITY

**ABSTRACT** – The changes in plant traits observed in the most recent corn cultivars determine the need of reviewing the recommendation of management practices. With the objective to evaluate the response of three corn hybrids (Cargill 901, Pioneer 3063 e Pioneer 3207) to four plant densities (30, 50, 70 e 90 000 pl/ha), in two management levels, two experiments were conducted at Rio Pardo-RS, Brazil, in the 1994/95 growing season. The experiment with high level of management received supplementary irrigation and a higher level of fertilization than the experiment with medium level of management. In both trials, there were differences among hybrids in their response to plant population. In the trial with high management level, plant populations that gave maximum grain yields were higher than that with medium management level. The hybrids evaluated presented low increase in the percent of barren plants and low reduction in the ear number per plant as plant density was increased, in the two management levels.

*Key words:* *Zea mays* L., grain yield, fertilization, irrigation, plant density.

### INTRODUÇÃO

Os baixos rendimentos de grãos de milho obtidos no País e no estado do Rio Grande do Sul são atribuídos, dentre várias causas, ao uso inadequado de densidade de plantas para os genótipos comerciais, aos baixos níveis de fertilidade natural dos solos e de adubação aplicados pelos agricultores, bem como à insuficiência e má distribuição das precipitações pluviais.

Durante as décadas de 60, 70 e 80, um grande número de trabalhos experimentais com milho objetivaram a determinação da densidade de plantas ótima para se alcançar o máximo rendimento de grãos (RUSSEL, 1968; BUTTING, 1973; SILVA 1972; SOUZA, 1976; FLESCHE, 1978; SANTOS, 1980).

Os resultados desses trabalhos evidenciaram que à medida que se aumenta a densidade de plantas, a resposta do rendimento de grãos altera-se em função da maior competição por água, nutrientes e radiação solar. A intensidade desta resposta varia em função das características dos genótipos e das condições de manejo adotadas (PROGRAMA..., 1996). De um modo geral, os resultados mostraram resposta quadrática para os genótipos dentro dos limites de densidade que variaram de 30 a 90 000 pl/ha. Os genótipos precoces atingem o máximo rendimento de grãos com densidades de planta maiores do que os de ciclo normal. A densidade de plantas ótima situou-se entre 40 a 90 000 pl/ha para os genótipos precoces, e entre 30 a 70 000 pl/ha para os de ciclo normal, nas

1. Artigo extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor, realizada com recursos financeiros do CNPq (Processo nº 520086/94-5).

2. Eng. Agr. - Estudante do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Rua Machado de Assis 529 - Apartamento 4, 96820-160 Santa Cruz do Sul - RS/BRASIL. Bolsista da CAPES.

3. Eng. Agr., Ph.D. - Professor Adjunto, Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 91501-970 Porto Alegre - RS/BRASIL. Bolsista do CNPq.

4. Estudante do Curso de Graduação em Agronomia. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq.

Recebido para publicação em 13/12/1996.

condições de ambiente onde se desenvolveram esses trabalhos (COLVILLE e Mc GILL, 1964; RUTGER e CROWDER, 1967; SILVA, 1972).

Os dados encontrados nesses estudos indicam que as respostas diferenciais de rendimento de grãos à densidade de plantas, apresentadas pelos genótipos de ciclos distintos, estiveram associadas a algumas características agronômicas. Assim, os genótipos precoces apresentaram menor aumento de estatura de planta, de acamamento e quebraimento de colmo, do subperíodo do pendoamento ao espigamento e do percentual de plantas estéreis em relação aos de ciclo normal, quando se elevou a densidade de plantas.

cultura, sobretudo no que diz respeito à densidade de plantas.

O objetivo do presente trabalho foi determinar a resposta do rendimento de grãos e outras características agronômicas de três genótipos de milho à densidade de plantas, sob dois níveis de manejo da água e da fertilidade do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos na área experimental da Estação de Pesquisas da Pioneer

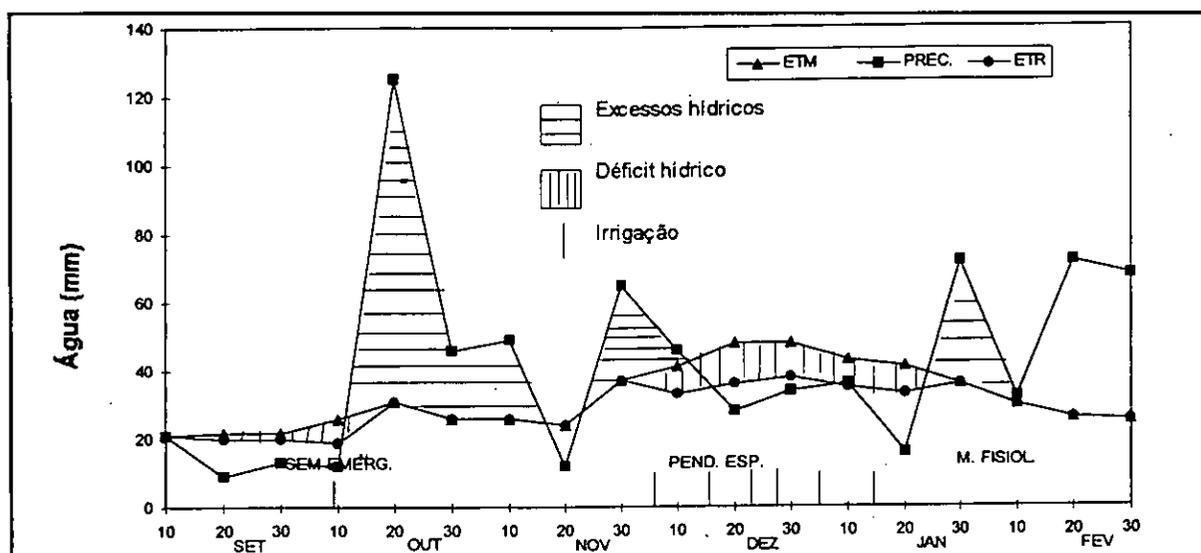
**TABELA 1 – Descrição dos genótipos de milho utilizados nos experimentos com alto e médio nível de manejo. Estação de Pesquisa da Pioneer Sementes, Rio Pardo, RS, 1994/95**

Genótipos	Tipo	Ciclo	Estatura de plantas	Altura de inserção de espigas	Angulação foliar	Potencial de produtividade
Cargill 901	HS <sup>1</sup>	SP <sup>3</sup>	Baixa	Baixa	Ereta	Alto
Pioneer 3063	HT <sup>2</sup>	P <sup>4</sup>	Baixa	Baixa	Ereta	Alto
Pioneer 3207	HT	P	Média	Média	Ereta	Alto

<sup>1</sup> HS = Híbrido simples; <sup>2</sup> HT = Híbrido triplo; <sup>3</sup> SP = Superprecoce; <sup>4</sup> P = Precoce

As modificações introduzidas nos genótipos de milho mais recentes tais como menor estatura de planta e de altura de inserção de espiga, menor esterilidade de plantas, menor duração do subperíodo do pendoamento ao espigamento, plantas com folhas de angulação ereta e elevado potencial produtivo, determinam a necessidade de se reavaliar as recomendações de práticas de manejo para esta

Sementes, em Rio Pardo - RS, durante o ano agrícola de 1994/95, em solo pertencente à unidade de mapeamento Rio Pardo. A temperatura do ar e precipitação pluviométrica média anual da região é de 19,2 °C e 1591 mm, respectivamente. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, dispostos em parcelas subdivididas com quatro repetições. As cultivares Cargill 901, Pioneer 3063 e Pioneer 3207



**FIGURA 1 – Balanço hídrico de Thorntwaite e Mather, citados por Ometo (1981) modificado para capacidade de armazenamento de água no solo de 75 mm. Estação de Pesquisa da Pioneer Sementes, Rio Pardo, RS, 1994/95**

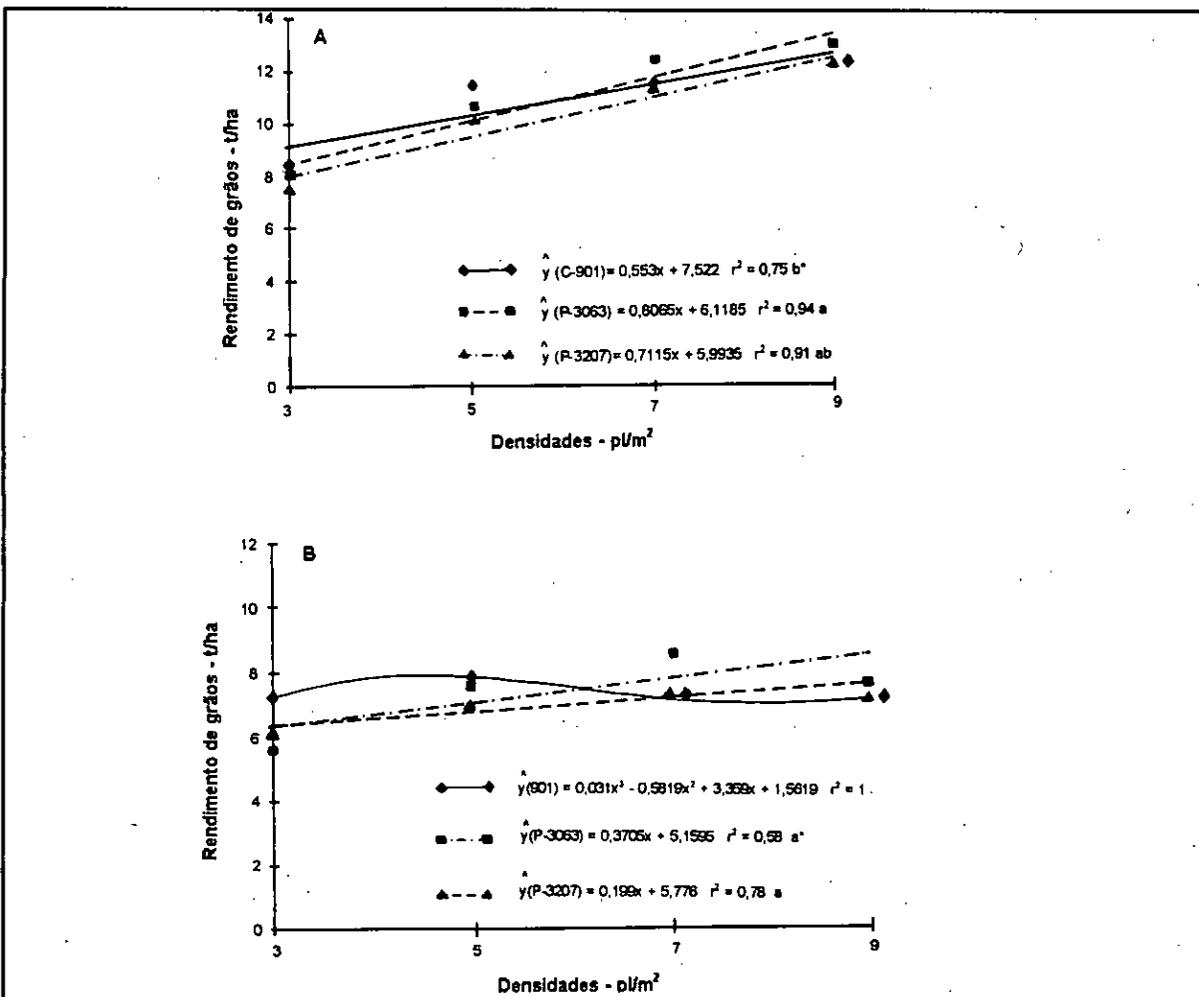
PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE PLANTAS, EM DOIS NÍVEIS DE MANEJO DA ÁGUA E DA ADUBAÇÃO

constituíram as parcelas e as densidades de 30, 50, 70 e 90.000 plantas/ha, as subparcelas. As características dos genótipos estão descritas na Tabela 1.

O experimento com alto nível de manejo caracterizou-se pelo uso das doses de 30 kg/ha de N, 150 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 150 kg/ha de K<sub>2</sub>O por ocasião da semeadura, mais irrigação suplementar. Em cobertura, foram aplicados 135 kg/ha de N, em duas parcelas, sendo a primeira de 90 kg/ha quando do aparecimento do colar da 5ª folha e a segunda, de 45 kg/ha, no aparecimento do colar da 9ª folha. A análise do solo realizada antes da adubação, revelou os seguintes valores: pH(SMP): 6,6; P: 20 ppm; K: 131 ppm; MO: 1,7%. Irrigou-se toda vez que os tensiômetros marcaram 0,04 mpa, totalizando 169 mm distribuídos em sete irrigações durante o ciclo da cultura (Figura 1).

O experimento com médio nível de manejo caracterizou-se pelo uso de uma adubação com doses menores por ocasião da semeadura, equivalente a 15 kg/ha de N, 75 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 75 kg/ha de K<sub>2</sub>O e ausência de irrigação suplementar. Em cobertura, foram aplicados 90 kg/ha de N, em duas épocas. A primeira, de 63 kg/ha, no aparecimento do colar da 5ª folha e a segunda, de 27 kg/ha, quando do aparecimento do colar da 9ª folha. A precipitação pluvial acumulada durante o ciclo de desenvolvimento da cultura foi de 723 mm, ocorrendo estresse hídrico durante o período do pendoamento à maturação fisiológica (Figura 1).

A semeadura do milho nos dois experimentos foi realizada no dia 07 de outubro de 1994, através de semeadora manual, com dispositivo marcador de distanciamento das covas. Foram distribuídas três sementes por cova. Aos 14 dias após a emergência



**FIGURA 2** – Rendimento de grãos no experimento com alto nível de manejo (A) e no de médio nível de manejo (B) de três genótipos de milho em função de densidade de plantas. Estação de Pesquisas da Pioneer Sementes, Rio Pardo, RS, 1994/95. \* Letras iguais na coluna indicam que não houve diferença significativa pelo “t”-teste, a 5% de probabilidade, entre os coeficientes “b” das equações de regressão linear.

realizou-se o primeiro desbaste, deixando-se duas plantas por cova. Sete dias após procedeu-se o segundo desbaste, deixando-se uma planta por cova. O espaçamento entre linhas foi de 80 cm. A distância entre covas na linha foi de 41, 25, 17, e 13 cm, respectivamente para as densidades de 30 000, 50 000, 70 000 e 90 000 plantas por hectare.

Realizou-se o controle de plantas daninhas e de pragas de modo a não interferirem no rendimento de grãos e outras características agrônômicas das plantas.

As características agrônômicas avaliadas foram: duração do subperíodo 50 % de pendoamento a 75 % de espigamento, número de espigas por planta, número de grãos por espiga, peso de mil grãos, percentagem de plantas estéreis e rendimento de grãos. Todas as características foram avaliadas em duas das três fileiras centrais, desprezando-se os 50 cm de ambas as extremidades, equivalendo à área útil por subparcela de 8 m<sup>2</sup>.

Aplicou-se o F-teste para testar diferenças entre médias dos tratamentos. Para as características em que os efeitos simples de densidade de plantas ou da interação genótipo e densidade foram significativos, realizou-se análise de regressão, em cujas equações foram usados os valores 3, 5, 7 e 9 correspondendo, respectivamente, às densidades de 30, 50, 70 e 90 000 pl/ha. Aplicou-se o t-teste, a 5 % de probabilidade, para comparação dos coeficientes "b" das equações de regressão linear.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Experimento com alto nível de manejo

Os três híbridos testados aumentaram linearmente o rendimento de grãos à medida que se elevou a densidade de plantas (Figura 2A). No entanto, mostraram-se diferentes quanto à intensidade de resposta. A cultivar Pioneer 3063 apresentou a maior resposta, a Pioneer 3207 ficou numa posição intermediária e a Cargill 901 foi a que menos respondeu ao aumento da densidade de plantas de 30 para 90 000 plantas/ha, incrementando o rendimento de grãos, respectivamente, em 4,8; 4,2 e 3,3 t/ha.

A resposta obtida pelos genótipos avaliados difere dos dados apresentados pelas cultivares utilizadas no período de 1960 a 1980 que aumentaram o rendimento de grãos de forma quadrática, dentro dos limites de densidade de 30 a 90 000 plantas por ha (SILVA, 1972). As diferenças observadas na resposta em relação à densidade de plantas podem estar correlacionadas com algumas características agrônômicas diferenciais entre os dois grupos de cultivares, especialmente a duração do subperíodo pendoamento-espigamento, a percentagem de plantas estéreis e o número de espigas por planta.

A duração do subperíodo pendoamento-espigamento aumentou em um dia ao se elevar a densidade de 30 para 90 000 plantas/ha, na média dos três híbridos testados (Figura 3). Esta resposta difere

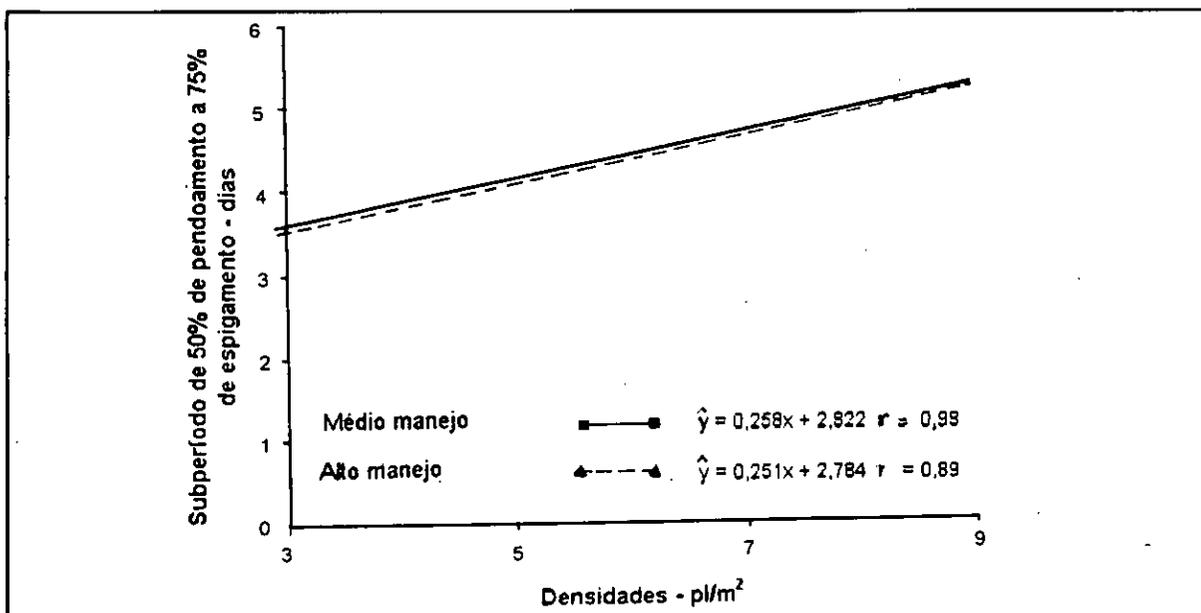


FIGURA 3 – Duração do subperíodo de 50% de pendoamento a 75% de espigamento nos experimentos com alto nível de manejo e médio nível de manejo em função de densidade de plantas, na média de três genótipos de milho. Estação de Pesquisas da Pioneer Sementes, Rio Pardo, RS. 1994/95

da observada nas cultivares avaliadas na década de 70 (SILVA, 1972). Nas de ciclo precoce, a duração do subperíodo pendoamento-espigamento aumentou de 6 para 9 dias, enquanto nas de ciclo normal o aumento foi de 9 para 15 dias quando se aumentou a densidade de 30 para 90 000 plantas por ha.

As diferenças observadas entre os genótipos testados no presente experimento e os genótipos testados em experimentos realizados na década de 70 na duração do subperíodo pendoamento-espigamento refletem-se no percentual de plantas estéreis. Foi observado um valor médio para o híbrido de 0,9% de plantas estéreis (entre os híbridos) com o aumento da densidade de plantas de 30 para 90 000 plantas por ha (Figura 4). Entretanto, trabalhos de avaliação de cultivares, na década de 70, evidenciaram aumento de plantas estéreis, nas ordens de 3% para 17% e de 13% para 32%, respectivamente, para as de ciclos precoce e normal, em função do aumento da densidade de 30 para 90 000 plantas por ha (SILVA, 1972).

O número de espigas por planta também foi outra característica que mostrou resposta diferencial entre os híbridos testados no experimento (Figura 5A). Na média, os genótipos Pioneer 3063, Pioneer 3207 e Cargill 901 apresentaram reduções no número de espigas por planta de 10,3, 3,0 e 6,7%, respectivamente, quando se elevou a densidade de 30 para 90 000 plantas por ha. Já para os genótipos testados na década de 1970, as reduções verificadas no número de espigas por planta com o aumento da

densidade de 30 para 90 000 plantas/ha foram acentuadas, de 10,2% e 35,1%, respectivamente, para os genótipos precoces e de ciclo normal (SILVA, 1972).

O pequeno incremento no percentual de plantas estéreis e a baixa redução do número de espigas por planta apresentados pelos três híbridos com a elevação da densidade podem estar associados à curta duração do subperíodo pendoamento-espigamento. Este fato determinou adequada fertilização dos óvulos, devido ao sincronismo entre a liberação do pólen e a emissão dos estigmas. Trabalhos realizados por ROSSMAN e COOK (1967), FLESCHE (1978) e SANTOS (1980) atribuíram a elevada esterilidade de plantas verificada nas densidades mais elevadas nas cultivares testadas nos anos de 1960 a 1970 à baixa quantidade de grãos de pólen existente por ocasião em que os estigmas estavam receptivos.

Os aumentos lineares do rendimento de grãos apresentados pelos três híbridos com o incremento da densidade até 90 000 plantas/ha podem ser associados ao pequeno incremento do percentual de plantas estéreis e à baixa redução do número de espigas por planta. Desta forma, a elevação do número de plantas por hectare contribuiu para aumentar o rendimento de grãos, embora tenha havido reduções nos outros dois componentes do rendimento, número de grãos por espiga e peso de mil grãos, à medida que se elevou a densidade de plantas (Figuras 6A e 7A).

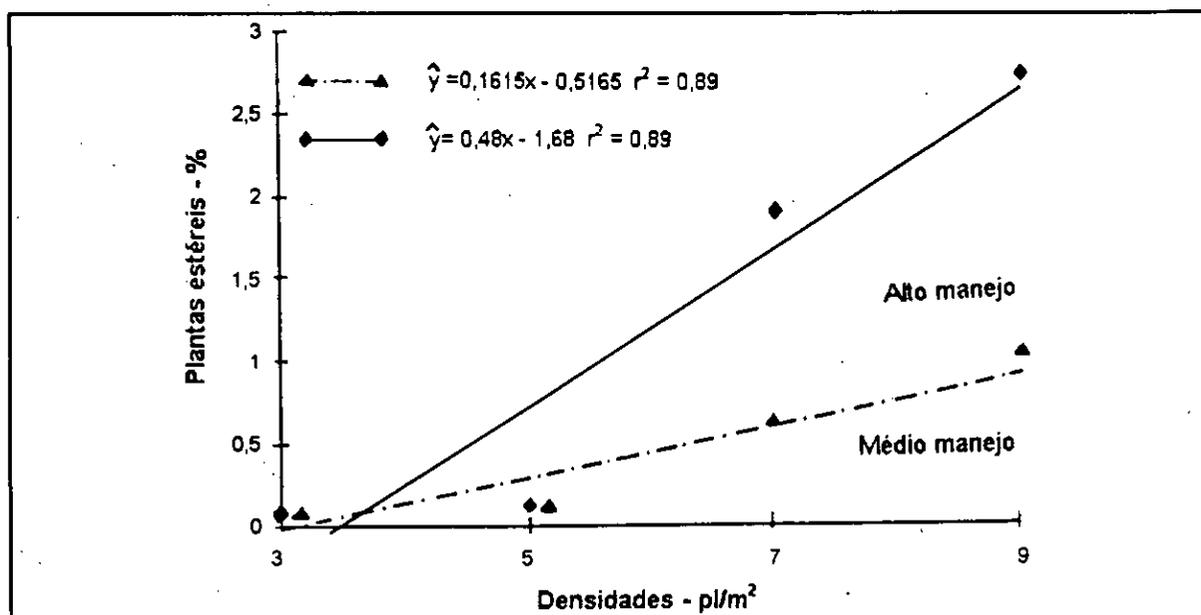
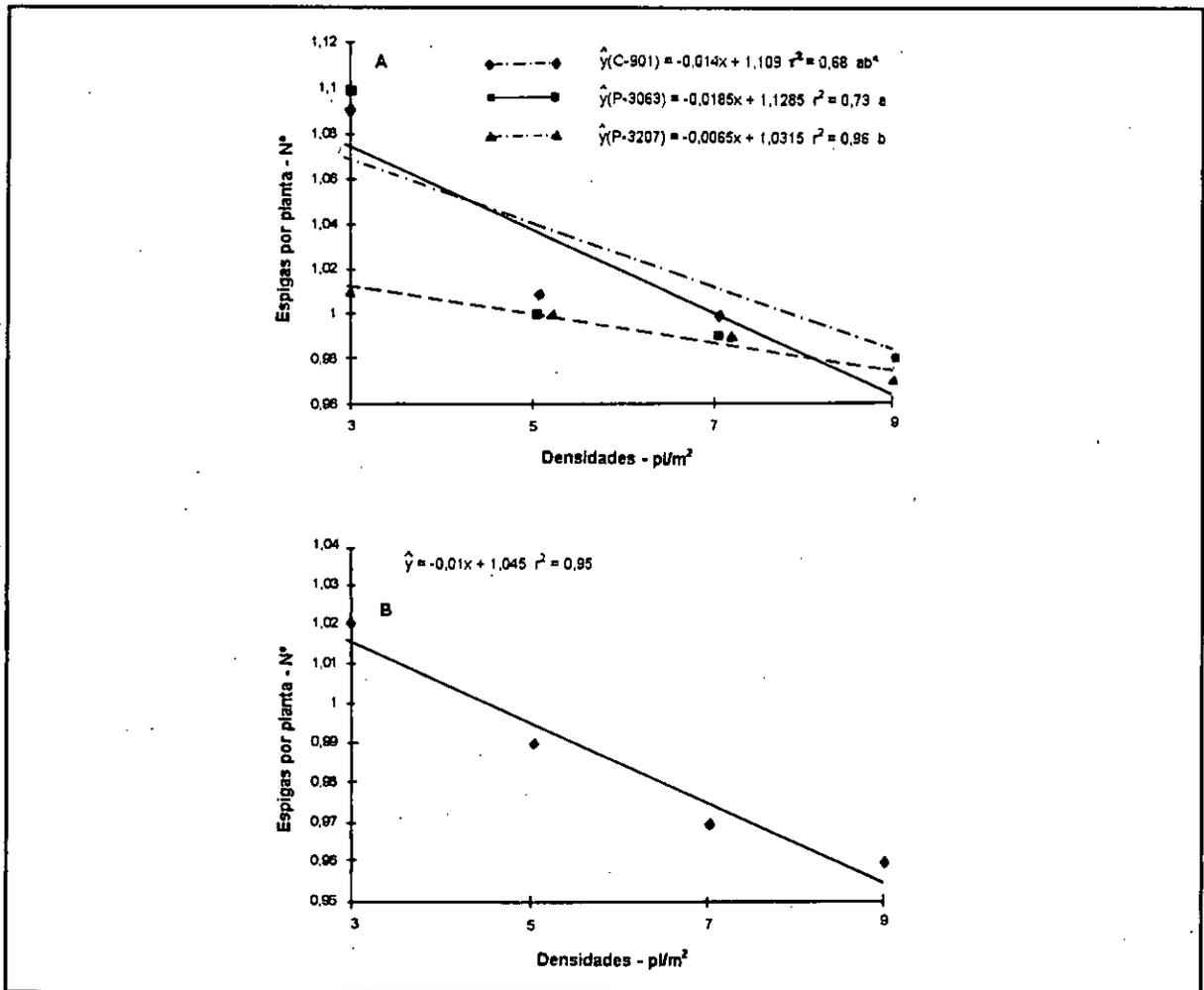


FIGURA 4 – Percentagem de plantas estéreis nos experimentos com alto nível de manejo e no de médio nível de manejo em função de densidade de plantas, na média de três genótipos de milho. Estação de Pesquisas da Pioneer Sementes, Rio Pardo, RS. 1994/95



**FIGURA 5** – Número de espigas por planta no experimento com alto nível de manejo de três genótipos de milho em função de densidade de plantas (A) e no de médio nível de manejo em função de densidade de plantas, na média de três genótipos de milho (B), Estação de Pesquisas da Pioneer Sementes, Rio Pardo, RS. 1994/95

PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE PLANTAS, EM DOIS NÍVEIS DE MANEJO DA ÁGUA E DA ADUBAÇÃO

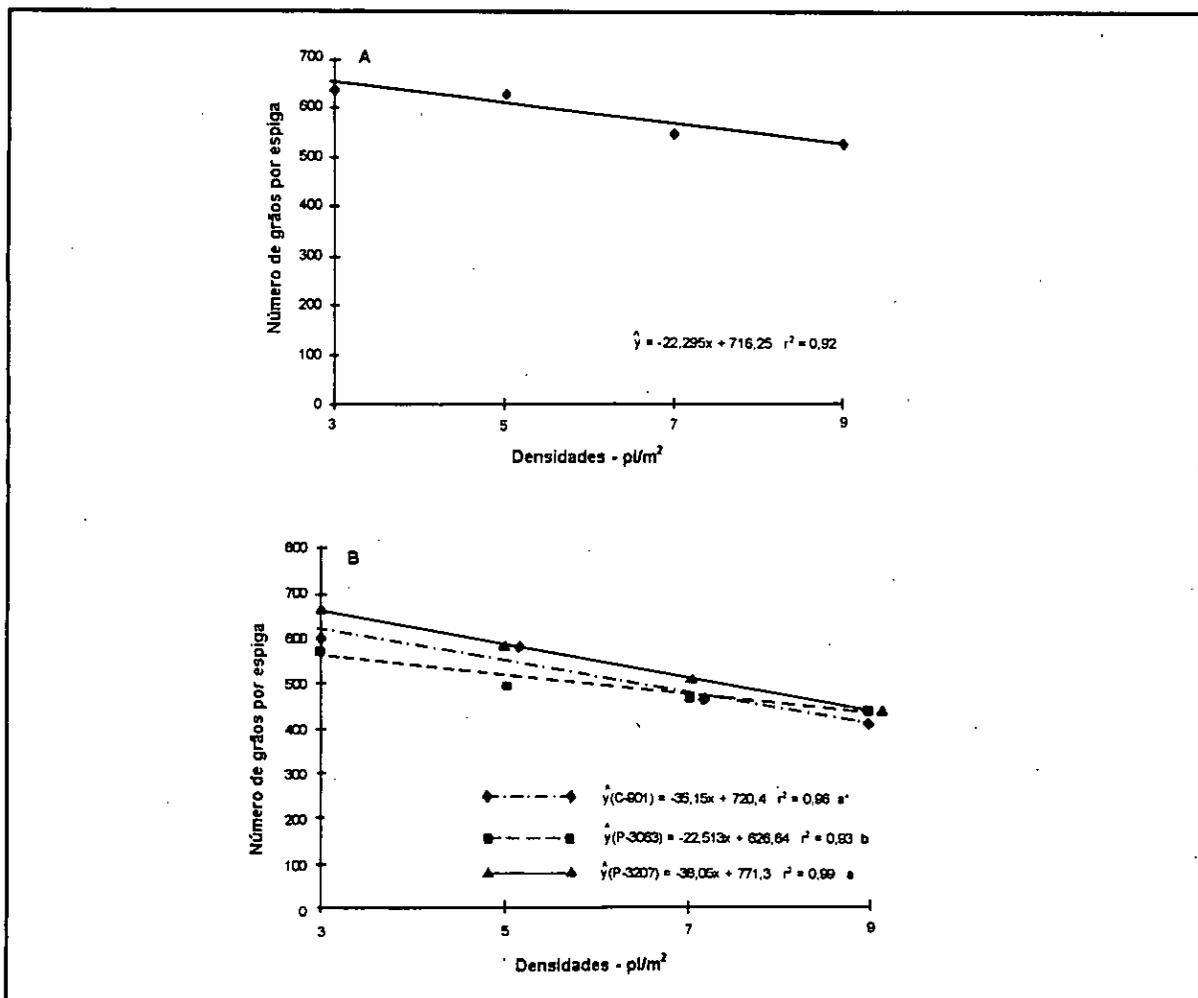
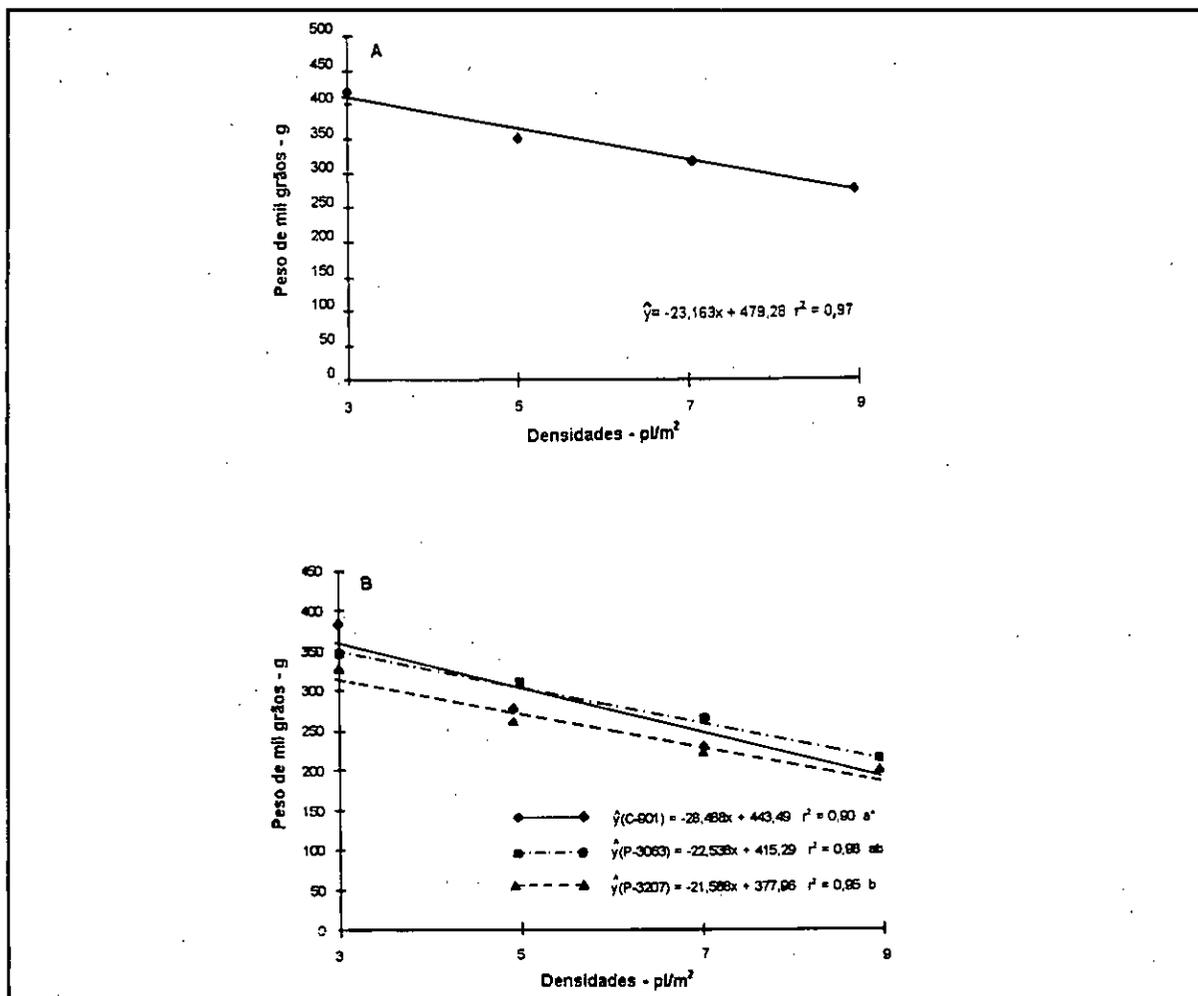


FIGURA 6 – Número de grãos por espiga no experimento com alto nível de manejo em função da densidade de plantas, na média de três genótipos (A) e no experimento com médio nível de manejo de três genótipos de milho em função da densidade de plantas (B). Estação de Pesquisas da Pioneer Sementes, Rio Pardo, RS, 1994/95. \* Letras iguais na coluna indicam que não houve diferença significativa pelo “t”-teste, a 5% de probabilidade, entre os coeficientes “b” das equações de regressão linear



**FIGURA 7** – Peso de mil grãos no experimento com alto nível de manejo em função da densidade de plantas, na média de três genótipos (A) e no experimento com médio nível de manejo de três genótipos de milho em função da densidade de plantas (B). Estação de Pesquisas da Pioneer Sementes, Rio Pardo, RS, 1994/95. \* Letras iguais na coluna indicam que não houve diferença significativa pelo “t”-teste, a 5% de probabilidade, entre os coeficientes “b” das equações de regressão linear

### Experimento com médio nível de manejo

Os rendimentos de grãos obtidos neste experimento (Figura 2A), foram inferiores aos verificados no de alto nível de manejo (Figura 2B). Esta redução foi devida principalmente à ocorrência de pronunciado e permanente estresse hídrico durante os estádios do pendoamento à maturação fisiológica, conforme mostra o balanço hídrico (Figura 1).

Foi observada também neste experimento interação entre híbridos e densidades para rendimento de grãos. O híbrido C-901 apresentou resposta cúbica, ou seja, aumentou o rendimento com a elevação da densidade de 30 até 50 000 plantas/ha e manteve-se estável nas duas densidades mais altas (Figura 2B). Já os híbridos Pioneer 3063 e Pioneer 3207 aumentaram linearmente o rendimento de grãos até 90 000 plantas/ha. No entanto, ao se comparar as respostas dos híbridos da Pioneer com as do experimento com alto nível de manejo, observou-se que os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) foram baixos, indicando um mal ajustamento dos dados à curva. Com efeito, ao se comparar os valores observados do rendimento de grãos no experimento com médio nível de manejo para estes dois híbridos verificam-se que eles foram inferiores na densidade de 90 000 plantas/ha em relação a de 70 000 plantas/ha (Figura 2B).

A duração do subperíodo pendoamento-espigamento aumentou em 1,5 dias, na média dos três genótipos, à medida que se elevou a densidade de 30 para 90 000 plantas/ha (Figura 3). Da mesma forma, a percentagem de plantas estéreis elevou-se muito pouco, de zero para 2,6%, com o incremento da densidade de 30 para 90 000 plantas/ha, na média dos híbridos (Figura 4).

O número de espigas por plantas foi muito pouco afetado pela densidade, reduzindo-se de 1,01 para 0,96 quando se elevou a densidade de 30 para 90 000 plantas/ha, na média dos três híbridos (Figura 5B).

O pequeno aumento observado na percentagem de plantas estéreis e a baixa redução do número de espigas por planta apresentados pelos três híbridos com a elevação da densidade de plantas podem estar associados ao pequeno incremento, de 3,5 para 5,0 dias, verificado na duração do subperíodo pendoamento-espigamento (Figura 3).

A cultivar Cargill 901 apresentou maior redução do número de grãos por espiga em relação à Pioneer 3063 (Figura 6B) e maior redução do peso de 1000 grãos em relação à Pioneer 3207 (Figura 7B) ao se incrementar a densidade de 30 para 90 000 plantas/ha. Esta resposta diferencial da Cargill 901 para estes dois componentes do rendimento pode explicar o fato deste híbrido não ter aumentado o rendimento de grãos com densidades superiores a 50 000 plantas/ha, diferentemente dos outros dois, que responderam

com incremento no rendimento de grãos até a maior densidade utilizada.

### CONCLUSÕES

Os rendimentos de grãos dos híbridos Pioneer 3063 e Pioneer 3207 aumentaram linearmente com o aumento da densidade de plantas, nos dois níveis de manejo da água e da adubação. A cultivar de milho Cargill 901 teve o mesmo comportamento somente em condições de alto nível de manejo.

Os híbridos utilizados mostraram serem mais responsáveis à densidade de plantas quanto ao rendimento de grãos no nível mais alto de tecnologia.

O baixo percentual de plantas estéreis nos híbridos estudados, nos dois níveis de manejo da água e da adubação, foi atribuído ao pequeno aumento do período de tempo entre o subperíodo do pendoamento ao espigamento, com a elevação da densidade de plantas.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

- BUTING, E.S. Plant density and yield of grain maize in England. *Journal Agricultural Science, Cambridge*, v.81, n.3, p.455-463, 1973.
- COLVILLE, W.L.; MCGILL, D.P. Influence of plant population, hybrid, and "productivity level" on irrigated corn production. *Agronomy Journal*, Madison, v.54, n.3, p.235-238, 1964.
- FLESCH, R.D. Efeitos de duas populações de plantas sobre o desenvolvimento das espigas em três híbridos simples de milho. Porto Alegre: UFRGS, 1978. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1978.
- PROGRAMA MULTIISTITUCIONAL DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA EM MILHO (RS). *Recomendações técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: FEPAGRO; Emater-RS, 1996. 121p. (Boletim Técnico, 3).
- ROSSMAN, E.C.; COOK, R.L. Soil preparation and date, rate, and pattern of planting. In: PIERRE, W.H.; ALDRICH, S.R.; MARTIN, W.P. *Advances in corn production, principles and practices*. 2. ed. Ames: Iowa State University Press, 1967. p.53-101.
- RUSSEL, W.A. Testcrosses of one and two-ear types of corn belt maize inbreds. I. Performance at four plant stand densities. *Crop Science*, Madison, v.8, n.2, p.244-247, 1968.
- RUTGER, J.N.; CROWDER, L.V. Effect of high plant density on silage and grain yield of six corn hybrids. *Crop Science*, Madison, v.7, n.3, p.182-184, 1967.
- SANTOS, H.P. dos. Efeitos de competição intra-específica e da macho-esterilidade núcleo-citoplasmática charrua no desenvolvimento das florescências de híbridos de milho. Porto Alegre: UFRGS, 1980. 135p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1980.
- SILVA, P.R.F. da. Determinação dos efeitos de quatro densidades no rendimento de grãos e características agrônomicas, em seis cultivares de milho. Porto Alegre: UFRGS, 1972. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1972.
- SOUZA, G.L. de. Influência de densidade de plantas e espaçamento entre linhas sobre o rendimento de grãos, interceptação de luz e outras características agrônomicas de duas cultivares de milho (*Zea mays* L.). Porto Alegre: UFRGS, 1984. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1976.