

Avaliação de genótipos de trigo oriundos de cruzamentos entre *Triticum aestivum* L. e *T. durum* L., quanto à produtividade de grãos e outras características agrônômicas, em diferentes condições de cultivo do Estado de São Paulo

Evaluation of wheat genotypes developed from the cross between *Triticum aestivum* L. and *T. durum* as to grain yield and other agronomical characteristics under different cultivation conditions in the state of São Paulo, Brazil

Mary Túlia Vargas LOBATO^{1,2}, Carlos Eduardo de Oliveira CAMARGO², Antonio Wilson Penteado FERREIRA FILHO², Armando PETTINELLI JÚNIOR³, Jairo Lopes de CASTRO³, Paulo Boller GALLO³

¹ Parte de dissertação de Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal do 1º autor, apresentada ao Instituto Agrônomo (IAC) – APTA – Campinas – SP – Brasil. Apresentado no 4º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, realizado em São Lourenço - MG, em 2007.

² Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras – Instituto Agrônomo (IAC) - Caixa Postal 28 – 13001-970 – Campinas – SP – Brasil. Autor correspondente: E-mail: marytulia@UOL.com.br.

³ Departamento de Descentralização do Desenvolvimento (DDD) – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) – Av. Brasil, 2340 – 13070-178 – Campinas – SP – Brasil.

Resumo

Foram avaliadas 18 linhagens oriundas de cruzamentos interespecíficos (trigo comum x trigo duro) e duas cultivares IAC-24 e IAC-370 (controles), em 3 experimentos, com delineamento estatístico em blocos ao acaso, com 4 repetições, instalados em solo ácido e condição de sequeiro, em Capão Bonito e em solo corrigido com emprego de irrigação por aspersão, em Tatuí e Mococa, no Estado de São Paulo, no ano de 2004. Foram avaliadas: produtividade de grãos e outras características agrônômicas. Estudou-se também a tolerância à toxicidade de alumínio em laboratório. As linhagens 12 (IAC-60/IAC-1003) e 14 (IAC-60/IAC-1003) e a cultivar IAC-24 destacaram-se em Capão Bonito, quanto à produtividade de grãos, mostrando as plantas semianãs mais altas, tolerantes à toxicidade de alumínio. A linhagem 19 (FCT“S” /3/GOV/AZ//MUS“S”/4/BUC“S”/5/IAC-1003) sobressaiu-se quanto à produtividade, a 3 (Maya“S”/SPRW“S”//SAP“S”/3/BUC“S”/4/IAC-225/5/IAC-1003) quanto ao comprimento das espigas, a 13 (IAC-60/IAC-1003) quanto ao número de grãos por espiga e a 10 (IAC-209/IAC-24//IAC-1003) quanto ao número de grãos por espiguetas, em Tatuí e Mococa. Os genótipos mais produtivos em Tatuí associaram-se com plantas semianãs mais altas e com grãos mais pesados e negativamente com plantas exibindo maior número de grãos por espiga.

Palavras-chave adicionais: Trigo comum; trigo duro; solo ácido e corrigido; condições de sequeiro e de irrigação por aspersão; correlações entre características agrônômicas.

Abstract

Evaluation of wheat genotypes, originated from *Triticum aestivum* L. e *T. durum* L. crosses, in relation to grain yield and other agronomic characteristics, in different cultivation conditions of the State of São Paulo. Eighteen wheat inbred lines originated from interspecific crosses (bread wheat x durum wheat) and two cultivars IAC-24 and IAC-370, were evaluated in 3 experiments, using randomized block design, with 4 replications, carried out in acid soil and upland condition, in Capão Bonito and in limed soil with sprinkler irrigation in Tatuí and Mococa, State of São Paulo, Brazil, in 2004. Grain yield and other agronomic characteristics were analyzed. Tolerance to aluminum toxicity was studied, in laboratory. The lines 12 (IAC-60/IAC-1003) and 14 (IAC-60/IAC-1003) and the cultivar IAC-24 showed good performance in Capão Bonito, in relation to grain yield, presenting the tallest semi-dwarf plants, tolerant to aluminum toxicity. The inbred line 19 (FCT“S”/3/GOV/AZ//MUS“S”/4/BUC“S”/5/IAC-1003) was superior in relation to grain yield, the inbred line 3 (Maya“S”/SPRW“S”//SAP“S” /3/BUC“S”/4/IAC-225/5/IAC-1003) in relation to head length, the inbred line 13 (IAC-60/IAC-1003) in relation to grains per head and the inbred line 10 (IAC-209/IAC-24//IAC-1003) in relation to grains per spikelet. Genotypes showing high grain yield in Tatuí were associated with the tallest semi-dwarf plants, and with heavy grains and negatively with plants exhibiting the highest number of grains per head.

Additional keywords: bread wheat; durum wheat; limed and acid soil; upland and sprinkler irrigation conditions; correlations among agronomic characteristics.

Introdução

O trigo comum é de grande importância na alimentação da população do Brasil e do mundo. O Brasil não é autossuficiente na sua produção, importando, ainda, grande quantidade de grãos desse cereal. O Brasil e o Estado de São Paulo precisam de um grande incremento na produção de trigo. Em vista disto, são necessários a expansão da área cultivada e o aumento da produtividade, que podem ser alcançados, entre outros meios, pelo melhoramento genético de trigo, com o lançamento de novas cultivares mais adaptadas às regiões de cultivo.

No Estado de São Paulo, o trigo é cultivado predominantemente em condições de sequeiro e de solos ácidos, em sucessão às culturas de milho e de soja (CAMARGO et al., 1996). O cultivo com irrigação por aspersão ainda não é extensivo, porém tem grande potencial de aumento no futuro (CONAB, 2005).

Em 1984, iniciou-se, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), um programa de cruzamentos entre genótipos de trigo comum e de trigo duro visando a aumentar a variabilidade genética existente, apesar de ocorrer elevado nível de esterilidade nas primeiras gerações segregantes. Empregaram-se as linhagens de trigo duro nestes cruzamentos como fontes genéticas de várias características agrônomicas de interesse, dentre elas: maior número de grãos por espiga e por espiguetas e grãos mais pesados, além de características tecnológicas (CAMARGO et al., 1995 a, b). Atualmente, o programa de melhoramento de trigo do IAC possui diversas linhagens promissoras, provenientes desses cruzamentos.

CAMARGO et al. (1995 b) tiveram sucesso com genótipos oriundos do programa de cruzamentos interespecíficos entre trigo comum e trigo duro. Linhagens produtivas, de porte médio, com moderada resistência ao acamamento, com ciclo médio da emergência ao florescimento, tolerantes à toxicidade do alumínio resultaram desse trabalho. LOBATO et al. (2007), avaliando linhagens provenientes de cruzamentos interespecíficos entre trigo comum e trigo duro, identificaram linhagens resistentes ao agente causal da ferrugem-da-folha.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de linhagens de trigo provenientes de cruzamentos interespecíficos, em diferentes condições de cultivo do Estado de São Paulo, quanto à produtividade de grãos e outras características agrônomicas, e a tolerância à toxicidade de alumínio, como também verificar as correlações entre a produtividade de grãos e a altura das plantas com as características agrônomicas.

Material e Métodos

O experimento de novas linhagens foi semeado em diferentes condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo: em Capão Bonito (zona tritícola B), em condições de solo ácido e de sequeiro e, em Tatuí (zona tritícola D) e Mococa (zona tritícola H), em condições de solo corrigido com calcário e de irrigação por aspersão, no ano de 2004. Foram avaliadas 18 linhagens provenientes de cruzamentos entre trigo comum e trigo duro, e duas cultivares-controle recomendadas para o cultivo no Estado de São Paulo: IAC-24 e IAC-370 (EMBRAPA, 2005). As genealogias dos genótipos são apresentadas na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Em Capão Bonito, cada parcela foi formada de seis linhas de 3 m de comprimento, espaçadas de 0,20 m, totalizando 3,6 m², as quais foram semeadas manualmente. A semeadura nos demais locais foi feita por semeadora de parcelas, sendo cada parcela formada de oito linhas de 3 m de comprimento, espaçadas a 0,15 m, totalizando também 3,6 m². Nos três locais, utilizaram-se 80 g de sementes por parcela. Deixou-se uma separação lateral de 0,60 m entre parcelas. Na época da maturação, foram colhidas todas as linhas de cada parcela. A adubação nos três locais foi realizada com base na análise de solo e na recomendação de adubação do IAC (CAMPINAS, 2002).

Avaliaram-se em cada parcela as seguintes características:

- Produtividade de grãos: considerou-se a produção total de grãos obtida nas linhas de cada parcela e transformou-se em kg ha⁻¹;
- Altura das plantas: mediu-se, na época de maturação, o comprimento do colmo, em centímetros, do nível do solo ao ápice da espiga, sem as aristas.

Usando-se cinco espigas colhidas ao acaso, foram avaliados:

- Comprimento da espiga: considerando-se a medida do comprimento médio em centímetros, da base até o ápice da espiga, sem considerar as aristas;
- Número de espiguetas por espiga;
- Número de grãos por espiga;
- Número de grãos por espiguetas: calculando-se pela divisão do número total de grãos da espiga pelo número total de suas espiguetas;
- Massa de cem grãos: considerando-se a massa, em gramas, do número total de grãos das cinco espigas, o qual foi transformado para massa de cem grãos.

Tabela 1 – Origem e genealogia dos genótipos avaliados no experimento de novas linhagens instalado em Capão Bonito, Tatuí e Mococa, em 2004. *Origin and genealogy of the evaluated genotypes in the new inbred lines trial carried out at Capão Bonito, Tatuí and Mococa, in 2004.*

Genótipos	Origem ⁽¹⁾	Híbridos	Genealogia
1			IAC-24=IAS-51/4/SON64/Y50E //GTO/3*CIANO
2		IAC-370	IAC-24=BOW//NAC/VEE/3/BJY/COC
3	NL-2/02-13	H.18856	Maya“S”/SPRW“S”//SAP“S”/3/BUC“S”/4/IAC-225/5/IAC-1003
4	NL-2/02-18	H.18856	Maya“S”/SPRW“S”//SAP“S”/3/BUC“S”/4/IAC-225/5/IAC-1003
5	NL-2/02-28	H.18856	Maya“S”/SPRW“S”//SAP“S”/3/BUC“S”/4/IAC-225/5/IAC-1003
6	NL-2/02-29	H.18856	Maya“S”/SPRW“S”//SAP“S”/3/BUC“S”/4/IAC-225/5/IAC-1003
7	NL-2/02-33	H.18856	Maya“S”/SPRW“S”//SAP“S”/3/BUC“S”/4/IAC-225/5/IAC-1003
8	NL-2/02-49	H.18856	Maya“S”/SPRW“S”//SAP“S”/3/BUC“S”/4/IAC-225/5/IAC-1003
9	NL-2/02-51	H.18856	Maya“S”/SPRW“S”//SAP“S”/3/BUC“S”/4/IAC-225/5/IAC-1003
10	NL-2/02-68	H.18861	IAC-209/IAC-24//IAC-1003
11	NL-2/02-104	H.18877	F3.71/TRM//CNO79/3/IAC-24 /4/IAC-1003
12	NL-2/02-131	H.18675	IAC-60/IAC-1003
13	NL-2/02-132	H.18675	IAC-60/IAC-1003
14	NL-2/02-150	H.18675	IAC-60/IAC-1003
15	NL-2/02-250	H.18720	BH-1146/IRN-165-73//ALD2-CMH77A917/3/IAC-1003
16	NL-2/02-251	H.18720	BH-1146/IRN-165-73//ALD2-CMH77A917/3/IAC-1003
17	NL-2/02-252	H.18720	BH-1146/IRN-165-73//ALD2-CMH77A917/3/IAC-1003
18	NL-3/02-2	H.18754	FCT“S”/3/GOV/AZ//MUS“S”/4/BUC“S”/5/IAC-1003
19	NL-2/02-3	H.18754	FCT“S”/3/GOV/AZ//MUS“S”/4/BUC“S”/5/IAC-1003
20	NL-3/02-18	H.18899	BH-1146//AA“S”/WIN“S”/3/IAC-287

⁽¹⁾NL=Ensaio Preliminar de Linhagens.

⁽¹⁾NL=Preliminary Inbred Lines Trial.

Todas as características avaliadas foram submetidas à análise de variância individual (em cada local), utilizando-se do teste F, ao nível de 5% de probabilidade, a fim de detectar os efeitos de genótipos e repetições. Efetuaram-se, posteriormente, para as mesmas características, as análises da variância conjuntas, considerando-se os três locais, a fim de detectar os efeitos de genótipos, locais e interação genótipos x locais, utilizando-se como estimativa do desvio-padrão residual o quadrado médio da interação genótipos x locais. O teste de Tukey, ao nível de 5%, foi empregado para a comparação das médias dos genótipos em cada local (GOMES, 2000).

Para a determinação da tolerância à toxicidade de alumínio, foi realizado um ensaio empregando-se soluções nutritivas em condições de laboratório. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas. As parcelas, compostas por diferentes concentrações de alumínio, e as subparcelas, pelos genótipos utilizados de trigo. Utilizaram-se quatro repetições para cada solução-tratamento. Foram utilizadas sementes dos 20 genótipos e das cultivares-controle BH-1146 (tolerante) e Anahuac (sensível), testadas a 0; 2; 4; 6; 8 e 10 mg L⁻¹ de Al³⁺, de acordo com CAMARGO & OLIVEIRA (1981), CAMARGO et al. (1998) e

CAMARGO et al. (2006). Na análise dos dados, considerou-se a média do comprimento da raiz primária central das cinco plantas de cada genótipo, para cada repetição.

Após 48 horas nas soluções de tratamento contendo as diferentes concentrações de alumínio, os genótipos foram transferidos para soluções nutritivas completas sem alumínio, por 72 horas. Aqueles que apresentaram crescimento radicular nesse meio foram considerados tolerantes, enquanto aqueles que não mostraram crescimento das raízes foram considerados sensíveis.

Para cada local, calcularam-se as correlações simples entre produção de grãos e altura das plantas. Estas características foram também correlacionadas ao crescimento médio das raízes dos genótipos após tratamento em solução nutritiva contendo 6 mg L⁻¹ de alumínio, comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas, e massa de cem grãos, visando a estimar o grau de associação entre as características avaliadas nos genótipos de trigo. Empregou-se o teste “t”, ao nível de 5% de probabilidade, para a verificação das significâncias, considerando-se os dados médios dos 20 genótipos.

Resultados e discussão

Os quadrados médios das análises da variância individuais para produtividade de grãos, altura das plantas e comprimento da espiga são apresentados na Tabela 2, e para número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e massa de cem grãos, na Tabela 3. Os efeitos de genótipos, para todas as características agrônômicas estudadas em Capão Bonito, Tatuí e Mococa, foram significativos e, para repetições, foram não significativos, exceto para massa de cem grãos, em Mococa (Tabelas 2 e 3).

As análises conjuntas foram feitas levando-se em conta a homogeneidade das variâncias. Para as sete características estudadas, os valores de F foram significativos para genótipos, locais e para a interação genótipos x locais, indicando, assim, a necessidade de se analisar cada característica dentro de cada local (ensaio). Estas interações significativas entre genótipos x locais indicaram que a maioria dos genótipos comportou-se diferentemente para estas características, conforme o local considerado (Tabelas 2 e 3).

Os coeficientes de variação calculados para as diferentes características no ensaio instalado, em Capão Bonito, foram relativamente altos em relação aos dos ensaios de Tatuí e Mococa (Tabelas 2 e 3). Este fato pode ser explicado em virtude de o local estudado ter um solo originalmente ácido, nunca corrigido por calagem e, portanto, mostrar-se não uniforme, com variações, principalmente nos teores de alumínio e de bases (CAMARGO et al., 1997). Apesar disso, esta área experimental tem sido de grande utilidade para os trabalhos de melhoramento genético do trigo, onde são selecionadas linhagens tolerantes à toxicidade de alumínio. Mesmo com a redução da precisão dos experimentos, os dados obtidos têm permitido, com sucesso, a seleção dos genótipos mais produtivos, com melhores características agrônômicas e com tolerância à toxicidade de alumínio (CAMARGO et al., 1997 e 2005; SALOMON et al., 2003).

Comparando-se as médias de produtividade de grãos dos genótipos do ensaio de Capão Bonito, verificou-se que a linhagem 14 (IAC-60/IAC-1003) foi a mais produtiva (1.302 kg/ha), não diferindo apenas das linhagens 12; 18; 19 e 20 e da cultivar IAC-24 (816 a 1.229 kg/ha). Apesar das baixas produtividades apresentadas no ensaio, esses genótipos mostraram melhor adaptação às condições de sequeiro e de solo ácido. Para os ensaios de Tatuí e Mococa, instalados em condições de irrigação por aspersão e de solo corrigido com calcário, a linhagem 19 (FCT“S”/3/GOV/AZ//MUS“S”/4/BUC“S”/5/IAC-1003)

foi a mais produtiva (4.021 kg/ha e 5.563 kg/ha, respectivamente), apresentando boa adaptação a essas condições. Essa linhagem não diferiu apenas das linhagens 12 (3.111 kg ha⁻¹) e 18 (3.892 kg ha⁻¹) e das cultivares IAC-24 (3.080 kg ha⁻¹) e IAC-370 (3.010 kg ha⁻¹) em Tatuí, e diferiu apenas das linhagens 3; 4; 5; 7; 8; 9; 11 e 20 (3.681 a 4.306 kg ha⁻¹) em Mococa (Tabela 2). Avaliando também o desempenho de linhagens oriundas de cruzamentos entre trigo comum e trigo duro em solos ácidos de Capão Bonito, no período de 1991/1992, CAMARGO et al. (1995 b) obtiveram linhagem com produção de 2.463 kg ha⁻¹, enquanto as testemunhas utilizadas produziram 148 kg ha⁻¹ (Yavaros“S” – trigo duro) e 1.917 kg ha⁻¹ (BH-1146 – trigo comum). Em Tatuí, em solos corrigidos com calcário e com irrigação por aspersão, os mesmos autores identificaram também linhagens muito superiores em produção de grãos, em relação às testemunhas utilizadas. Estes resultados confirmaram a eficiência desses cruzamentos.

Na cultivar IAC-370, observaram-se as espigas mais compridas (7,8 cm), mas diferindo apenas das linhagens 10; 14; 15; 18 e 19 (5,1 a 5,9 cm), em Capão Bonito. A linhagem 3 apresentou espigas mais compridas em Tatuí e Mococa (11,8 e 11,0 cm), mas não diferindo das suas linhagens irmãs, 4; 5; 6; 7; 8 e 9 (10,5 a 11,1 cm), em Tatuí, e diferindo apenas da cultivar IAC-24 (7,9 cm) e das linhagens 7; 10; 12; 13; 14; 16 e 20 (7,2 a 9,1 cm), em Mococa (Tabela 2). CAMARGO et al. (1995b) também obtiveram linhagens que se destacaram em relação ao comprimento da espiga (10,5-10,7 cm), quando avaliaram linhagens provenientes de cruzamentos entre trigo comum e trigo duro.

Em relação ao número de espiguetas por espiga, a linhagem 12 e a cultivar IAC-24 apresentaram o maior valor em Capão Bonito, porém diferindo apenas das linhagens 18 e 19 (Tabela 3). Em Tatuí, a linhagem 3 foi a que se destacou, mas não diferindo das linhagens 4; 5; 8; 9; 12 e 13. Em Mococa, a linhagem 13 apresentou o maior número de espiguetas por espiga, porém não diferindo das linhagens 3; 4; 5; 6; 8; 9; 12; 15 e 17. Em Capão Bonito, as cultivares IAC-24 e IAC-370 apresentaram o maior número de grãos por espiga, mas diferindo apenas das linhagens 4; 6; 9; 18 e 19. Já em Tatuí e Mococa, a linhagem 13 foi a que apresentou o maior número de grãos por espiga, porém diferindo apenas das linhagens 10; 15; 18 e 19 em Tatuí e não diferindo apenas da cultivar IAC-370 e das linhagens 10; 19 e 20 em Mococa. O número de grãos por espiguetas foi maior na cultivar IAC-370, em Capão Bonito, que não diferiu da cultivar IAC-24 e das linhagens 10 e 20.

Tabela 2 – Testes de médias, análises das variâncias individuais e conjuntas para produtividade de grãos, altura das plantas e comprimento da espiga, dos 20 genótipos avaliados no experimento de novas linhagens, em Capão Bonito, Tatuí e Mococa, no ano de 2004. *Mean tests, individual and joint analysis of variance for grain yield, plant height and head length, of the 20 evaluated genotypes in the new inbred lines trial carried out at Capão Bonito, Tatuí and Mococa, in 2004.*

Genótipos	Produtividade de Grãos				Altura das Plantas				Comprimento da Espiga			
	Capão Bonito	Tatuí	Mococa	Média	Capão Bonito	Tatuí	Mococa	Média	Capão Bonito	Tatuí	Mococa	Média
	kg ha ⁻¹				cm				cm			
1	1226 ab	3080 ab	4882 ab	3063	76 a	88 a-c	83 b-d	82	7,3 ab	8,3 f-h	7,9 e-g	7,9
2	642 c	3010 ab	4486 a-c	2713	70 a-d	88 a-c	83 b-d	80	7,8 a	10,0 b-e	10,7 ab	9,5
3	632 c	2417 bc	4222 bc	2424	60 de	85 a-c	80 b-d	75	7,1 a-c	11,8 a	11,0 a	10,0
4	594 c	2382 bc	4264 bc	2413	58 e	80 c	82 b-d	73	6,3 a-d	10,9 a-c	9,9 a-d	9,0
5	740 bc	2444 bc	4118 bc	2434	65 a-e	85 a-c	84 a-d	78	7,3 ab	10,9 a-c	10,0 a-d	9,4
6	701 c	2531 bc	4507 a-c	2580	61 de	83 bc	84 a-d	76	6,3 a-d	10,5 a-d	10,1 a-d	8,9
7	788 bc	2365 bc	4181 bc	2444	64 b-e	81 c	77 d	74	7,5 ab	10,6 a-d	9,1 b-f	9,1
8	691 c	2528 bc	4271 bc	2497	59 de	85 a-c	84 a-d	76	6,8 a-d	11,1 ab	10,3 a-d	9,4
9	622 c	2684 bc	4306 bc	2537	61 de	81 c	79 b-d	74	6,1 a-d	10,5 a-d	9,9 a-d	8,8
10	753 bc	2795 bc	4590 a-c	2713	63 c-e	86 a-c	80 b-d	76	5,9 b-d	7,2 h	8,8 c-g	7,3
11	583 c	2583 bc	3681 c	2282	61 de	81 c	79 b-d	74	6,7 a-d	10,3 b-e	10,0 a-d	9,0
12	1229 ab	3111 ab	4944 ab	3095	74 a-e	93 a	89 ab	85	6,1 a-d	7,6 gh	7,5 fg	7,0
13	799 bc	2594 bc	4549 a-c	2647	75 ab	91 ab	87 a-d	84	6,3 a-d	7,6 gh	8,0 e-g	7,3
14	1302 a	2535 bc	4653 a-c	2830	76 a	90 ab	88 a-c	85	5,8 b-d	7,8 gh	7,2 g	6,9
15	490 c	2826 b	4674 a-c	2663	58 e	85 a-c	78 cd	74	5,8 b-d	9,4 d-f	9,4 a-e	8,2
16	604 c	2594 bc	4840 a-c	2679	58 e	88 a-c	77 d	74	6,3 a-d	10,1 b-e	8,8 c-g	8,4
17	601 c	2372 bc	4694 a-c	2556	56 e	83 bc	81 b-d	73	6,2 a-d	10,0 b-e	9,9 a-d	8,7
18	955 a-c	3892 a	4569 a-c	3139	61 de	88 a-c	94 a	81	5,4 cd	9,5 c-f	10,2 a-d	8,4
19	878 a-c	4021 a	5563 a	3487	58 e	90 ab	80 b-d	76	5,1 d	9,3 d-f	10,4 a-c	8,3
20	816 a-c	1778 c	4208 bc	2267	76 a	83 bc	79 b-d	79	7,1 a-c	8,9 e-g	8,6 d-g	8,2
F (Gen)	5,92*	6,85*	3,13*	3,33*	3,13*	9,43*	5,03*	2,91*	4,13*	22,00*	10,09*	3,60*
F (Rep)	1,99	0,78	2,46	-	2,46	2,28	1,37	-	0,81	0,45	0,95	-
F (Loc)	-	-	-	785,22*	-	-	-	149,07*	-	-	-	99,97*
F (Gen x Loc)	-	-	-	2,65*	-	-	-	3,99*	-	-	-	5,79*
d.m.s (LSD)	500	1032	1163	924	12	9	11	13	1,9	1,5	1,8	2,4
C. V. %	24,33	14,41	9,82	13,68	7,35	3,79	5,04	5,38	11,04	6,73	7,31	7,71

* Significativo ao nível de 5%, pelo teste F. Médias seguidas de uma letra em comum não diferem, entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

* Significant at the 5% level by F test. Means followed by the same letter do not differ by the Tukey test, at 5% level.

Tabela 3 - Testes de médias, análises da variância individuais e conjuntas para os componentes de produção dos 20 genótipos avaliados no experimento de novas linhagens instalados em Capão Bonito, Tatuí e Mococa, em 2004. *Means tests, individual and joint analysis of variance for yield components of the 20 evaluated genotypes in the new inbred lines trial carried out at Capão Bonito, Tatuí and Mococa, in 2004.*

Genótipos	Espiguetas por espiga				Grãos por espiga				Grãos por espiguetas				Massa de cem grãos			
	Capão Bonito	Tatuí	Mococa	Média	Capão Bonito	Tatuí	Mococa	Média	Capão Bonito	Tatuí	Mococa	Média	Capão Bonito	Tatuí	Mococa	Média
	-----n ^o -----				-----n ^o -----				-----n ^o -----				-----g-----			
1	16,6 a	20,3 b-e	19,7 b-e	18,8	30,3 a	43,2 a-c	41,9 b	38,5	1,82 a-d	2,28 a-c	2,13 b-e	2,08	2,75 c-e	3,35 cd	3,88 d-f	3,32
2	13,8 a-c	18,8 ef	17,7 e	16,8	30,8 a	43,9 a-c	46,1 ab	40,2	2,23 a	2,33 a-c	2,60 b	2,39	2,33 e	3,32 cd	4,16 de	3,27
3	14,3 a-c	24,1 a	21,3 ab	19,9	22,9 a-c	49,4 ab	40,8 b	37,7	1,60 b-e	2,18 a-c	1,92 de	1,90	2,60 c-e	3,28 c-e	4,93 ab	3,60
4	14,0 a-c	22,1 a-c	20,0 a-d	18,7	18,3 bc	42,6 a-c	41,0 b	33,9	1,31 e	1,93 bc	2,05 b-e	1,77	2,82 c-e	3,20 c-e	4,83 a-c	3,62
5	14,9 a-c	22,2 a-c	20,0 a-d	19,0	23,4 a-c	44,4 a-c	42,7 b	36,8	1,58 b-e	2,00 a-c	2,13 b-e	1,90	2,71 c-e	3,51 cd	4,78 a-c	3,67
6	13,4 a-c	21,7 b-d	20,2 a-d	18,4	17,0 bc	40,7 a-c	39,2 b	32,3	1,26 e	1,88 bc	1,94 de	1,69	2,98 c-e	3,27 c-e	4,88 a-c	3,71
7	15,8 ab	21,7 b-d	19,1 c-e	18,8	23,7 a-c	41,5 a-c	38,5 b	34,5	1,50 c-e	1,91 bc	2,01 b-e	1,81	3,05 cd	3,50 cd	5,08 a	3,88
8	14,5 a-c	22,6 ab	21,3 ab	19,4	21,8 a-c	42,1 a-c	40,1 b	34,7	1,52 c-e	1,86 c	1,88 e	1,75	2,91 c-e	3,67 bc	4,87 a-c	3,82
9	13,2 a-c	21,8 a-d	20,4 a-d	18,4	17,8 bc	43,5 a-c	38,8 b	33,3	1,35 de	2,00 a-c	1,90 de	1,75	2,68 c-e	3,59 b-d	4,91 ab	3,73
10	12,2 a-c	14,4 g	15,2 f	13,9	25,5 a-c	36,9 c	47,9 ab	36,7	2,05 ab	2,57 a	3,15 a	2,59	3,27 bc	3,88 a-c	5,08 a	4,07
11	13,3 a-c	21,1 b-e	19,5 b-e	17,9	21,0 a-c	41,8 a-c	41,7 b	34,8	1,59 b-e	1,98 a-c	2,15 b-e	1,91	2,65 c-e	3,42 cd	4,84 a-c	3,64
12	16,2 a	22,1 a-c	20,7 a-c	19,7	25,5 a-c	45,2 a-c	40,3 b	37,0	1,57 b-e	2,09 a-c	1,94 de	1,87	3,11 b-d	3,14 c-e	4,29 c-e	3,51
13	15,8 ab	22,6 ab	21,9 a	20,1	27,0 a-c	52,7 a	54,9 a	44,9	1,68 b-e	2,34 a-c	2,50 bc	2,17	2,45 de	2,79 de	3,37 f	2,87
14	14,3 a-c	19,7 d-f	18,4 de	17,4	24,6 a-c	48,8 a-c	37,7 b	37,0	1,72 b-e	2,49 ab	2,06 b-e	2,09	2,93 c-e	3,23 c-e	4,43 b-d	3,53
15	12,0 a-c	20,5 b-e	20,0 a-d	17,5	19,1 a-c	38,2 bc	37,2 b	31,5	1,59 b-e	1,86 c	1,86 e	1,77	2,83 c-e	3,44 cd	5,11 a	3,79
16	12,9 a-c	21,3 b-d	18,4 de	17,5	20,1 a-c	43,1 a-c	37,8 b	33,7	1,56 b-e	2,03 a-c	2,06 b-e	1,88	3,11 b-d	3,46 cd	5,35 a	3,97
17	14,0 a-c	21,4 b-d	20,2 a-d	18,5	20,5 a-c	41,9 a-c	40,6 b	34,3	1,45 c-e	1,96 a-c	2,01 b-e	1,81	3,04 cd	3,50 cd	5,28 a	3,94
18	11,5 bc	17,8 f	18,6 c-e	15,9	16,2 c	38,7 bc	42,2 b	32,3	1,42 c-e	2,18 a-c	2,27 b-e	1,95	4,51 a	4,53 a	5,32 a	4,79
19	10,9 c	19,5 d-f	19,4 b-e	16,6	16,4 c	37,5 bc	44,0 ab	32,6	1,49 c-e	1,92 bc	2,27 b-e	1,89	3,75 b	4,38 ab	4,97 ab	4,36
20	15,0 a-c	20,0 c-f	18,3 de	17,7	28,4 ab	47,0 a-c	44,0 ab	39,8	1,90 a-c	2,34 a-c	2,41 ad	2,22	2,59 c-e	2,52 e	3,73 ef	2,95
F (Gen)	3,03*	20,45*	13,30*	5,24*	3,82*	3,05*	3,51*	3,10*	6,04*	3,90*	9,30*	8,02*	12,87*	8,89*	22,15*	6,66*
F (Rep)	0,81	0,65	0,33	-	1,30	0,26	0,21	-	0,81	0,07	0,52	-	0,15	0,50	4,42*	-
F (Loc)	-	-	-	210,81*	-	-	-	253,76*	-	-	-	92,27*	-	-	-	190,32*
F (Gen x Loc)	-	-	-	3,23*	-	-	-	2,08*	-	-	-	1,94*	-	-	-	4,60*
d.m.s. (LSD)	4,7	2,4	2,2	3,5	12,0	12,2	11,6	10,1	0,51	0,63	0,53	0,44	0,70	0,80	0,62	0,91
C. V. %	12,87	4,49	4,22	6,92	20,36	10,78	10,58	12,58	12,17	11,67	9,41	10,40	9,09	6,21	4,99	7,37

* Significativo ao nível de 5%, pelo teste F. Médias seguidas de uma letra em comum não diferem, entre si, pelo teste de Tukey.

* Significant at the 5% level by F test. Means followed by the same letter do not differ by the test, at 5% level.

A linhagem 10 foi a que apresentou o maior número de grãos por espiguetas em Tatuí e Mococa, diferindo das linhagens 4; 6; 7; 8; 15 e 19 em Tatuí e não diferindo apenas da linhagem 20 em Mococa. A linhagem 18 destacou-se em relação à massa de cem grãos nos três locais, diferindo de todos os outros genótipos em Capão Bonito, não diferindo apenas das linhagens 10 e 19 em Tatuí e diferindo das cultivares IAC-24 e IAC-370 e das linhagens 12; 13; 14 e 20 em Mococa (Tabela 3).

O comprimento médio das raízes dos 20 genótipos de trigo avaliados no Ensaio de Novas Linhagens, após 72 horas de crescimento em

solução normal (sem alumínio), que se seguiu ao crescimento em solução-tratamento, contendo seis diferentes concentrações de alumínio (média de quatro repetições), é apresentado na Tabela 4. Todos os genótipos avaliados foram considerados tolerantes à presença de 10 mg L^{-1} de alumínio, isto é, exibiram algum crescimento radicular após tratamento em soluções contendo 10 mg L^{-1} de Al^{3+} , exceto a cultivar-controle Anahuac, considerada sensível à concentração de 2 mg L^{-1} de Al^{3+} , e a cultivar IAC-370 e a linhagem 13, sensíveis à concentração de 4 mg L^{-1} .

Tabela 4 - Comprimento médio das raízes⁽¹⁾ dos vinte genótipos de trigo avaliados no experimento de novas linhagens provenientes de cruzamentos interespecíficos, em 72 horas de crescimento em solução normal, após tratamento em soluções contendo diferentes concentrações de alumínio. *Mean root length⁽¹⁾ of the 20 wheat genotypes evaluated in the new inbred lines trial in 72 hours of growth in complete nutrient solution, after treatment in solution containing different aluminum concentrations*

Genótipos	Concentração de alumínio (mg L^{-1})					
	0	2	4	6	8	10
	mm					
IAC-24	43,7	45,2	37,1	30,9	29,1	21,4
IAC-370	66,8	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0
3	65,9	26,9	15,3	6,6	3,7	1,0
4	61,0	29,5	11,9	4,0	3,2	1,0
5	69,3	27,2	13,7	5,4	2,1	0,8
6	65,8	22,3	10,8	6,7	1,6	0,6
7	66,7	26,9	14,9	6,3	2,5	1,1
8	67,7	25,0	9,0	5,7	2,7	0,7
9	64,4	24,7	12,6	7,2	1,6	0,3
10	55,5	34,4	23,4	10,5	2,8	1,1
11	62,2	27,5	10,6	4,5	3,2	1,0
12	68,4	40,2	35,0	23,6	15,7	13,8
13	56,9	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0
14	64,9	43,6	31,3	27,9	16,7	9,9
15	67,1	32,0	24,4	14,7	8,5	4,2
16	65,1	32,4	24,6	11,9	4,8	0,5
17	66,0	29,9	19,0	12,7	6,4	1,5
18	65,4	34,3	29,4	10,2	4,3	5,0
19	56,8	35,5	17,7	6,7	2,5	0,8
20	64,3	39,6	34,6	18,2	10,4	5,0
BH-1146	68,7	65,5	48,9	45,2	42,2	34,9
Anahuac	62,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

⁽¹⁾ Avaliação feita usando a média de 5 plântulas, em 4 repetições.

⁽¹⁾ Evaluation made using the mean of 5 seedlings in 4 replications.

As correlações simples entre a produtividade de grãos e a altura das plantas de cada genótipo com as demais características agrônômicas avaliadas, em Capão Bonito, Tatuí e Mococa, em 2004, encontram-se nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

A correlação simples entre a produtividade de grãos e a altura das plantas, em Capão Bonito, foi de 0,71* (dado não apresentado), e as correlações entre a produtividade de grãos e altura das plantas, em Capão Bonito, com essas características, com comprimento médio das raízes após tratamento com 6 mg L⁻¹ de Al³⁺, foram positivas e significativas (Tabelas 5 e 6).

Esses resultados concordaram com os obtidos por CAMARGO et al. (2003 e 2005) e SALOMON et al. (2003), que sugeriram que os genótipos de porte semianão mais altos foram os mais produtivos e tolerantes à toxicidade de alumínio em solo ácido e cultivo de sequeiro.

Em Capão Bonito, também houve correlação significativa entre produtividade de grãos e número de grãos por espiga (Tabela 5), assim como entre altura de plantas e número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e número de grãos por espiguetas (Tabela 6). Esses resultados concordaram, em parte, com os obtidos por SALOMON et al. (2003), CAMARGO et al. (2003 e 2005) e MISTRO & CAMARGO (2002).

Considerando-se os dados de Tatuí e Mococa (Tabelas 5 e 6), verificou-se que as correlações não foram observadas entre produtividade de grãos e altura das plantas com comprimento médio das raízes após tratamento com alumínio (Tabelas 5 e 6), isto é,

não houve tendência de as plantas mais altas e mais produtivas serem tolerantes à toxicidade de alumínio.

Esses resultados sugerem que os genótipos mais adaptados (mais produtivos) às condições de solo corrigido e com irrigação por aspersão independem do grau de tolerância à toxicidade de Al³⁺, concordando com CAMARGO et al. (2003). Esse fato ocorre talvez, devido às raízes da planta de trigo em solo irrigado e corrigido permanecerem na camada arável do solo, não necessitando buscar água em camadas mais profundas, onde o solo não foi corrigido, evitando assim o efeito da toxicidade de alumínio.

Nas condições de solo corrigido com calcário e com irrigação por aspersão, em Tatuí, verificou-se que as plantas mais produtivas foram associadas (0,54*) às de porte semianão mais alto (dado não apresentado), e com plantas tendo grãos mais pesados (0,76*) e com menor número de grãos por espiga (-0,47*) (Tabela 5). Nessa mesma condição, as plantas mais altas foram associadas àquelas exibindo espigas curtas (-0,66*) e com maior número de grãos por espiguetas (0,44*). Esses dados concordaram, em parte, com os de MISTRO & CAMARGO (2002).

Analisando-se os dados de Mococa, verificou-se não haver correlação entre produtividade de grãos e altura das plantas (dado não apresentado), bem como correlações entre essas características e o comprimento das espigas, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas, e massa de cem grãos.

Tabela 5 - estimativas das correlações simples entre a produção de grãos e o comprimento médio das raízes, após tratamento em solução nutritiva com a concentração de 6 mg L⁻¹ de Al³⁺, comprimento da espiga e componentes da produção, dos 20 genótipos de trigo avaliados no experimento de novas linhagens, em capão bonito, Tatuí e Mococa, em 2004. *Simple correlation estimates between grain yield and mean root length after treatment in nutrient solution with the concentration of 6 mg L⁻¹ of Al³⁺, head length and yield components, of the 20 wheat genotypes evaluated in the new inbred lines trial, in Capão Bonito, Tatuí and Mococa, in 2004.*

Características	Capão Bonito	Tatuí	Mococa
CR	0,73*	0,04	0,37
CE	-0,14	-0,25	-0,26
NEs/E	0,39	-0,40	-0,12
NG/E	0,44*	-0,47	0,04
NG/Es	0,16	-0,02	0,07
MG	0,26	0,76*	0,001

* Significativo a 5%. CR=comprimento das raízes; CE=comprimento da espiga; NEs/E= número de espiguetas por espiga; NG/E=número de grãos por espiga; NG/Es= número de grãos por espiguetas; MG=massa de cem grãos.

* Significant of the 5%. CR=root length; CE=head length; NEs/E=spikelets per head; NG/E=grains per head; NG/Es=grains per spikelet; MG=one hundred grain weight.

Tabela 6 – estimativas das correlações simples entre a altura das plantas e comprimento médio das raízes após tratamento em solução nutritiva com a concentração de 6 mg L⁻¹ de Al³⁺, comprimento da espiga e componentes da produção, dos 20 genótipos de trigo avaliados no experimento de novas linhagens, em capão bonito, Tatuí e Mococa, em 2004. *Simple correlation estimates between plant height and mean root length after treatment in nutrient solution with the concentration of 6 mg L⁻¹ of Al³⁺, head length and yield components, of the 20 wheat genotypes evaluated in the new inbred lines trial, in Capão Bonito, Tatuí and Mococa, in 2004.*

Características	Capão Bonito	Tatuí	Mococa
CR	0,50*	0,33	0,21
CE	0,30	-0,66*	-0,23
NEs/E	0,66*	-0,19	0,12
NG/E	0,81*	0,25	0,21
NG/Es	0,53*	0,44*	0,01
MG	-0,33	0,10	-0,24

* Significativo a 5%. CR=comprimento das raízes; CE=comprimento da espiga; NEs/E=número de espiguetas por espiga; NG/E=número de grãos por espiga; NG/Es= número de grãos por espiguetas; MG=massa de cem grãos.

* Significant of the 5%. CR=root length; CE=head length; NEs/E=spikelets per head; NG/E=grains per head; NG/Es=grains per spikelet; MG=one hundred grain weight.

Conclusões

1. A técnica de cruzamentos interespecíficos mostrou-se eficiente, permitindo o desenvolvimento de genótipos produtivos e portadores de características agrônomicas desejáveis.

2. As linhagens 12 e 14 e a cultivar IAC-24 destacaram-se quanto à produtividade de grãos em condições de sequeiro e de solo ácido de Capão Bonito, mostrando as plantas semianãs mais altas e com tolerância à toxicidade de alumínio.

3. A linhagem 19 sobressaiu-se quanto à produtividade, a linhagem 3 (Maya“S”SPRW“S”//SAP“S”/3/BUC“S”/4/IAC-225/5/IAC-1003) quanto ao comprimento das espigas, a 13 (IAC-60/IAC-1003) quanto ao número de grãos por espiga e a 10 (IAC-209/IAC-24//IAC-1003) quanto ao número de grãos por espiguetas, em solos ácidos corrigidos com calcário e com irrigação por aspersão.

4. Os genótipos mais produtivos, em Tatuí associaram-se com plantas semi-anãs mais altas e com grãos mais pesados e negativamente com plantas exibindo maior número de grãos por espiga.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro ao projeto e pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de mestrado.

Referências

CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P. **Varietades de trigo para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 20p. (Boletim Técnico, 163).

CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; GALLO, P. B.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; SANTOS, R. R.; SABINO, J. C. Melhoramento do trigo: XXIX. Avaliações de linhagens da espécie *Triticum durum* L. no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.54, n.1, p. 67-79, 1995 a.

CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; LOBATO, M. T. V. Tolerância de genótipos de trigo comum, trigo duro e tritcale à toxicidade de alumínio em soluções nutritivas. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p. 43-53, 2006.

CAMARGO, C. E. de O.; FELÍCIO, J. C.; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A.W. P.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; CASTRO, J. L. de. Melhoramento do trigo: XXVIII. Novos genótipos obtidos por seleções em população segregante interespecífica submetida à irradiação gama. **Bragantia**, Campinas, v.54, n.2, p.51-65, 1995 b.

CAMARGO, C. E. de O., FERREIRA FILHO, A.W. P.; FREITAS, J. G. Avaliação de genótipos de centeio, tritcale, trigo comum e trigo duro quanto à tolerância ao alumínio em solução nutritiva. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, n.2, p.227-232, 1998b.

- CAMARGO, C. E. de O., FERREIRA FILHO, A.W. P.; RAMOS, L. C. da S.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; CASTRO, J. L. de; FELÍCIO, J. C.; SALOMON, M. V.; MISTRO, J. C. Comportamento de linhagens diápidos de trigo em dois locais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.217-226, 2003.
- CAMARGO, C. E. de O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; TULMANN NETO, A.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; CASTRO, J. L. de; FELÍCIO, J. C.; MISTRO, J. C.; SALOMON, M. V. Avaliação de linhagens de trigo originárias de hibridação com e sem irradiação gama. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.61-74, 2005.
- CAMARGO, C. E. de O.; TULMANN NETO, A.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FELÍCIO, J. C.; CASTRO, J. L. de; PETTINELLI JÚNIOR, A. Novos genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) obtidos por irradiação gama. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.54, n.3, p.195-202, 1997.
- CAMARGO, C. E. de O.; OLIVEIRA, O. F. de. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. **Bragantia**, Campinas, v.40, n.2, p.21-31, 1981.
- CAMPINAS, INSTITUTO AGRONÔMICO. **Recomendações da Comissão Técnica de Trigo para 2002**. 3.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. 92p. (Série Tecnológica APTA, Boletim Técnico IAC, 167).
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Produção brasileira de grãos**. Disponível em: <www.agricultura.gov.br> Acesso em 20 jun 2005.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Informações técnicas da comissão centro-sul brasileira de pesquisa de trigo e triticle para a safra de 2005**. Londrina, 2005. 234p. Sistemas de Produção.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 2000. 477p.
- LOBATO, M. T. V.; CAMARGO, C. E. de O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; BARROS, B. C.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B. Avaliação de linhagens de trigo provenientes de cruzamentos interespecíficos em dois locais no Estado de São Paulo e em laboratórios. **Bragantia**, Campinas, v.65, 2007. no prelo.
- MISTRO, J. C.; CAMARGO, C. E. de O. Avaliação da produção de grãos e características agrônômicas em genótipos de trigo, em 1999 e 2000. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.1, p.35-42, 2002.
- SALOMON, M. V.; CAMARGO, C. E. de O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; CASTRO, J. L. de. Desempenho de linhagens diápidos de trigo obtidas via cultura de anteras quanto à tolerância ao alumínio, produção de grãos e altura de planta. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.189-198, 2003.

Recebido em 04-05-2007
Aceito para publicação em 14-10-2008