



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas

Vol. 40

Campinas, abril de 1981

Artigo n.º 7

MELHORAMENTO DO TRIGO.

II. ESTUDO GENÉTICO DE FONTES DE NANISMO PARA A CULTURA DO TRIGO (1)

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO (2) e OTÁVIO FRANCO DE OLIVEIRA, *Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agrônomo*

RESUMO

Os cultivares de porte anão Tordo, Vicam-71 e Olesen e o semi-anão 'Siete Cerros' foram cruzados com o cultivar de porte alto IAC-5. Os cultivares pais, os F_1 's, F_2 's e retrocruzamentos para ambos os pais foram plantados em um ensaio em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições na Estação Experimental de Itararé. Os dados de altura e produção foram obtidos na base de plantas individuais. Os cultivares escolhidos para este estudo representaram um largo espectro de diversidade genética para altura das plantas para as nossas condições. Foi observada dominância parcial para porte alto quando os cultivares Siete Cerros, Vicam-71 e Olesen foram cruzados com o 'IAC-5' e dominância parcial para porte baixo quando o 'Tordo' foi cruzado com 'IAC-5'. Os valores da herdabilidade no sentido amplo para a altura e produção de grãos foram alto e baixo respectivamente, ocorrendo o mesmo com os valores da herdabilidade no sentido restrito. Esses dados sugeriram que a seleção para altura seria efetiva nas gerações F_2 ou F_3 e, para produção, deveria ser postergada para gerações mais avançadas onde testes de progênies poderiam ser realizados. As correlações entre altura e produção dentro de cada cruzamento, devidas ao ambiente, fenotípica e genética, foram positivas, mostrando haver uma associação entre os dois caracteres, requerendo, portanto, grandes populações F_2 para assegurar maior frequência de recombinantes desejáveis. Todas as fontes de porte baixo foram eficientes em reduzir o porte do cultivar IAC-5, porém Tordo seria a melhor fonte pela ocorrência de maior frequência de indivíduos de porte baixo e com altas produções, nas populações estudadas.

1 — INTRODUÇÃO

O grande sucesso dos trigos semi-anões nos últimos quinze anos atraiu a atenção dos pesquisadores para a possibilidade da redução da

altura da planta para melhorar a resistência ao acamamento, proporção grão para palha e, possivelmente, produção de grãos. Embora haja uma tendência quase universal de desenvolver linhagens anãs, relativamente

(1) Trabalho apresentado na XI Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, Porto Alegre (RS), 1980. Recebido para publicação a 31 de julho de 1980.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

poucos cultivares anões foram lançados, comercialmente, na área de trigos de inverno dos Estados Unidos (in 15).

O sucesso do cruzamento entre os cultivares Norin-10 e Brevor-14 foi a grande contribuição da Revolução Verde na Ásia, sendo a base para seleções de linhas semi-anãs nas regiões tritícolas de todo o mundo (2).

Resultados recentes obtidos por STOSKOPF & FAIREY (15) mostraram que altura das plantas e produção de grãos foram correlacionadas positivamente ($r = 0,55^{**}$) numa população de 60 linhas avançadas do programa de Guelph-Canadá. ALLAN (1), HEYNE & CAMPBELL (7) e JOPPA (9) afirmaram que altura das plantas e produção de grãos foram correlacionadas positivamente nos trigos semi-anões e que os cultivares semi-anões mais altos tiveram as maiores produções. VOGEL et alii (16, 17) sugeriram que a altura média é um requisito para altos níveis de produção, mesmo em áreas abundantes em chuvas.

O cultivar mexicano Pitic-62 foi lançado no Canadá por produzir 24% a mais que os cultivares locais plantados na região Oeste (14), porém WALTON (18) observou que aquela superioridade diminuía sob condições de cultivo menos favoráveis.

Tem-se relatado que a altura das plantas em trigo é controlada por poucos genes. Três genes foram relatados por PAO et alii (13) como controladores dessa altura. Outros pesquisadores obtiveram resultados mostrando que a altura das plantas de trigo seria devida a dois pares de genes (16).

O presente trabalho tem por objetivo estudar a possibilidade de utilizar num programa de melhoramento genético do trigo outras fontes de nanismo, além daquelas provenientes do cruzamento entre os cultivares Norin-10 e Brevor-14, para se ter maior variabilidade genética e evitar o perigo do uso de um único germoplasma.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os cultivares de trigo Siete Cerros, Vicam-71, Tordo e Olesen foram cruzados com o IAC-5, de porte alto, selecionado pelo Instituto Agrônomico. O cultivar semi-anão Siete Cerros e o anão Vicam-71 foram introduzidos do CIMMYT-México, sendo originários da fonte de nanismo proveniente do cruzamento entre Norin-10 e Brevor-14. 'Tordo' é um cultivar anão proveniente da fonte de nanismo Tom Thumb e também foi introduzido do CIMMYT-México. 'Olesen', oriundo da Rodésia, é o mais baixo de todos os cultivares utilizados, tendo colmos grossos e palha forte.

As variedades utilizadas como pais, F_1 's, F_2 's e retrocruzamentos foram plantadas em um ensaio, empregando-se o delineamento de blocos ao acaso na Estação Experimental de Itararé. O experimento foi constituído de quatro repetições, com cada repetição composta de 42 linhas, a saber: os cinco cultivares utilizados como pais e os quatro F_1 provenientes dos cruzamentos foram p'antados cada um em uma linha, cada um dos quatro F_2 foi plantado em quatro linhas e os oito retrocruzamentos foram plantados cada um em três linhas.

Cada linha foi constituída de 2m de comprimento, espaçada uma da outra de 0,20m. Foram plantadas dez sementes por linha, de modo que uma planta fosse espaçada de outra de 0,20m. Foi plantado no início e no final de cada linha, bem como na primeira e última linha de cada bloco, o cultivar BH-1146, para minimizar o efeito da bordadura. As sementes do ensaio que não germinaram foram substituídas por outras de cevada visando manter a competição uniforme entre as plantas estudadas.

Anteriormente ao plantio, foi feita a aplicação de calcário na base de 4t/ha, seguida de uma adubação de 30kg de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, 90kg de P_2O_5 na forma de superfosfato simples, de 20kg de K_2O , na forma de cloreto de potássio.

Antes da aplicação de calcário e fertilizantes, foram retiradas amostras compostas das camadas de 0 a 30cm e 30 a 60cm do solo estudado, cujos resultados analíticos (3) foram os seguintes:

Determinações	0-30cm	30-60cm
M.O. %	10,7	4,0
pH	4,5	5,0
Al^{3+} (4)	2,2	1,4
Ca^{2+} (4)	0,5	0,1
Mg^{2+} (4)	0,4	0,1
K^+ (5)	92	80
P (5)	2	0

Os dados foram coletados na base de plantas individuais. A altura da planta foi medida em centímetro da superfície do solo até a ponta da espiga (excluindo as aristas) do colmo mais alto. A produção foi representada pelo peso em gramas de cada planta.

Os dados médios de altura e produção de cada genótipo em cada repetição, foram submetidos à análise

de variância, sendo o teste F utilizado para determinar diferenças significativas.

O grau de dominância para altura das plantas na geração F_1 e F_2 foi calculado, utilizando-se o método proposto por FALCONER (5). A heterose foi calculada para as duas características estudadas como a porcentagem de aumento do F_1 ou F_2 sobre a média dos pais, através da

(3) Análise efetuada pela Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agronômico, Campinas (SP).

(4) e.mg/100 ml de T.F.S.A. Teores trocáveis.

(5) $\mu g/ml$ de T.F.S.A.

fórmula descrita por MATZINGER et alii (12). A superioridade do F_1 ou F_2 sobre o melhor pai (heterobeliose) foi estimada usando a fórmula proposta por FONSECA & PATTERSON (6).

A herdabilidade no sentido amplo (proporção da variância genética total e variância fenotípica) foi calculada seguindo o método citado por BRIGGS & KNOWLES (3) e a herdabilidade no sentido restrito (proporção da variância genética aditiva e variância fenotípica) foi estimada pelo método de WARNER (19). Para altura, a herdabilidade no sentido restrito foi também calculada pela regressão da média dos F_2 's sobre os respectivos F_1 's e o coeficiente de determinação, pela correlação entre a média dos F_2 's e F_1 's correspondentes, segundo FALCONER (5).

As correlações fenotípicas, genotípicas e do ambiente foram usadas para estimar o grau de associação entre altura e produção para cada população. Como sugerido por FALCONER (5), as correlações, usando-se dados de F_1 , foram consideradas do ambiente, aquelas com dados de F_2 , correlações fenotípicas, e as correlações genéticas foram calculadas através da seguinte fórmula:

$$r_F = \sqrt{H_x} \sqrt{H_y} r_G + \sqrt{E_x} \sqrt{E_y} r_A$$

onde: r_F = correlação fenotípica entre altura e produção de grãos; r_A = correlação ambiental entre os mesmos caracteres; H = herdabilidade em sentido restrito, com subscrito x ou y conforme o caráter; $E = 1 - H$, também com subscritos de acordo com o caráter em estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A freqüência de distribuição para altura das plantas dos cultivares utilizados como pais, F_1 's e F_2 's, provenientes dos cruzamentos entre si, além dos retrocruzamentos, está representada graficamente nas figuras 1 a 4.

A análise de variância para altura e produção encontram-se no quadro 1 e as médias de cada genótipo, no quadro 2.

Aplicando-se o teste de Tukey a 5% para a comparação entre as alturas dos diferentes cultivares utilizados como pais, verificou-se que a diferença mínima significativa foi 17,32cm. Comparando-se os cultivares, verificou-se que o IAC-5 foi significativamente o mais alto, diferindo dos demais. O semi-anão 'Siete Cerros' diferiu significativamente dos cultivares anãos Tordo, Vicam-71 e Olesen. O 'Olesen' diferiu, estatisticamente, de todos os pais estudados e 'Tordo' e 'Vicam-71' não diferiram entre si.

Não houve diferenças significativas para altura, quando foram comparados pelo teste de Tukey os 4 F_1 's. As diferenças mínimas significativas para a comparação da média de altura das populações F_2 , BC_1 e BC_2 foram, respectivamente, 13,84cm, 12,40cm e 18,29cm. Comparando-se as médias das quatro populações F_2 , verificou-se que aquelas provenientes dos cruzamentos IAC-5/Siete Cerros e IAC-5/Vicam-71 foram as mais altas, não diferindo entre si, mas sendo estatisticamente diferentes dos F_2 provenientes dos híbridos 'IAC-5'/Tordo e IAC-5/Olesen, que também não diferiram entre si. Comparan-

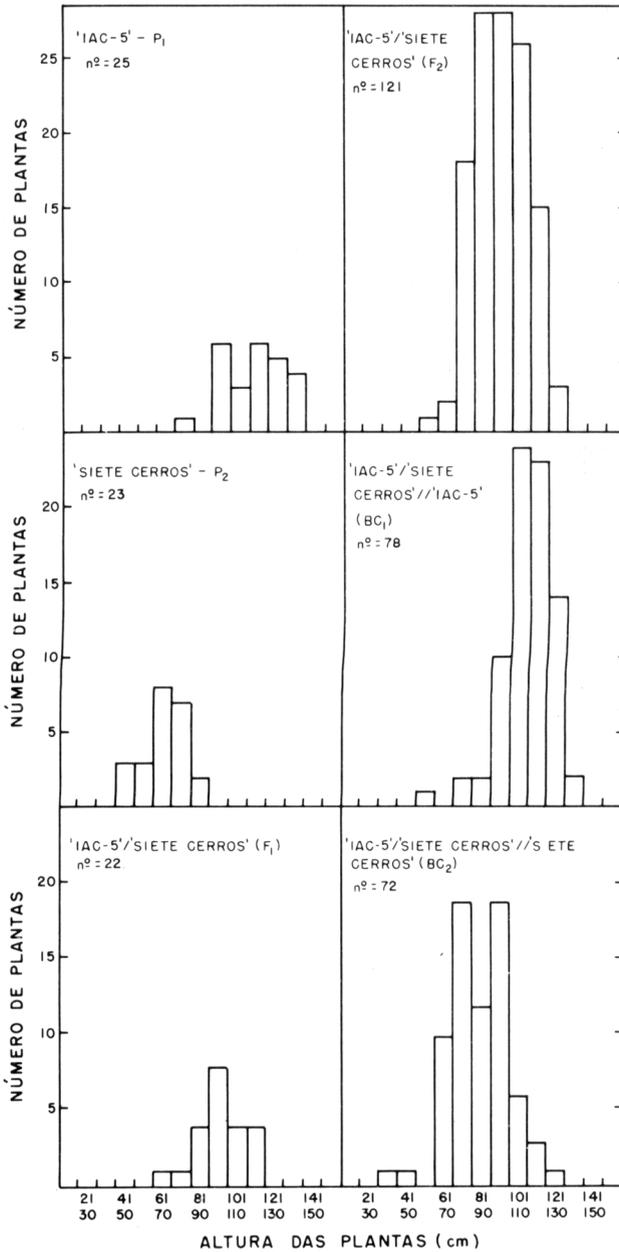


Figura 1. — Frequência da distribuição da altura das plantas dos pais e gerações F₁, F₂, BC₁ e BC₂ do cruzamento 'IAC-5' / 'Siete Cerros'.

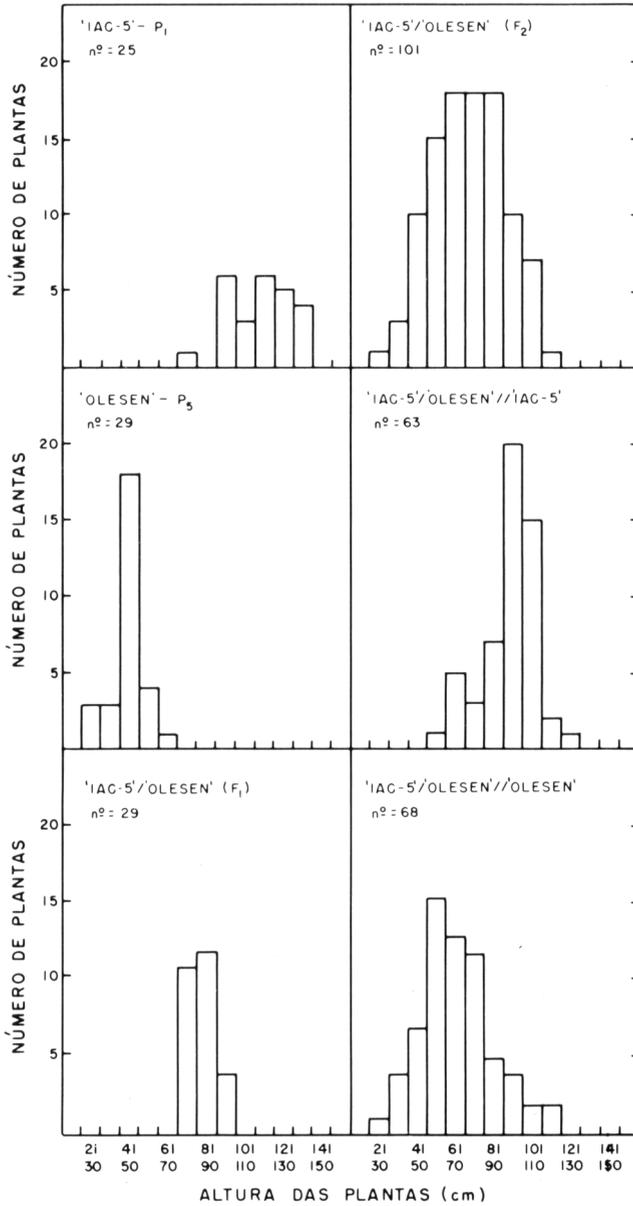


Figura 2. — Frequência da distribuição da altura das plantas dos pais e gerações F₁, F₂, BC₁ e BC₂ do cruzamento 'IAC-5/Vicam-71'

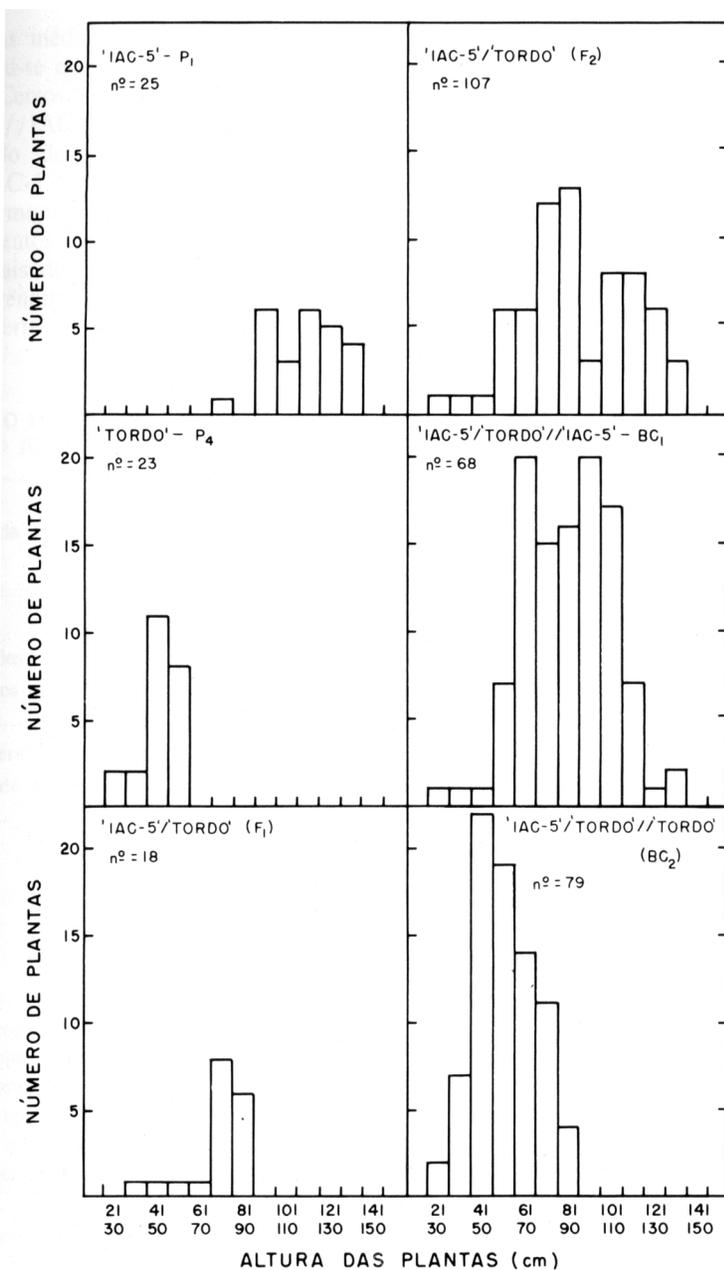


Figura 3. — Frequência da distribuição da altura das plantas dos pais e gerações F₁, F₂, BC₁ e BC₂ do cruzamento 'IAC-5'/'Tordo'

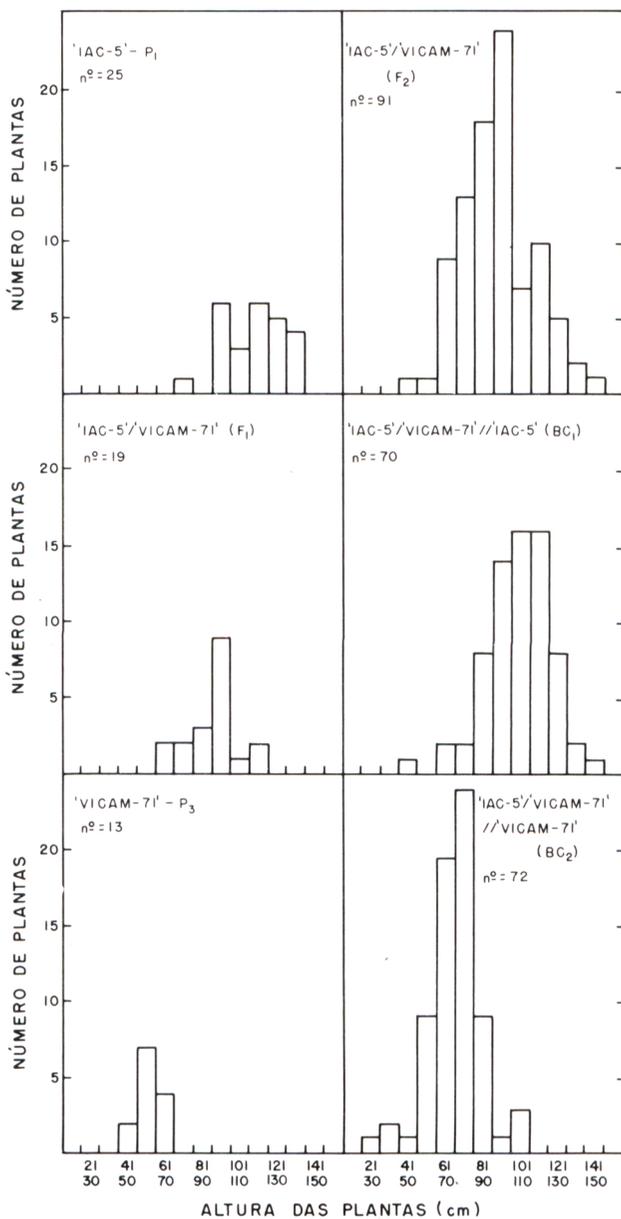


Figura 4. — Frequência da distribuição da altura das plantas dos pais e gerações F₁, F₂, BC₁ e BC₂ do cruzamento 'IAC-5/Olesen'

do-se as médias dos BC₁'s entre si, verificou-se que os genótipos IAC-5/Siete Cerros//IAC-5 e IAC-5/Vicam-71//IAC-5 foram os mais altos, diferindo do genótipo IAC-5/Tordo//IAC-5, que foi o mais baixo. Os germoplasmas provenientes dos cruzamentos entre os F₁ e os respectivos pais de porte baixo mostraram que o genótipo IAC-5/Siete Cerros//Siete Cerros foi o mais alto, diferin-

do, pelo teste de Tukey a 5%, do mais baixo, IAC-5/Tordo//Tordo.

Como não foram detectadas diferenças significativas entre os cultivares pais, entre os F₁'s e F₂'s e retrocruzamentos em relação à média de produção de grãos, os dados obtidos para altura das mesmas populações segregantes de cruzamentos entre um cultivar de porte alto com quatro fon-

QUADRO 1 — Análise de variância para altura e produção de diferentes genótipos de trigo plantados na Estação Experimental de Itararé

Causas da variação	GL	QM	
		Altura	Produção
		cm	g
Repetições	3	96,87	48,13
Genótipos	20	1.692,29**	69,08**
Entre gerações	4	3.525,55**	183,00**
Dentro de gerações	16	1.233,98**	40,60
Pais	4	3.500,87**	56,49
F ₁ 's	3	500,70	44,87
F ₂ 's	3	547,01**	29,12
BC ₁ 's	3	356,02**	31,92
BC ₂ 's	3	509,68**	35,28
Pais x repetições	12	56,98	25,01
F ₁ 's x repetições	9	134,73	78,82
F ₂ 's x repetições	9	39,19	9,69
BC ₁ 's x repetições	9	31,48	24,01
BC ₂ 's x repetições	9	68,51	11,58
Entre gerações x repetições	12	48,41	26,73
Genótipos x repetições	60	62,16	28,96
Total	83		

(**) Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

tes de nanismo, indicaram que todos os cultivares de baixa estatura poderiam ser eficientemente utilizados no desenvolvimento dos semi-anões. 'Tordo' seria a melhor fonte, devido à maior frequência de indivíduos de porte baixo, encontrados nas populações segregantes onde esse cultivar fez parte do cruzamento.

Os graus de dominância para altura das plantas na geração F_1 e F_2 encontram-se no quadro 3 e os valores de heterose e heterobeltiose para altura e produção de grãos no quadro 4.

Os dados obtidos sugerem que os genes para porte baixo encontrados nos cultivares Siete Cerros, Vicam-71 e Olesen têm um comportamento parcialmente recessivo, porém os genes encontrados no 'Tordo' mostraram dominância parcial para porte baixo, o que está de acordo com os resultados obtidos por LEON (11).

Os valores de heterose e heterobeltiose calculados para produção de grãos mostraram que o cruzamento IAC-5/Vicam-71 apresentou grande potencial de produção, sugerindo

QUADRO 2 — Médias de altura e produção dos vinte e um genótipos de trigo estudados no ensaio plantado na Estação Experimental de Itararé

Genótipos	Altura	Produção
	cm	g
IAC-5 (P_1)	110,79	13,92
Siete Cerros (P_2)	68,61	7,15
Vicam-71 (P_3)	57,17	10,24
Tordo (P_4)	46,97	6,74
Olesen (P_5)	33,07	4,12
P_1/P_2 (F_1)	97,97	14,04
P_1/P_3 (F_1)	92,29	20,27
P_1/P_4 (F_1)	73,05	14,14
P_1/P_5 (F_1)	81,00	12,85
P_1/P_2 (F_2)	94,38	12,57
P_1/P_3 (F_2)	92,94	15,62
P_2/P_4 (F_2)	75,83	13,57
P_3/P_5 (F_2)	71,50	9,16
$P_1/P_2/P_1$ (BC_1)	109,73	20,08
$P_1/P_2/P_2$ (BC_2)	84,30	12,67
$P_1/P_3/P_1$ (BC_1)	103,48	13,62
$P_1/P_3/P_3$ (BC_2)	69,99	13,16
$P_1/P_4/P_1$ (BC_1)	87,85	16,02
$P_1/P_4/P_4$ (BC_2)	57,11	6,89
$P_1/P_5/P_1$ (BC_1)	96,20	14,71
$P_1/P_5/P_5$ (BC_2)	66,41	9,21

QUADRO 3 — Grau de dominância para altura das plantas na geração F_1 e F_2 de cruzamentos entre o cultivar IAC-5, de porte alto, e quatro outros cultivares de porte baixo

Cruzamentos entre cultivares	Grau de dominância*	
	F_1	F_2
	n.º	n.º
IAC-5/Siete Cerros	0,392	0,222
IAC-5/Vicam-71	0,309	0,334
IAC-5/Tordo	-0,183	-0,096
IAC-5/Olesen	0,285	-0,011

(*) Grau de dominância igual a +1 significa dominância completa dos genes que condicionam porte alto e -1 significa dominância completa dos genes que condicionam porte baixo.

QUADRO 4 — Heterose e heterobeltiose para altura e produção de grãos das gerações F_1 e F_2 de cruzamentos entre o cultivar IAC-5, de porte alto, e quatro outros cultivares de porte baixo

Cruzamentos entre cultivares	Heterose*		Heterobeltiose**	
	F_1	F_2	F_1	F_2
	Altura			
	%	%	%	%
IAC-5/Siete Cerros	9,22	5,22	- 11,57	- 14,81
IAC-5/Vicam-71	9,90	10,67	- 16,70	- 16,11
IAC-5/Tordo	- 7,39	- 3,87	- 34,06	- 31,56
IAC-5/Olesen	12,61	- 0,60	- 26,88	- 35,46
	Produção de grãos			
	%	%	%	%
IAC-5/Siete Cerros	33,21	19,26	0,86	- 9,70
IAC-5/Vicam-71	67,80	29,30	45,62	12,21
IAC-5/Tordo	36,88	31,36	1,58	- 2,51
IAC-5/Olesen	42,46	1,55	- 7,69	- 34,20

(*) Calculada como a porcentagem de aumento do F_1 ou F_2 sobre a média dos pais.

(**) Calculada como a porcentagem de aumento do F_1 ou F_2 sobre a média do pai superior.

ter esse híbrido alta capacidade específica de combinação.

O valor da herdabilidade no sentido amplo para altura foi elevado, indicando que é de origem genética grande parte da variação observada nas populações estudadas. As herdabilidades no sentido restrito, estimadas para altura, foram elevadas e consistentes, porém menores que aquela estimada no sentido amplo. Isso indica que grande parte da variabilidade genética total, para altura, está associada a uma ação aditiva dos genes ou devida a genes que se comportam de maneira aditiva. Como também foi obtido alto coeficiente de determinação para altura, os dados sugeriram que a seleção realizada nas gerações F_2 ou F_5 para altura de planta teria sido efetiva.

Os baixos valores de herdabilidade obtidos para a produção indicaram que a seleção para a produção de

grãos deveria ser efetuada nas últimas gerações, quando o valor genético da progênie poderia ser mais precisamente determinado. Esses dados concordam com os obtidos para trigos de inverno por JOHNSON et alii (8), KRONSTAD & FOOTE (10) e CARMARGO et alii (4).

As correlações de ambiente, fenotípicas e genéticas entre altura e produção de grãos para os cruzamentos entre IAC-5 e quatro fontes de nanismo, positivas e altamente significativas, encontram-se no quadro 6. A significância dessas correlações sugere que esses caracteres tendem a permanecer associados nas progênies desses cruzamentos. Em virtude de se terem observado plantas semi-anãs nas populações segregantes dos diferentes cruzamentos, poder-se-ia obter plantas semi-anãs com alto potencial de produção, desde que grandes populações F_2 fossem estudadas para assegurar maior frequência de recombinantes desejáveis.

QUADRO 5 — Estimativas das herdabilidades no sentido amplo (H_{BS}) e no sentido restrito (H_{NS}) para altura e produção de grãos e estimativa do coeficiente de determinação (r^2) para altura, derivados de dados obtidos nas gerações parentais, F_1 's, F_2 's, BC_1 's e BC_2 's de cruzamentos entre o cultivar IAC-5, de porte alto, e quatro outros cultivares fontes de nanismo

Caráter	H_{BS}	H_{NS}		r^2
		Método 1 *	Método 2 *	
Altura	0,878	0,815	0,929	0,790 **
Produção de grãos	0,296	0,259	—	—

(*) O método 1 foi aquele proposto por WARNER (19) e o método 2, estimado pela regressão do F_2 sobre o F_1 , proposto por FALCONER (5).

(**) Significativo ao nível de 1%.

QUADRO 6 — Correlações de ambiente (r_A), fenotípicas (r_F) e genéticas (r_G) entre altura e produção de grãos para cruzamentos de trigo envolvendo o cultivar IAC-5, de porte alto, e quatro cultivares de porte baixo

Cruzamentos entre cultivares	r_A	r_F	r_G
IAC-5/Siete Cerros	0,525 *	0,536 **	0,744
IAC-5/Vicam-71	0,679 **	0,633 **	0,831
IAC-5/Tordo	0,559 *	0,465 **	0,565
IAC-5/Olesen	0,729 **	0,579 **	0,673

(*) Significativo ao nível de 5%.

(**) Significativo ao nível de 1%.

4. CONCLUSÕES

a) Os cultivares escolhidos para esse estudo representaram largo espectro de diversidade genética para altura de plantas para as nossas condições.

b) Os cultivares de porte baixo Siete Cerros, Vicam-71 e Olesen, quando em cruzamentos com o alto 'IAC-5', mostraram dominância parcial para porte alto; por outro lado, em cruzamentos entre 'Tordo' e 'IAC-5', verificou-se dominância parcial para porte baixo.

c) O valor da herdabilidade no sentido amplo para altura foi elevado, porém para produção de grãos foi baixo, indicando que grande parte da variabilidade encontrada nas populações segregantes para altura foi de origem genética, sendo que, para a produção, a maior parte da variação foi devida ao ambiente.

d) Altos valores foram calculados para a herdabilidade no sentido restrito para altura da planta, indicando que a seleção para essa caracterís-

tica seria efetiva nas gerações F_2 ou F_3 de cada cruzamento.

e) O baixo valor da herdabilidade no sentido restrito para produção de grãos sugere que a seleção para esse caráter deveria ser postergada para gerações mais avançadas, onde testes de progênies poderiam ser realizados.

f) As correlações fenotípica, genotípica e de ambiente, entre altura e produção, foram significativas e positivas, mostrando haver associação entre os dois caracteres; portanto, o estudo de grandes populações F_2 seria de grande interesse para assegurar maior frequência de recombinantes desejáveis.

g) Todas as fontes de nanismo estudadas foram eficientes para a redução do porte do cultivar IAC-5, porém o anão Tordo seria a melhor fonte pela ocorrência da maior frequência de indivíduos de porte baixo com altas produções nas populações estudadas.

h) O emprego específico de outras fontes de nanismo, além daquela

proveniente do cruzamento entre Norin-10 e Brevor-14 nos diferentes programas de melhoramento genético do trigo, deveria ser estimulado,

evitando-se, portanto, problemas futuros devidos à falta de variabilidade genética, ocasionada pelo uso irrestrito de um mesmo germoplasma.

WHEAT BREEDING

II. GENETIC STUDIES OF DIFFERENT SOURCES OF DWARFISM IN WHEAT

SUMMARY

Standard height cultivar IAC-5 was crossed with the semidwarf cultivar Siete Cerros and the dwarf cultivars Tordo, Vicam-71 and Olesen. Parents, F_1 's, F_2 's and reciprocal backcrosses were tested for grain yield and height in an experiment carried out at Itararé Experimental Station. All data were determined on an individual plant basis.

It was observed partial dominance for tall plants when Siete Cerros, Vicam-71 and Olesen were crossed with IAC-5 and partial dominance for short plants when Tordo was crossed with IAC-5.

Broad sense heritability for plant height and grain yield showed high and low values, respectively. Narrow sense heritability and coefficient of determination for plant height were high. Narrow sense heritability for grain yield was low. Results suggest it would be possible to select plant types with semi-dwarf and dwarf height levels in the F_2 or F_3 populations and for yield in later generations where progeny tests would be possible.

Height and yield correlations were also computed for all crosses. In general the magnitude of the environmental, phenotypic and genetic correlations were high and consistent for all crosses.

Segregating populations from crosses between the tall cultivar IAC-5 and different sources of dwarfism indicated that the short stature sources could be used efficiently in a breeding program toward the development of semi-dwarf or dwarf wheat cultivars with high yield potential. However, large F_2 populations would be required to ensure the frequency of desired recombinants. Tordo would be the best source due to the higher frequency of short statured individuals.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALLAN, R. E. Differentiating between two Norin 10/Brevor 14 semi-dwarf genes in a common genetic background. *Seiken Zihou*, 22:83-90, 1970.
2. ATHWAL, D. S. Semi-dwarf rice and wheat in global food needs. *Quarterly Review of Biology*, 46:1-34, 1971.
3. BRIGGS, F. N. & KNOWLES, P. F. Introduction to plant breeding. Davis, Reinhold Publishing Corporation, 1977. 426p.
4. CAMARGO, C. E. O.; KRONSTAD, W. E.; METZGER, R. Parent-progeny regression estimates and associations of height levels with aluminum toxicity and grain yield in wheat. *Crop Science*, 20:355-358, 1980.
5. FALCONER, D. S. Introduction to quantitative genetics. New York, Ronald Press, 1960. 365p.

6. FONSECA, S. & PATTERSON, F. L. Yield components, heritabilities and interrelationships in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*, 8:614-617, 1968.
7. HEYNE, E. G. & CAMPBELL, L. G. Experiments with semi-dwarf wheats in Kansas. *Transactions Kansas Academy Science*, 74:147-156, 1971.
8. JOHNSON, V. A.; BIEVER, K. J.; HAUNOLD, A.; SCHMIDT, J. W. Inheritance of plant height, yield of grain, and other plant and seed characteristics in a cross of hard red winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*, 6:336-338, 1966.
9. JOPPA, L. R. Agronomic characteristics of near-isogenic tall and semi-dwarf lines of durum wheat. *Crop Science*, 13:743-746, 1973.
10. KRONSTAD, W. E. & FOOTE, W. H. General and specific combining ability estimates in winter wheat (*Triticum aestivum* Vill., Host). *Crop Science*, 4:616-619, 1964.
11. LEON, J. L. M. Combining ability of agronomic traits involving three sources of dwarfism in wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). Oregon State University, 1975. 116f. (Ph.D. Thesis)
12. MATZINGER, D. F.; MANN, T. J.; COCKERHAM, C. C. Diallel cross in *Nicotiana tabacum*. *Crop Science*, 2:383-386, 1962.
13. PAO, W. K.; LI, C. H.; CHEN, C. W.; LI, H. W. Inheritance of dwarfness in common wheat. *Journal American Society Agronomy*, 36:417-428, 1944.
14. PERSI, A. R. Canadians license two new wheat varieties. *Foreign Agriculture*, 7(6):5, 1969.
15. STOSKOPF, N. C. & FAIREY, D. T. Asynchronous tiller maturity a potential problem in the development of dwarf winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Breeding Abstracts*, 45:467-472, 1975.
16. VOGEL, O. A.; CRADDOCK, J. C.; MUIR, J. R.; EVERSON, C. E.; ROHDE, E. H. Semi-dwarf growth habit in winter wheat improvement for the Pacific Northwest. *Agronomy Journal*, 48:76-78, 1956.
17. ———; ALLAN, R. E.; PETERSON, C. J. Plant and performance characteristics of semi-dwarf winter wheats producing most efficiently in Eastern Washington. *Agronomy Journal*, 55:397-398, 1963.
18. WALTON, P. D. Spring wheat variety trials in the Prairie Provinces. *Canadian Journal Plant Science*, 48:601-609, 1968.
19. WARNER, J. N. A method for estimating heritability. *Agronomy Journal*, 7:427-430, 1952.