

MELHORAMENTO DO TRIGO.  
X. ESTIMATIVAS DA HERDABILIDADE  
E CORRELAÇÕES ENTRE TOLERANCIA  
À TOXICIDADE DE ALUMÍNIO E PRODUÇÃO  
DE GRÃOS COM OUTROS CARACTERES  
AGRONÔMICOS EM TRIGO <sup>(1)</sup>

CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA CAMARGO, *Seção de Arroz e Cereais de Inverno, Instituto Agronômico.*

**RESUMO**

Visando estimar a herdabilidade para várias características da planta de trigo (tolerância ao  $Al^{3+}$ , altura, produção de grãos, número de espigas, número de espiguetas e de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas, peso de cem grãos e comprimento da espiga), bem como as correlações entre produção de grãos com sete caracteres agronômicos e aquelas entre tolerância ao alumínio com produção de grãos, altura das plantas e número de grãos por espiguetas (fertilidade da espiga), foram efetuados cruzamentos entre o cultivar de porte semi-anão Alondra S-46, e os de porte alto 'IAC-5', 'BH-1146' e 'C-3'. Plântulas representando os pais, as gerações  $F_1$  e  $F_2$  e os retrocruzamentos para ambos os pais foram testados para a reação a 6mg/litro de  $Al^{3+}$  em solução nutritiva. As plantas, devidamente identificadas, foram transplantadas em número de quatro por vaso, empregando-se no total 500 vasos dispostos em quatro blocos ao acaso. Os dados referentes à produção de grãos e a outros caracteres agronômicos foram obtidos de plantas individuais. Os valores da herdabilidade no sentido

---

(1) Com verba suplementar do Acordo do Trigo entre as Cooperativas de Produtores Rurais do Vale do Paranapanema e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento, por meio do Instituto Agronômico. Recebido para publicação a 1º de setembro de 1983.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

restrito para comprimento da espiga, número de grãos por espiga, peso de cem grãos e altura da planta foram 0,885; 0,748; 0,760 e 0,720 respectivamente, e de 0,413 e 0,588 para número de espigas por planta e de espiguetas por espiga. Para os demais caracteres estudados, os valores estimados foram baixos, variando de 0,072 a 0,224. Esses resultados indicaram que grande parte da variabilidade genética total para comprimento da espiga, número de grãos por espiga, peso de cem grãos e altura das plantas está associada a uma ação aditiva dos genes. Nas populações estudadas, a característica produção de grãos foi correlacionada significativamente com todos os caracteres agronômicos estudados com exceção do caráter número de espiguetas por espiga. Nessas populações, a tolerância ao alumínio não foi associada com altura das plantas (com exceção da Alondra S-46 x IAC-5), produção de grãos e número de grãos por espiguetas, sugerindo que seria possível selecionar plantas tolerantes ao  $Al^{3+}$ , de porte médio, com maior fertilidade da espiga e com o potencial produtivo do cultivar Alondra-S-46.

## 1. INTRODUÇÃO

A toxicidade do alumínio é um dos fatores de maior limitação à produção de trigo em solos ácidos (13). De forma geral, os cultivares adaptados para essas condições são altos, sensíveis ao acamamento, e apresentam poucas flores férteis e grãos por espiga, resultando em baixa produção de grãos.

Os cultivares de trigo semi-anões desenvolvidos principalmente no Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), México, aumentaram em muitos países a produtividade desse cereal mediante maior resistência ao acamamento e eficiência fotossintética (12). Entretanto, tais cultivares não são adaptados a solos ácidos com altos níveis de alumínio trocável ou solúvel.

Diferenças observadas para a tolerância ao alumínio entre cultivares de uma mesma espécie sugerem a possibilidade de aumentar a tolerância ao alumínio dos cultivares comerciais pelo melhoramento genético (8).

Resultados obtidos por CAMARGO et alii (2) mostraram que seria possível selecionar plantas que combinavam tolerância ao Al, porte semi-anão e alto potencial produtivo, requerendo, para isso, grandes populações  $F_2$  para assegurar maior frequência de recombinantes desejáveis.

A herdabilidade de um caráter agronômico descreve a extensão por que ele é transmitido de uma geração para outra, porém ela é dependente do ambiente para o qual os indivíduos estão sendo selecionados (6, 10).

O estudo das associações entre os componentes de produção de uma população híbrida permite saber se os componentes são geneticamente dependentes ou independentes, isto é, se tendem ou não em permanecer associados nas progênies durante os sucessivos ciclos de seleção (7, 9).

O presente trabalho tem por objetivo estudar a herdabilidade em sentido restrito para oito caracteres agronômicos, e as associações entre a tolerância a 6mg/litro de  $Al^{3+}$  em solução nutritiva e a produção de grãos com caracteres agronômicos, a partir de populações híbridas de trigo originárias de cruzamentos entre três cultivares de porte alto e tolerantes ao alumínio e um cultivar de porte baixo e sensível ao alumínio.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Dos quatro cultivares estudados — Alondra S-46 ( $P_1$ ), IAC-5 ( $P_2$ ), C-3 ( $P_3$ ) e BH-1146 ( $P_4$ ) — C-3, BH-1146 e IAC-5 são de porte alto e tolerantes a 6mg/litro de  $Al^{3+}$  na solução nutritiva, ao passo que o Alondra S-46 é sensível a essa concentração de alumínio (5).

Foram obtidas as sementes  $F_1$  e  $F_2$  dos cruzamentos Alondra S-46 x IAC-5 ( $P_1 \times P_2$ ), Alondra S-46 x C-3 ( $P_1 \times P_3$ ) e Alondra S-46 x BH-1146 ( $P_1 \times P_4$ ), como também as sementes dos retrocruzamentos para ambos os pais, a saber: ( $P_1 \times P_2$ ) x  $P_1$ , ( $P_1 \times P_2$ ) x  $P_2$ , ( $P_1 \times P_3$ ) x  $P_1$ , ( $P_1 \times P_3$ ) x  $P_3$ , ( $P_1 \times P_4$ ) x  $P_1$  e ( $P_1 \times P_4$ ) x  $P_4$ .

Os pais,  $F_1$ 's,  $F_2$ 's e retrocruzamentos para ambos os pais foram testados para tolerância a 6mg/litro de  $Al^{3+}$ , conforme método já publicado (5, 11).

Foram testadas em soluções nutritivas contendo 6mg/litro de  $Al^{3+}$ , 80 sementes uniformes de cada cultivar utilizado como progenitor e de cada cruzamento em geração  $F_1$ , e 160 sementes de cada cruzamento em geração  $F_2$  e de cada retrocruzamento. Após a avaliação da tolerância ao  $Al^{3+}$ , as plântulas foram transplantadas para vasos preenchidos com solo adubado e sem alumínio trocável colocados no telado contra o ataque de pássaros, no Centro Experimental de Campinas. Anteriormente ao transplante, foram retiradas amostras compostas do solo dos vasos, e cujos resultados analíticos (3) foram os seguintes:

Determinações	Teores dos elementos no solo estudado
M.O. (%) .....	8,1
pH .....	6,6
$Al^{3+}$ (4) .....	0,0
$Ca^{2+}$ (4) .....	10,4
$Mg^{2+}$ (4) .....	4,0
$K^+$ (5) .....	200
P (5) .....	100 +

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

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

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

As plântulas devidamente identificadas quanto à tolerância a 6mg/litro de  $Al^{3+}$ , em solução nutritiva, foram plantadas equidistantes uma da outra em número de quatro por vaso.

O delineamento estatístico empregado foi blocos ao acaso com 16 tratamentos, incluindo os quatro pais, três  $F_1$ 's, três  $F_2$ 's e seis retrocruzamentos. Cada repetição foi formada por cinco vasos de cada progenitor e híbrido em geração  $F_1$  e por dez vasos de cada híbrido em geração  $F_2$  e para cada retrocruzamento. O conjunto das quatro repetições foi constituído de 500 vasos de plástico preto de aproximadamente 25cm de altura e 20cm de diâmetro. Os vasos foram distribuídos distantes um do outro 10cm na linha e 40cm entre linhas. Foi plantada uma linha adicional de vasos contornando o experimento, visando minimizar os efeitos de bordadura.

Os dados, coletados na base de plantas individuais, foram os seguintes:

**Tolerância ao alumínio** — Considerada como crescimento, em milímetro, da raiz primária central em 72 horas na solução nutritiva completa, após um tratamento de 48 horas em solução nutritiva contendo 6mg/litro de  $Al^{3+}$ .

**Altura da planta** — Medida, em centímetros, do nível do solo até o ápice das espigas, excluindo as aristas.

**Espigas por planta** — Considerado apenas o número de colmos com espigas férteis.

**Produção de grãos** — Peso, em gramas, da produção total de grãos de cada planta.

**Comprimento da espiga** — Medida, em centímetros, da espiga do colmo principal, excluindo as aristas.

**Espiguetas** — Computado o número de espiguetas do colmo principal.

**Grãos por espiga** — Número total de grãos da espiga do colmo principal.

**Grãos por espiguetas** — Número resultante da divisão do total de grãos da espiga principal pelo total de espiguetas da mesma espiga.

**Peso de cem grãos** — Peso, em gramas, de cem grãos coletados ao acaso na produção total da planta.

Todos os caracteres estudados foram sujeitos à análise de variância, e o teste F foi utilizado para determinar diferenças significativas. A média de cada genótipo em cada repetição foi usada na análise de variância, cujos efeitos de geração foram divididos em componentes para detectar diferenças dentro de e entre gerações. A estimativa da herdabilidade em sentido restrito foi calculada pela regressão da média dos  $F_2$  em cada repetição sobre os respectivos  $F_1$  segundo FALCONER (6).

As correlações fenotípicas, genotípicas e ambientes foram usadas para estimar o grau de associação entre a produção de grãos e sete outros caracteres agrônômicos para cada uma das três populações ( $P_1 \times P_2$ ,  $P_1 \times P_3$  e  $P_1 \times P_4$ ). Foram também calculadas as correlações fenotípicas e ambientes entre a tolerância ao alumínio e produção de grãos, altura e número de grãos por espiguetas. Como sugerido por FALCONER (6), as correlações usando dados de  $F_1$  foram consideradas ambientes, aquelas com dados de  $F_2$ , fenotípicas, e as correlações genéticas foram calculadas pela 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 os caracteres x e y;  $r_G$  = correlação genotípica entre x e y;  $r_A$  = correlação ambiente entre x e y; H = herdabilidade em sentido restrito com índice x ou y de acordo com o caráter E = 1 - H, também com índices de acordo com o caráter.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância para comprimento da raiz (tolerância ao  $Al^{3+}$ ), comprimento da espiga, número de espiguetas e de grãos por espiga, peso de cem grãos, número de grãos por espiguetas, altura das plantas, número de espigas por planta e produção de grãos encontram-se no quadro 1, e, as médias de cada genótipo para cada um dos caracteres estudados, no quadro 2.

Aplicando o teste de Tukey a 5% para a comparação entre o comprimento da raiz, após um período de 72 horas em solução nutritiva completa, seguido de um crescimento de 48 horas em solução contendo 6mg/litro de  $Al^{3+}$ , verificou-se que o 'Alondra S-46' foi sensível a essa concentração de  $Al^{3+}$ , diferindo significativamente dos cultivares tolerantes IAC-5, C-3 e BH-1146, que, por sua vez, não diferiram entre si. Não foram detectadas diferenças significativas entre os  $F_1$ 's,  $RC_1$ 's e  $RC_2$ 's em relação à tolerância ao  $Al^{3+}$ . Em geração  $F_2$  o híbrido Alondra S-46 x IAC-5 foi o menos tolerante, diferindo do híbrido Alondra S-46 x C-3, que foi o mais tolerante, porém não do híbrido Alondra S-46 x BH-1146.

Em relação ao comprimento da espiga, o 'C-3' apresentou as espigas mais compridas, diferindo significativamente dos cultivares Alondra S-46, IAC-5 e BH-1146. Este apresentou as espigas mais curtas, diferindo significativamente dos demais. O híbrido Alondra S-46 x C-3 em geração  $F_1$  e  $F_2$  diferiu dos demais, com as espigas mais compridas. O híbrido (Alondra S-46 x C-3) x Alondra S-46 apresentou espigas mais longas que as do híbrido (Alondra S-46 x IAC-5) x Alondra S-46, não diferindo deste, porém diferindo das do híbrido (Alondra S-46 x BH-1146) x Alondra S-46. O híbrido (Alondra S-46 x IAC-5) x IAC-5 apresentou espigas mais compridas que os demais, não diferindo do híbrido (Alondra S-46 x C-3) x C-3, porém diferindo do (Alondra S-46 x BH-1146) x BH-1146.

QUADRO 1. Análise de variância para comprimento médio das raízes medidas após 72 horas de crescimento em solução nutritiva completa, com um pré-crescimento de 48 horas em solução nutritiva contendo 6mg/litro de Al<sup>3+</sup>, para produção média de grãos e para sete outros caracteres agrônômicos de diferentes genótipos de trigo plantados em condição de vasos no telado contra passáros, no Centro Experimental de Campinas

Causas de variação	GL	QM										
		Comprimen- to da raiz	Comprimento da espiga	Espigue- tas/espiga	Grãos/ /espiga	Peso de cem grãos	Grãos/ /espiguetta	Altura. da planta	Espigas/ /planta	Produção de grãos		
		mm	cm	n°	n°	g	n°	cm	n°	g	n°	
Repetições	3	84,84**	0,74**	2,10**	12,25	0,69**	0,004	254,41**	0,50	5,48**		
Genótipos	15	306,41**	6,56**	10,38**	150,42**	0,60**	0,089**	340,37**	1,03**	4,59**		
Entre gerações	4	659,46**	4,59**	6,72**	156,88**	0,79**	0,128**	283,49**	1,55**	11,06**		
Dentro de gerações	11	178,03**	7,27**	11,72**	148,44**	0,53**	0,075**	361,05**	0,84**	2,23		
Pais	3	597,18**	12,90**	13,55**	221,32**	1,09**	0,167**	1078,52**	1,14*	5,36		
F <sub>1</sub> 's	2	2,90	8,15**	18,92**	179,71**	0,73**	0,024	132,04**	2,11**	2,48		
F <sub>2</sub> 's	2	24,92*	7,02**	7,47**	161,46**	0,51**	0,070*	134,60**	0,41	0,33		
RC <sub>1</sub> 's	2	7,80	1,89**	4,99**	60,22**	0,04	0,064**	38,81*	0,12	1,27		
RU <sub>2</sub> 's	2	47,77	3,61**	12,76**	83,06**	0,01	0,033	62,58	0,28	0,17		
Pais x repetições	9	28,77	0,15	0,48	9,18	0,08	0,017	11,31	0,22	1,89		
F <sub>1</sub> 's x repetições	6	8,17	0,06	0,22	8,92	0,02	0,012	9,66	0,09	0,94		
F <sub>2</sub> 's x repetições	6	3,35	0,13	0,43	5,81	0,04	0,010	5,39	0,20	0,56		
RC <sub>1</sub> 's x repetições	6	4,76	0,04	0,31	3,32	0,02	0,005	6,68	0,26	1,07		
RC <sub>2</sub> 's x repetições	6	9,40	0,06	0,07	0,75	0,02	0,003	22,74	0,13	0,61		
Entre ger. x rep.	12	7,64	0,12	0,29	2,86	0,01	0,005	7,47	0,17	1,18		
Dentro ger. x rep.	33	12,51	0,09	0,32	5,92	0,04	0,010	11,17	0,18	1,09		
Genótipos x rep.	45	11,21	0,10	0,31	5,11	0,03	0,009	10,18	0,18	1,12		
Total	63											

\* Significativo a 5% pelo teste F. \*\* Significativo a 1% pelo teste F.

QUADRO 2. Médias e diferenças mínimas significativas para o comprimento médio das raízes após 72 horas de crescimento em solução nutritiva completa com um pré-crescimento de 48 horas em solução nutritiva contendo 6mg/litro de Al<sup>3+</sup> para produção média de grãos e para sete caracteres agrônômicos estudados no ensaio plantado em condição de vaso no telado contra pássaros, no Centro Experimental de Campinas

Genótipos	Comprimen- to da raiz		Comprimen- to da espiga	Espigue- tas/espiga	Grãos/ /espiga	Peso de cem grãos	Grãos/es- pigueta	Altura da planta	Espigas/ /planta	Produção de grãos
	mm	cm								
Pais										
Alondra S-46 (P1)	1,2	12,2	23,8	58,0	4,62	2,45	87,4	6,6	11,43	
IAC-5 (P2)	29,0	10,8	23,9	47,4	5,11	1,99	115,8	5,9	10,52	
C-3 (P3)	22,9	13,5	23,6	52,7	3,90	2,21	126,3	7,1	8,66	
BH-1146 (P4)	22,8	9,3	20,1	40,6	4,84	2,05	109,0	7,0	10,42	
d.m.s. (5%)	11,9	0,9	1,5	6,7	0,63	0,29	7,4	1,0	3,04	
F <sub>1</sub> 's										
P <sub>1</sub> /P <sub>2</sub> (F1)	3,6	11,9	23,8	58,5	5,32	2,45	108,6	5,4	12,07	
P <sub>1</sub> /P <sub>3</sub> (F1)	4,1	13,9	26,0	63,1	4,64	2,42	117,2	6,8	13,45	
P <sub>1</sub> /P <sub>4</sub> (F1)	2,5	10,6	21,7	49,9	5,43	2,30	106,3	5,9	12,11	
d.m.s. (5%)	6,2	0,5	1,0	6,5	0,31	0,24	6,7	0,7	2,10	
F <sub>2</sub> 's										
P <sub>1</sub> /P <sub>2</sub> (F2)	2,3	12,7	24,5	57,2	4,55	2,38	106,0	6,0	10,74	
P <sub>1</sub> /P <sub>3</sub> (F2)	7,2	13,7	25,0	61,4	4,35	2,48	113,0	6,5	11,18	
P <sub>1</sub> /P <sub>4</sub> (F2)	5,6	11,0	22,4	48,9	5,04	2,22	101,5	6,0	10,63	
d.m.s. (5%)	4,0	0,8	1,4	5,2	0,43	0,21	5,0	1,0	1,62	
RC's										
P <sub>1</sub> /P <sub>2</sub> /P <sub>1</sub>	4,1	12,0	24,1	55,8	4,84	2,34	102,8	5,9	10,95	
P <sub>1</sub> /P <sub>3</sub> /P <sub>1</sub>	2,5	12,2	24,9	51,3	4,79	2,09	99,0	6,0	10,06	
P <sub>1</sub> /P <sub>4</sub> /P <sub>1</sub>	1,4	11,0	22,7	48,1	4,97	2,15	96,7	5,6	9,92	
d.m.s. (5%)	4,7	0,4	1,2	4,0	0,31	0,15	5,6	1,1	2,24	
RC <sub>2</sub> 's										
P <sub>1</sub> /P <sub>2</sub> /P <sub>2</sub>	10,6	11,5	23,9	53,3	5,08	2,26	112,5	5,7	11,09	
P <sub>1</sub> /P <sub>3</sub> /P <sub>3</sub>	7,8	11,3	22,8	51,3	5,13	2,23	114,4	6,1	11,45	
P <sub>1</sub> /P <sub>4</sub> /P <sub>4</sub>	3,7	9,7	20,4	44,6	5,14	2,21	106,8	6,2	11,11	
d.m.s. (5%)	6,7	0,5	0,6	1,9	0,31	0,11	10,3	0,8	1,69	

Os cultivares Alondra S-46, IAC-5 e C-3 não diferiram entre si em relação ao número de espiguetas por espiga, mas os três apresentaram mais espiguetas por espiga do que o BH-1146. O híbrido Alondra S-46 x C-3 em geração  $F_1$  e  $F_2$  apresentou o maior número de espiguetas por espiga. O genótipo (Alondra S-46 x C-3) x Alondra S-46 mostrou mais espiguetas por espiga do que o (Alondra S-46 x BH-1146) x Alondra S-46, diferindo significativamente deste, porém não diferindo do (Alondra S-46 x IAC-5) x Alondra S-46. O híbrido (Alondra S-46 x IAC-5) x IAC-5 foi o que apresentou maior número de espiguetas por espiga em relação aos demais retrocruzamentos para o pai de porte alto.

Considerando o número de grãos por espiga, 'Alondra S-46' mostrou maior índice, diferindo significativamente dos cultivares IAC-5 e BH-1146, porém não do C-3. O híbrido Alondra S-46 x C-3 em geração  $F_1$  e  $F_2$  diferiu do híbrido Alondra S-46 x BH-1146, que apresentou o menor número de grãos por espiga, não diferindo, porém, do híbrido Alondra S-46 x IAC-5. O germoplasma (Alondra S-46 x IAC-5) x Alondra S-46 mostrou maior número de grãos por espiga, diferindo dos demais  $RC_1$ 's. Entre os  $RC_2$ 's, destacou-se o (Alondra S-46 x IAC-5) x IAC-5.

O cultivar IAC-5 foi o que apresentou grãos mais pesados, diferindo, porém, somente do C-3. O híbrido Alondra S-46 x BH-1146, em geração  $F_1$ , mostrou grãos mais pesados do que os híbridos Alondra S-46 x IAC-5 e Alondra S-46 x C-3, porém somente diferiu estatisticamente do segundo. Entre os híbridos em geração  $F_2$ , o Alondra S-46 x BH-1146 foi o que apresentou grãos mais pesados, diferindo significativamente dos demais. Não foram detectadas diferenças significativas em relação ao peso de cem grãos para os retrocruzamentos ( $RC_1$ 's e  $RC_2$ 's).

Considerando o número de grãos por espiguetas, 'Alondra S-46' sobrepujou os demais, diferindo significativamente dos cultivares IAC-5 e BH-1146, porém não do C-3. Entre os  $F_1$ 's e  $RC_2$ 's não foram observadas diferenças significativas em relação a esse parâmetro. O genótipo Alondra S-46 x C-3 em geração  $F_2$  apresentou maior número de grãos por espiguetas do que os demais  $F_2$ , diferindo significativamente, porém, do híbrido Alondra S-46 x BH-1146, mas não do Alondra S-46 x IAC-5. O genótipo (Alondra S-46 x IAC-5) x Alondra S-46 diferiu dos demais  $RC_1$ 's, com o maior número de grãos por espiguetas.

O 'Alondra S-46' apresentou-se como o de menor altura, diferindo significativamente dos demais, e o 'C-3' foi o mais alto. O híbrido Alondra S-46 x C-3, em geração  $F_1$  e  $F_2$ , teve as plantas mais altas, diferindo significativamente dos demais. Não se detectaram diferenças significativas para altura das plantas nos  $RC_1$ 's e  $RC_2$ 's.

Os cultivares C-3 e BH-1146 mostraram maior número de espigas por planta, diferindo significativamente do IAC-5, porém não do 'Alondra S-46'. Entre os híbridos em geração  $F_1$ , destacou-se Alondra S-46 x C-3, com mais espigas por planta, diferindo significativamente dos outros

dois. Não houve diferenças significativas entre os  $F_2$ 's,  $RC_1$ 's e  $RC_2$ 's em relação ao número de espigas por planta.

Em relação à média de produção de grãos, não foram detectadas diferenças significativas entre os cultivares pais,  $F_1$ 's,  $F_2$ 's e retrocruzamentos, apesar de as médias das populações  $F_1$  serem superiores às médias de ambos os pais, evidenciando heterose para esse caráter. Esses resultados também foram encontrados por JOHNSON et alii (9) e CAMARGO et alii (1, 3, 4) que afirmaram haver grande influência do ambiente sobre a produção de grãos de plantas individuais mesmo dentro de condições de preciso espaçamento das plantas.

As estimativas da herdabilidade em sentido restrito ( $H_{NS}$ ) para oito caracteres estudados, derivadas de dados obtidos nas gerações  $F_1$  e  $F_2$ , encontram-se no quadro 3.

QUADRO 3. Estimativas da herdabilidade em sentido restrito ( $H_{NS}$ ) para todos os caracteres agronômicos estudados, derivadas de dados obtidos nas quatro repetições para os  $F_1$ 's e  $F_2$ 's de cruzamentos entre Alondra S-46, cultivar de trigo de origem mexicana de alto potencial produtivo, e três cultivares brasileiros

Caracteres agronômicos	$H_{NS}$ (*)
Comprimento da espiga (cm) .....	0,885 ± 0,103
Espiguetas/espiga (n°) .....	0,588 ± 0,115
Grãos/espiga (n°) .....	0,748 ± 0,155
Grãos/espiguetas (n°) .....	0,224 ± 0,366
Peso de cem grãos (g) .....	0,760 ± 0,211
Espigas/planta (n°) .....	0,413 ± 0,134
Altura da planta (cm) .....	0,720 ± 0,153
Produção de grãos (g) .....	0,072 ± 0,206

(\*) Estimativa pela regressão do  $F_2$  sobre o  $F_1$ , proposto por FALCONER (6).

O valor estimado para a herdabilidade em sentido restrito para comprimento da espiga, número de grãos por espiga, peso de cem grãos e altura da planta foi alto; para número de espigas por planta e de espiguetas por espiga, os valores foram médios, e, para os caracteres número de grãos por espiguetas e produção de grãos, baixos. Esses resultados indicam que grande parte da variabilidade genética total para comprimento da espiga, número de grãos por espiga, peso de cem grãos e altura da planta está associada a uma ação aditiva dos genes ou é

devida a genes que se comportam de maneira aditiva. Indicam, ainda, que seleções para esses caracteres seriam efetivas nas gerações  $F_2$  ou  $F_3$ . Para os demais caracteres em estudo, os dados sugerem que a seleção poderia ser efetuada nas últimas gerações, quando o valor genético da progênie seria mais precisamente determinado.

As correlações ambientes ( $r_A$ ), fenotípicas ( $r_F$ ) e genéticas ( $r_G$ ) entre produção de grãos e sete outros caracteres agrônômicos para os cruzamentos entre Alondra S-46 e três cultivares nacionais de porte alto encontram-se no quadro 4.

QUADRO 4. Correlações ambientes ( $r_A$ ), fenotípicas ( $r_F$ ) e genéticas ( $r_G$ ) entre produção de grãos e sete outros caracteres agrônômicos para cruzamentos de trigo envolvendo o cultivar Alondra S-46, de origem mexicana, com alto potencial produtivo, e três cultivares brasileiros

Caráter correlacionado com produção de grãos		Alondra S-46 x BH-1146	Alondra S-46 x IAC-5	Alondra S-46 x C-3
Comprimento da espiga	$r_A$	0,034	0,322**	0,645**
	$r_F$	0,171*	0,277**	0,360**
	$r_G$	0,675	> 1,00	> 1,00
Espiguetas/espiga	$r_A$	0,209	0,010	0,217
	$r_F$	-0,068	-0,026	0,022
	$r_G$	-0,510	-0,131	-0,286
Grãos/espiga	$r_A$	0,368**	0,569**	0,566**
	$r_F$	0,486**	0,483**	0,645**
	$r_G$	> 1,00	> 1,00	> 1,00
Grãos/espiguetas	$r_A$	0,334**	0,577**	0,444**
	$r_F$	0,470**	0,415**	0,593**
	$r_G$	> 1,00	> 1,00	> 1,00
Peso de cem grãos	$r_A$	0,404**	0,220	0,368**
	$r_F$	0,347**	0,533**	0,461**
	$r_G$	> 1,00	> 1,00	> 1,00
Altura da planta	$r_A$	0,456**	0,550**	0,567**
	$r_F$	0,285**	0,217**	0,468**
	$r_G$	> 1,00	> 1,00	> 1,00
Espigas/planta	$r_A$	0,887**	0,774**	0,767**
	$r_F$	0,545**	0,594**	0,583**
	$r_G$	> 1,00	> 1,00	> 1,00

\* Significativo ao nível de 5%. \*\* Significativo ao nível de 1%.

As correlações fenotípicas entre a produção de grãos e os demais caracteres agrônômicos foram positivas e altamente significativas ao nível

de 1%, exceto entre a produção e o comprimento da espiga para a população Alondra S-46 x BH-1146, que foi positiva e significativa ao nível de 5%, e para as populações Alondra S-46 x BH-1146, Alondra S-46 x IAC-5 e Alondra S-46 x C-3, onde as correlações fenotípicas entre produção e número de espiguetas por espiga foram não-significativas.

No quadro 5 encontram-se as correlações ambientes ( $r_A$ ) e fenotípicas ( $r_F$ ) entre o comprimento da raiz medida após 72 horas em solução nutritiva normal seguida de um tratamento de 48 horas em solução nutritiva, contendo 6mg/litro de  $Al^{3+}$ , e produção de grãos, altura das plantas e número de grãos por espiguetas (fertilidade da espiga), para os cruzamentos de trigo envolvendo o cultivar Alondra S-46, sensível ao  $Al^{3+}$ , e três cultivares tolerantes.

QUADRO 5. Correlações ambientes ( $r_A$ ) e fenotípicas ( $r_F$ ) entre o comprimento da raiz, medida após 72 horas em solução nutritiva normal, seguida de um tratamento de 48 horas em solução nutritiva contendo 6mg/litro de  $Al^{3+}$  e três outros caracteres agrônômicos para os cruzamentos de trigo envolvendo o cultivar Alondra S-46, sensível ao  $Al^{3+}$ , e três cultivares brasileiros

Caráter correlacionado com comprimento da raiz		Alondra	Alondra	Alondra
		S-46 x BH-1146	S-46 x IAC-5	S-46 x C-3
Produção de grãos	$r_A$	0,074	0,065	0,235
	$r_F$	0,045	—0,040	0,157
Altura da planta	$r_A$	0,255*	0,046	0,194
	$r_F$	—0,072	0,187*	0,121
Grãos/espiguetas	$r_A$	—0,144	0,136	0,124
	$r_F$	0,099	0,032	0,151

\* Significativo ao nível de 5%.

A frequência de distribuição para número de grãos por espiguetas e altura das plantas das três populações  $F_2$  estudadas em relação à tolerância ao  $Al^{3+}$  em solução nutritiva está representada na figura 1.

Nos cruzamentos estudados, a tolerância ao alumínio não foi associada com altura (com exceção da correlação fenotípica no cruzamento Alondra S-46 x IAC-5), produção de grãos e número de grãos por espiguetas. Considerando essas correlações e pela figura 1, verifica-se que seria possível selecionar, nas populações segregantes em estudo, plantas tolerantes ao alumínio, de porte médio, com maior fertilidade da espiga, com o potencial produtivo do cultivar Alondra S-46, que seriam adaptadas à maioria dos solos ácidos existentes nas regiões tritícolas brasileiras.

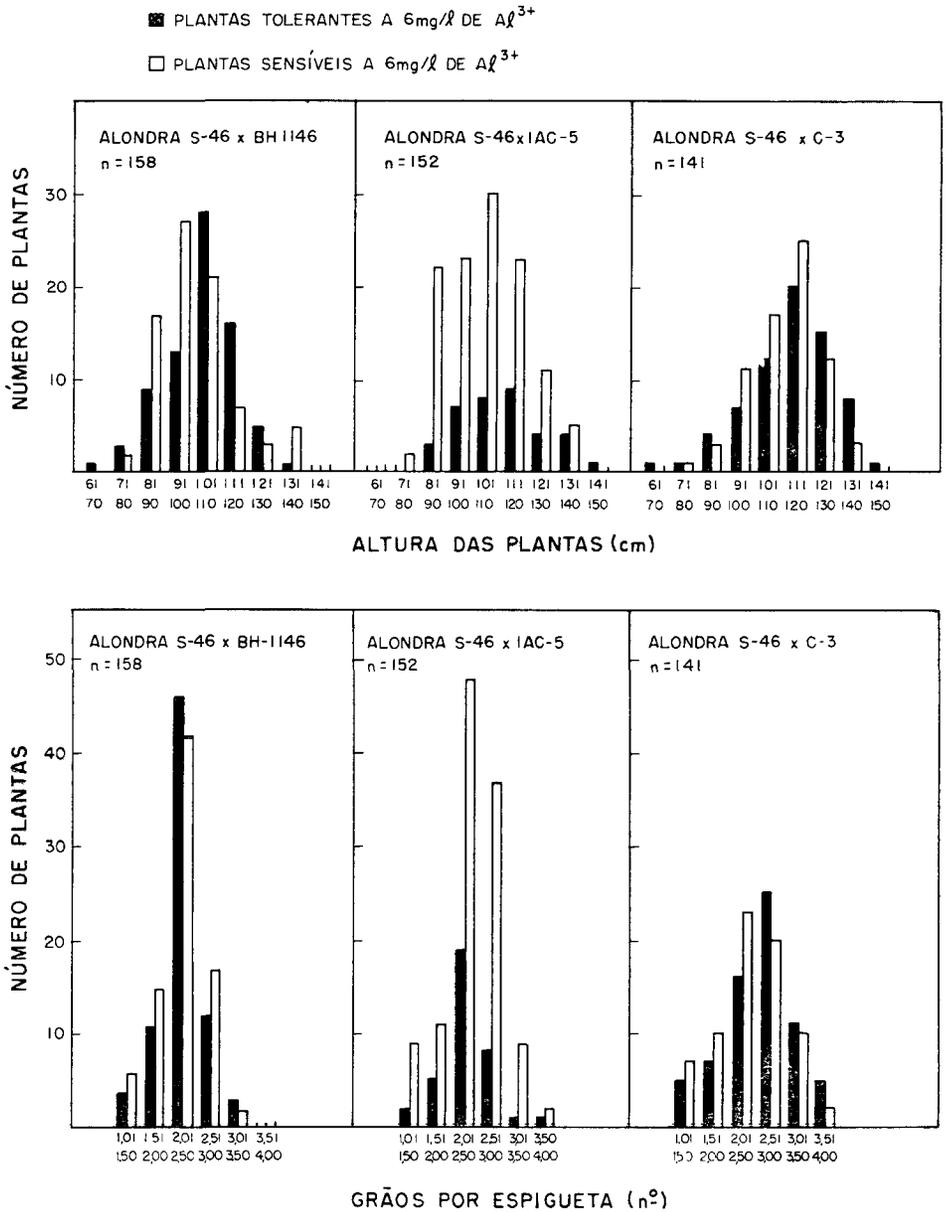


FIGURA 1. Frequência de distribuição do número de grãos por espiguetas e da altura das plantas das gerações F<sub>2</sub> dos cruzamentos entre Alondra-S-46, cultivar de trigo de origem mexicana de alto potencial produtivo, e três cultivares brasileiros.

## SUMMARY

## WHEAT BREEDING.

## X. HERITABILITY ESTIMATES AND ASSOCIATIONS OF TOLERANCE TO ALUMINUM TOXICITY AND GRAIN YIELD WITH OTHER AGRONOMIC CHARACTERISTICS IN WHEAT

High grain yield potential, and Al sensitive cultivar Alondra S-46 was crossed with standard height, low grain yield potential, Al tolerant cultivars IAC-5, BH-1146 and C-3. Parents,  $F_1$ 's,  $F_2$ 's and reciprocal backcrosses were tested for their seedling reaction to 6 ppm of  $Al^{3+}$  in nutrient solution. Grain yield, plant height, number of spikes per plant, number of spikelets per spike, number of grains per spike, number of grains per spikelet, 100-grain-weight and spike length were determined for the same populations at maturity. Narrow sense heritability estimates were high for spike length, number of grains per spike, 100-grain-weight, and plant height; moderate for number of spikes per plant and number of spikelets per spike; and low for the rest of the agronomic characteristics under study. Additive effects were the main source of genetic variation for spike length, plant height, number of grains per spike and 100-grain-weight. Grain yield of the studied populations was significantly correlated with all the agronomic characteristics under study except the number of spikelets per spike. Tolerance to  $Al^{3+}$  toxicity was not associated with plant height (except for the population from the cross Alondra S-46 x IAC-5), grain yield and number of grains per spikelet (spike fertility). The results suggested that there is a possibility of selecting plant types that combine  $Al^{3+}$  tolerance, semi-dwarf height levels and high yield potential, to be grown on acid soils.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMARGO, C.E.O. Melhoramento do trigo. VIII. Associações entre produção de grãos e outros caracteres agronômicos em populações híbridas de trigo envolvendo diferentes fontes de nanismo. *Bragantia*, Campinas, **43**(2):541-552, 1984.
2. ———; 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.
3. ——— & OLIVEIRA, O.F. Melhoramento do trigo. II. Estudo genético de fontes de nanismo para a cultura do trigo. *Bragantia*, Campinas, **40**:77-91, 1981.
4. ——— & ———. Melhoramento do trigo. V. Estimativas das herdabilidades e correlações entre altura, produção de grãos e outros caracteres agronômicos em trigo. *Bragantia*, Campinas, **42**:131-148, 1983.
5. ——— & ———. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. *Bragantia*, Campinas, **40**:21-31, 1981.
6. FALCONER, D.S. *Introduction to quantitative genetics*. New York, Ronald Press, 1970. 365p.
7. FONSECA, S. & PATTERSON, F.L. Yield components, heritabilities and interrelationships in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*, **8**:614-617, 1968.
8. FOY, C.D.; ARMINGER, W.H.; BRIGGLE, L.W.; REID, D.A. Differential aluminum tolerance of wheat and barley varieties in acid soils. *Agronomy Journal*, **57**:413-417, 1965.

9. 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.
10. KETATA, H.; EDWARDS, L.H.; SMITH, E.L. Inheritance of eight agronomic characters in a winter wheat cross. *Crop Science*, **16**:19-22, 1976.
11. MOORE, D.P.; KRONSTAD, W.E.; METZGER, R. Screening wheat for aluminum tolerance. In: *WORKSHOP ON PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS*, Beltsville, Maryland, 1976. *Proceedings*. p.287-295.
12. PEPE, J.F. & HEINER, R.E. Plant height protein percentage, and yield relationship in spring wheat. *Crop Science*, **15**:793-797, 1975.
13. SILVA, A.R. Application of the genetic approach to wheat culture in Brazil. In: *WORKSHOP ON PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS*, Beltsville, Maryland, 1976. *Proceedings*. p.223-231.