

## PRODUTIVIDADE, APARÊNCIA, DENSIDADE E SUSCETIBILIDADE À QUEBRA DOS GRÃOS EM HÍBRIDOS DE MILHO, NA SAFRINHA

AILDSON PEREIRA DUARTE<sup>1</sup>, DIANA RODRIGUES HENRIQUES<sup>2</sup>, PAULO CÉSAR CÔRREA<sup>3</sup>  
e MARIA ELISA AYRES GUIDETTI ZAGATTO PATERNIANI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Programa Milho e Sorgo IAC, Apta Regional do Médio Paranapanema, Assis, SP, aildson@aptaregional.sp.gov.br.

<sup>2</sup>Pós-graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, dihenriqueslemons@yahoo.com.br.

<sup>3</sup>Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, CENTREINAR/UFV, copace@ufv.br

<sup>4</sup>Instituto Agrônômico, IAC, elisa@iac.sp.gov.br

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.6, n.2, p.174-185, 2007*

**RESUMO** - A aparência dos grãos é utilizada como parâmetro de qualidade física na comercialização do milho no Brasil, em vez dos testes padrões de qualidade. As cultivares que apresentam os grãos dentados ou semidentados são preteridas, por serem consideradas mais suscetíveis à quebra. O objetivo deste trabalho foi verificar se a aparência pode ser utilizada como critério para avaliar a dureza dos grãos e se é possível inferir sobre a suscetibilidade à quebra a partir da densidade dos grãos em híbridos de milho cultivados na safrinha. Desenvolveram-se três experimentos, em Assis, Cruzália e Votuporanga, SP, em 2003. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 42 híbridos simples e triplos e três repetições. Avaliaram-se a aparência visual das espigas quanto à dureza dos grãos, a densidade dos grãos, pelos métodos dos grãos boiantes e da massa volumétrica, a suscetibilidade à quebra, a massa de 100 grãos e a produtividade por área. Procedeu-se à análise de variância conjunta dos experimentos, compararam-se os cultivares pelo teste de Duncan a 5% e determinaram-se correlações de Pearson entre as variáveis. A avaliação da aparência de dureza dos grãos não foi eficiente para diferenciar as cultivares quanto à densidade e à suscetibilidade à quebra dos grãos. Não houve correlação entre a produtividade e a qualidade física dos grãos. A maioria dos híbridos apresentou valores altos de peso volumétrico (825 g L<sup>-1</sup>) e baixos de percentagem de grãos boiantes. Os maiores valores de grãos boiantes foram observados no DAS 2C577 (82%), DKB 390 (33%) e DAS 2C522 (18%). As cultivares tiveram baixa suscetibilidade dos grãos à quebra, destacando-se negativamente Fort, A 4450, Exceler, XB 7011, A 2560 e 30F98 com os maiores valores (2,7 a 4,5% da massa). Geralmente, a suscetibilidade à quebra não esteve associada com a densidade dos grãos em híbridos de milho. Apenas os grãos boiantes correlacionaram significativamente com a suscetibilidade à quebra, mas com valor de r muito baixo (0,10).

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., peso volumétrico, massa dos grãos, dureza dos grãos

### YIELD, KERNEL APPEARANCE, DENSITY AND BREAKAGE SUSCEPTIBILITY IN MAIZE HYBRIDS GROWN OFF-SEASON

**ABSTRACT** – Kernel appearance is the physical quality parameter in Brazilian marketing instead of the quality standard tests. The cultivars with dent and semi-dent kernels are dismissed because their kernels are considered more susceptible to breakage. The aim of

this study was to verify whether the appearance could be used to evaluate the kernel hardness and to determine relationship among kernel density parameters and breakage susceptibility in maize hybrids grown off-season. Three trials were performed in Assis, Cruzália and Votuporanga (SP) in 2003, using a complete randomized block design with 42 single and three-way crosses and three replications. Yield, kernel hardness appearance, kernel weight, percentage of kernel floaters in sodium nitrate standard solution, test weight and kernel breakage susceptibility were evaluated. The data were submitted to the analysis of variance by the F test and treatments were compared by Duncan test ( $P < 0.05$ ). Pearson correlations among the parameters were calculated using SAS program. The evaluation of kernel hardness appearance was not efficient to screen cultivars regarding the kernel density and breakage susceptibility. There was no correlation between yield and kernel physical quality. Most of the hybrids had high kernel density, showing high average of test weight ( $825 \text{ g L}^{-1}$ ) and very low percentage of kernel floaters. The kernel floaters were higher in the cultivars DAS 2C577 (82%), DKB 390 (33%) and DAS 2C522 (18%). All cultivars had low breakage susceptibility and with the following standing out negatively: Fort, A 4450, Exceler, XB 7011, A 2560 and 30F98 (2,7 a 4,5% of weight). In general, the breakage susceptibility was not correlated to kernel density. Only the kernel floaters were significantly associated to breakage susceptibility, but the correlation was very low (0,10).

**Key words:** *Zea mays* L., test weight, kernel weight, kernel hardness

A aparência dos grãos é utilizada como parâmetro de qualidade física na comercialização do milho, no Brasil, em vez dos testes padrões de qualidade. Devido aos problemas de quebramento de grãos causados por colhedoras e/ou equipamentos de secagem e armazenagem, freqüentemente inadequados à manutenção da sua integridade física, a maioria das cultivares disponíveis no mercado possui grãos vítreos, redondos e lisos. As cultivares que apresentam os grãos com a coroa dentada ou semidentada (parte superior do grão com depressão e bordas salientes) são preteridas, por serem consideradas farináceas e de textura mole e, conseqüentemente, mais suscetíveis à quebra.

O termo dureza dos grãos de milho é utilizado com dois diferentes significados: 1) composição física dos grãos relacionada à textura do endosperma, que varia de vítrea até farinácea, devido aos diferentes arranjos dos grânulos de amido; 2) força requerida para quebrar os grãos,

que é uma propriedade mecânica relacionada à suscetibilidade à quebra (Paulsen & Hill, 1985; Eckoff & Paulsen., 1996).

O endosperma é constituído por grânulos de amido rodeados e envolvidos fortemente por uma matriz protéica, sendo a compactação o fator mais importante da microestrutura relacionado à dureza dos grãos de milho. Grãos muito compactos tendem a ser duros, apresentando valores altos de proteína, endosperma duro e pericarpo espesso, mas com baixos valores de conteúdo de amilose, peso e tamanho de grãos. Grãos altamente compactados tendem a ter grânulos de amido pequenos e poligonais ( $<10 \mu\text{m}$ ), enquanto grãos menos compactos contêm grânulos esféricos e grandes ( $>10 \mu\text{m}$ ) (Narvaes-Gonzalez et al., 2006).

A densidade dos grãos pode ser avaliada indiretamente pelo peso volumétrico, em que se determina a massa de um litro de grãos, e pela técnica dos grãos boiantes, pela qual os grãos

menos densos permanecem sem afundar na superfície de uma solução salina de nitrato de sódio (Peplinski *et al.*, 1989; Eckhoff & Paulsen, 1996.). Em ambos, o teor de umidade dos grãos precisa ser padronizado (Serna-Saldivar *et al.*, 2001). A avaliação de grãos boiantes estima a relação entre os tipos de endosperma farináceo e duro (Bauer & Carter, 1986; Wilhelm *et al.*, 1999).

A suscetibilidade à quebra é definida como o potencial de fragmentação ou quebra do grão quando sofre força de impacto (Eckhoff & Paulsen, 1996), que ocorre durante o transporte e a manipulação nos canais de comercialização. A suscetibilidade à quebra é influenciada pelos genótipos (Paulsen *et al.*, 1983; Bauer & Carter, 1986; Moes & Vyn, 1988), pelo ambiente de produção (práticas de manejo e condições de desenvolvimento das plantas) e pelos danos na colheita mecânica e processo de secagem (Anderson & Hall, 1991, Alves *et al.*, 2001). A suscetibilidade à quebra é maior com o aumento do teor de umidade na colheita e da temperatura do ar de secagem. (Davidson *et al.*, 2000; Alves *et al.*, 2001).

Em estudos sobre cultivares, as amostras devem ser debulhadas manualmente, para evitar as trincas nos grãos, pelo seu impacto no cilindro durante a debulha mecânica. É necessário também uniformizar a umidade dos grãos, porque a suscetibilidade à quebra aumenta quando o teor de água diminui (Paulsen & Hiil, 1985).

A suscetibilidade à quebra não está associada necessariamente com a dureza dos grãos. Em clima temperado, a relação entre a dureza e a suscetibilidade à quebra dos grãos tem sido fraca em estudos sobre genótipos (Shandera *et al.*, 1997) e práticas de produção (Dorsey-Redding *et al.*, 1991; Kniep and Mason, 1989). Duarte *et al.* (2005) encontraram, no Estado de São Paulo, correlação positiva entre a densidade de grãos e

a suscetibilidade à quebra ( $r = 0,34$ ) em híbridos cultivados sob diferentes doses de nitrogênio, evidenciando que a prática de associar a dureza dos grãos ao menor índice de quebramento de grãos pode estar equivocada no mercado brasileiro.

A avaliação da dureza dos grãos pela aparência da coroa é fácil e rápida. Serna-Saldivar *et al.* (2001) verificaram que o método da escala de notas baseada em padrões conhecidos de dureza é eficiente para selecionar a qualidade do milho em programas de melhoramento. Porém, não é conhecido, nas condições brasileiras, se a aparência das espigas é um critério adequado para diferenciar as cultivares quanto à densidade dos grãos. Além disso, ainda não foi estudada a correlação entre a dureza e o quebramento dos grãos em diversas cultivares de milho, o que poderia evitar uma possível associação equivocada da resistência à quebra com o aspecto visual “duro” e a rejeição de algumas cultivares de elevado potencial produtivo que apresentam a falsa aparência de grãos “moles”.

A despeito da importância do milho safrinha, que tem ocupado cerca de um terço da área total cultivada com essa gramínea na região Centro-Sul do Brasil (Conab, 2007), os trabalhos sobre a qualidade física dos grãos são escassos. Na maioria das vezes, o milho cultivado no outono-inverno, em condições de sequeiro, o chamado milho “safrinha”, sofre estresses abióticos, devido à deficiência de água no solo e à menor disponibilidade de luz e calor (Duarte *et al.*, 2004). Assim, predominam produtividades menores nessa modalidade de cultivo, comparado ao milho de verão.

De maneira geral, tem sido observado que as boas práticas agrícolas, exceto o aumento da população de plantas aumentam a produtividade e, reduzem a suscetibilidade à quebra dos grãos,

destacando-se a adubação nitrogenada (Ahmadi et al, 1993; M Bauer & Carter; 1986; Keniepe & Mason, 1989; Sabata & Mason, 1992; Duarte et al., 2005). Pode-se questionar se as baixas produtividades do milho safrinha estão associadas com uma pior qualidade física dos grãos, tanto pelas condições climáticas freqüentemente adversas como pelo menor uso de insumos e os problemas de adaptação de alguns genótipos.

O objetivo deste trabalho foi verificar se a aparência pode ser utilizada como critério para avaliar a dureza e a suscetibilidade à quebra dos grãos e se é possível inferir sobre a suscetibilidade à quebra a partir da dureza dos grãos. Objetivou-se, ainda, verificar se existe associação entre a qualidade física e a produtividade de grãos em híbridos de milho safrinha.

### Material e Métodos

Desenvolveram-se experimentos de milho safrinha em Assis e Cruzália, no Médio Paranapanema, e Votuporanga, na região oeste do Estado de São Paulo. O milho foi cultivado no sistema de plantio direto, em Latossolo Vermelho.

Os experimentos foram semeados em 13 e 14 de março de 2003, empregando 240 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de 8-28-16, em Assis e Votuporanga, respectivamente, e 300 kg ha<sup>-1</sup> de 15-15-15, em Cruzália. Adubou-se em cobertura com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, em Cruzália e Votuporanga, e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, em Assis. A população inicial de plantas foi de aproximadamente 45 mil plantas por hectare.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Avaliaram-se 42 híbridos simples e triplos, em Votuporanga, e mais cinco cultivares, totalizando 47, em Assis e Cruzália (Tabela 1). As parcelas foram constituídas por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, empregando-se as duas linhas centrais para as avaliações.

A colheita das espigas foi realizada com umidade dos grãos de todos os híbridos inferior a 25%. Amostraram-se dez espigas por parcela para as avaliações de qualidade. Após a retirada das palhas, as espigas foram secadas ao ar ambiente até atingir umidade dos grãos próxima de 13%. Avaliou-se a aparência visual das espigas quanto à dureza dos grãos, atribuindo-se as notas 1, 2, 3 e 4 para os tipos duro, semiduro, semidentado e dentado, respectivamente. Depois, as espigas foram quebradas transversalmente ao meio, para amostragem, na face exposta, de cerca de 10 grãos por espiga, totalizando 100 grãos por parcela. Desses grãos, foram retiradas duas subamostras de 50 unidades, para avaliação da aparência visual dos grãos e da massa e, em seguida, da densidade dos grãos, pelo método de grãos boiantes (Peplinski et al., 1989). Os grãos que apresentavam, na parte superior, coroa com depressão e bordas salientes foram considerados dentados e os que tinham a coroa lisa foram considerados duros. O valor de cada parcela foi a média das duas subamostras, expresso em percentagem. A porção restante das espigas foi debulhada manualmente e os grãos foram utilizados nas avaliações da massa volumétrica e suscetibilidade à quebra. Determinou-se, ainda, a produtividade por área, em kg ha<sup>-1</sup>, a partir do valor da massa de grãos de todas as espigas da parcela útil.

Para determinar a suscetibilidade à quebra, as amostras foram passadas em peneira retangular de crivo 5mm e, em seguida, selecionadas manualmente, para analisar apenas os grãos inteiros (Brasil, 1992). Foram utilizados 100g dessa amostra para teste. Os grãos foram danificados mecanicamente, utilizando como fonte impactadora o equipamento Stein Breakage Tester, modelo CK2-M, com hélice que gira a 1.800 rpm em recipiente de aço com 9 cm de diâmetro.

**TABELA 1.** Caracterização dos híbridos avaliados.

<b>Cultivar</b>	<b>Empresa</b>	<b>Tipo</b>
30F98	Pioneer	Triplo
30K75	Pioneer	Simples
A 2555	Bayer	Simples
A 2560	Bayer	Simples
A 4450	Bayer	Triplo modificado
AG 5011 <sup>(1)</sup>	Agroceres	Triplo
AG 7000	Agroceres	Simples
AG 7575	Agroceres	Triplo
AGN 22M22	Agromen	Triplo
AGN 30A00	Agromen	Simples
AGN 3180 <sup>(1)</sup>	Agromen	Triplo
AGN 32M31	Agromen	Triplo
AGN 3 2M43	Agromen	Triplo
AGN 34A11	Agromen	Triplo
AS 1533 <sup>(1)</sup>	Agroeste	Simples modificado
AS 1548	Agroeste	Simples
AS 3430	Agroeste	Triplo
AS 3466 TOP	Agroeste	Triplo
BRS 1001	Primaiz	Simples
BRS 1010	Geneze	Simples
BRS 3003	Graúna	Triplo
BRS 3060 <sup>(1)</sup>	Bayer	Triplo
CD 305	Coodetec	Triplo
CD 306	Coodetec	Triplo
CD 307	Coodetec	Simples
DAS 2C522	Dow	Triplo
DAS 2C577	Dow	Simples
DAS 2C599	Dow	Simples
DAS 766 <sup>(1)</sup>	Dow	Simples modificado
DAS 8480	Dow	Simples
DAS 9560	Dow	Simples
DAS CO 32	Dow	Triplo
DG 501	Datagene	Triplo
DKB 333B	Dekalb	Simples modificado
DKB 350	Dekalb	Triplo
DKB 390	Dekalb	Simples
DKB 466	Dekalb	Triplo
DKB 747	Dekalb	Triplo modificado
Brava	Syngenta	Triplo
Exceler	Syngenta	Triplo
Fort	Syngenta	Simples
Garra	Syngenta	Triplo
Master	Syngenta	Triplo
Pointer	Syngenta	Simples
Tork	Syngenta	Simples
Valent	Syngenta	Simples
XB 7011	Semeali	Triplo
XB 7012	Semeali	Triplo

<sup>1</sup>Analisados apenas em Assis e Cruzália.

Depois de ser submetido aos impactados por quatro minutos, o produto foi passado em peneira retangular de crivo 5mm e a massa retida foi pesada, para calcular, por diferença, a percentagem de grãos quebrados.

As análises de suscetibilidade à quebra foram realizadas no Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (Centreinar), localizado no Campus da Universidade Federal de Viçosa, MG. As demais análises foram realizadas no Laboratório do Programa Milho e Sorgo IAC, na APTA Regional do Médio Paranapanema, em Assis, SP.

Procedeu-se à análise de variância por local e conjuntamente. As médias das cultivares foram comparadas pelo teste de Duncan a 5%. Determinaram-se as correlações de Pearson entre os valores das variáveis em todas as parcelas, utilizando o programa SAS. Essas correlações foram calculadas para cada experimento individualmente, incluindo as cinco cultivares extras em Assis e Cruzália, e para as 42 cultivares comuns na análise conjunta, totalizando 378 pares de dados. A significância das correlações foi testada pelo teste t a 5% e 1% de probabilidade.

### Resultados e Discussão

A maioria das cultivares tinha grãos de aparência dura ou semidura (Tabela 2). Dos 42 híbridos comuns nos três locais, apenas nove apresentaram grãos semidentados (A 4450, 30F98, AGN 32M31, DAS 2C522, DKB 390, DAS 2C599, DKB 466, CD 305 e DG 501) e um dentado (DAS 2C577). Cerca da metade das cultivares com espigas de aparência dura e semidura tiveram percentagem de grãos dentados inferior a 30%, mas alguns materiais apresentaram valores superiores a 60% (Fort, 30K75, BRS 1010, A 2555 e DAS CO32). Para as cultivares com espigas de aparência semidentada, houve

grande variação na percentagem de grãos dentados, com valores entre 49 e 75%. O DAS 2C577, de espigas com aparência dentada, apresentou 99% de grãos dentados (Tabela 2).

A produtividade média de grãos nos experimentos de Assis, Cruzália e Votuporanga foi de 4.586, 6.375 e 6.308 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O DKB 390 foi o mais produtivo, não diferindo dos híbridos 30F98, Tork e Master e KDB 350. Destes, o Tork, DKB 390 e DKB 350 também se destacaram pela massa de 100 grãos, juntamente com o DAS 2C577, AG 7575, DKB 466, BRS 1010 e BRS 3003. Embora os valores da massa de grãos sejam compatíveis com os relatados por Pomerans et al. (1984), para milho seco comercializado no mercado americano, as presentes amostras foram obtidas na posição mediana da espiga, onde os grãos são mais graúdos e pesados.

A média do peso volumétrico dos grãos foi 825 g L<sup>-1</sup>, valor superior aos relatados nas condições americanas e canadenses (Bauer & Carter, 1986; Vyn & Moes, 1988; Vyn & Tollenaar, 1998; Paulsen et al., 1989) e semelhante aos obtidos por Duarte et al. (2005), no Brasil. Ressalte-se que os valores do peso volumétrico decrescem com a manipulação dos grãos durante a debulha, o transporte e o armazenamento, sendo raro encontrar lotes com valores superiores a 800 g L<sup>-1</sup> nos armazéns brasileiros. O 30K75 apresentou o maior valor de peso volumétrico, sem diferir do A 2560, Pointer e AG 7000 (acima de 848 g L<sup>-1</sup>), enquanto o DAS 2C577 apresentou o menor, seguido dos híbridos DAS 8480, A 2555, DKB 390 e Tork (abaixo de 806 g L<sup>-1</sup>).

O valor dos grãos boiantes foi muito baixo na maioria das cultivares, exceto para DAS 2C577 (82%), DKB 390 (33%) e DAS 2C522 (18%). Os menores valores de grãos boiantes foram observados nos híbridos 30K75, A 2560, A

**TABELA 2.** Valores médios da aparência, produtividade, densidade e quebramento dos grãos em cultivares de milho safrinha, em 2003, no estado de São Paulo<sup>1</sup>.

Cultivares	Aparência			Produtividade kg ha <sup>-1</sup>	Massa 100 grãos g		Peso volumétrico g L <sup>-1</sup>		Grãos Boiantes (%) <sup>4</sup>		Grãos quebrados (%)		
	Espigas <sup>(2)</sup>	Grãos Dentados (%) <sup>(3,4)</sup>											
Fort	SD	63	dj	6.001	bg	33,4	ch	823	gp	7	ei	4,5	a
A 4450	SDT	65	cj	5.749	di	34,3	bg	826	fn	6	ek	3,5	ab
Exceler	SD	29	ps	5.951	cg	34,6	bf	839	ce	3	in	3,4	ac
XB 7011	SD	29	ps	5.637	ej	31,1	gL	831	ek	3	hn	3,2	ad
A 2560	SD	46	kn	5.427	gk	31,5	fk	852	ab	2	Ln	3,0	ae
30F98	SDT	70	cg	6.569	ab	32,2	dk	811	pt	8	dh	2,7	af
Tork	SD	21	su	6.532	ac	36,0	ac	806	ru	4	in	2,6	bg
DAS 2C577	DT	99	a	6.100	bf	37,3	ab	767	v	82	a	2,5	bg
AGN 32M31	SDT	95	ab	4.883	km	33,8	ch	818	Lq	7	ej	2,4	bh
Master	SD	42	Lo	6.529	ac	33,8	ch	837	cf	3	hn	2,3	bi
DKB 747	D	26	ps	5.745	di	33,1	ci	823	go	4	gL	2,3	bj
Pointer	D	15	uv	5.725	dj	31,7	fk	848	ac	1	mn	2,3	bk
Brava	D	28	ps	6.050	bf	33,2	ci	832	di	5	fL	2,2	bk
AS 3430	D	10	vw	5.285	iL	31,9	fk	815	nt	3	in	2,2	bk
AS 1548	D	17	tv	5.915	dh	29,3	jm	816	mt	10	dg	2,1	bk
DAS 2C522	SDT	72	cf	6.077	bf	33,0	ci	807	qt	18	c	2,1	bk
CD 307	SD	26	qt	5.128	jL	28,1	Lm	819	Lp	7	ej	2,0	bk
DKB 390	SDT	83	ac	6.989	a	35,4	ae	805	su	33	b	1,9	bL
Valent	SD	52	gm	6.341	bd	31,7	fk	829	eL	7	ej	1,8	bL
AG 7575	SD	30	or	5.761	di	35,3	ae	843	bd	2	kn	1,8	bL
30K75	SD	69	ch	6.055	bf	30,6	hm	859	a	3	in	1,8	bL
CD 306	SD	48	jn	5.478	fj	29,0	km	826	fn	10	df	1,7	cL
XB 7012	SD	40	lo	5.423	gk	33,5	ch	820	ip	4	hm	1,7	cL
AGN 34A11	D	26	pt	5.606	ej	31,0	gL	833	dh	4	hm	1,7	dL
BRS 1010	SD	81	ad	5.994	bg	37,8	a	821	hp	8	dg	1,7	dL
AGN 32M43	SD	22	ru	4.754	Lm	32,3	dk	837	cf	5	fL	1,7	eL
Garra	SD	47	kn	6.151	be	32,9	ci	828	em	4	gm	1,6	eL
AGN 30A00	SD	50	hm	5.316	hL	32,3	dk	831	dj	4	hm	1,5	fL
DAS 2C599	SDT	59	eL	6.146	be	32,2	dk	823	go	3	in	1,5	fL
DKB 466	SDT	49	im	5.728	dj	35,3	ae	817	mr	6	ek	1,5	fL
BRS 1001	SD	22	ru	5.917	dh	34,0	cg	846	bc	1	Ln	1,4	gL
AS 3466T	D	6	w	4.497	m	32,8	ci	833	dh	1	Ln	1,4	gL
BRS 3003	SD	49	in	5.833	di	35,4	ae	833	dg	4	gm	1,3	hL
DKB 350	SD	25	qu	6.531	ac	35,5	ad	820	jp	2	jn	1,3	hL
AG 7000	SD	36	nq	5.998	bg	33,3	ci	848	ac	0	n	1,2	hL
DAS 9560	SD	56	fm	6.331	bd	31,7	fk	833	dh	1	Ln	1,2	iL
CD 305	SDT	52	hm	5.249	iL	32,4	dj	833	dh	2	jn	1,2	iL
DG 501	SDT	63	dj	5.903	dh	32,9	ci	825	fo	11	de	1,1	jL
A 2555	SD	66	ci	5.278	iL	27,6	m	804	tu	3	hn	1,1	jL
DAS CO 32	SD	77	be	5.807	di	32,1	ek	813	ot	5	fL	1,0	jL
DKB 333B	SD	56	fL	5.480	fj	34,3	bg	816	ms	4	hm	1,0	kL
DAS 8480	SD	39	mp	5.696	ej	30,0	im	795	u	15	cd	0,9	L
MÉDIA		47		5.799		32,9		825		8		2,0	
CV (%)		17,3		9,2		8,8		1,3		40,0		21,2	

<sup>1</sup>Avaliado em Assis, Cruzália e Votuporanga, <sup>2</sup>D = grãos duros, SD = grãos semi-duros, DT= grãos semi-dentados, SDT = grãos semi-dentados; <sup>3</sup>Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, não diferem pelo teste Duncan a 5%; <sup>4</sup> Valores analisados em (x + 0,5)<sup>0.5</sup>

**TABELA 3.** Correlações de Pearson entre os parâmetros avaliados em híbridos de milho safrinha cultivados em três locais, no estado de São Paulo, em 2003 (n=141 em Assis e Cruzália, n= 126 em Votuporanga e n = 378 na análise conjunta).

	Local	Aparência de grãos	Produtividade	Massa 100 grãos	Peso volumétrico	Grãos boiantes	Grãos quebrados
Aparência de espigas	Assis	0,75**	ns	0,22**	-0,42**	0,42**	ns
	Cruzália	0,77**	0,18*	ns	-0,33**	0,46**	ns
	Votuporanga	0,73**	0,31**	0,24**	-0,53**	0,50**	0,29**
	Conjunta	0,71**	0,12*	ns	-0,39**	0,47**	ns
Aparência de grãos	Assis		ns	0,34**	-0,35**	0,37**	ns
	Cruzália		0,22**	ns	-0,36**	0,48**	ns
	Votuporanga		0,35**	0,33**	-0,34**	0,32**	ns
	Conjunta		0,18**	ns	-0,28**	0,38**	ns
Produtividade	Assis			ns	ns	ns	ns
	Cruzália			0,17*	-0,18*	0,20*	ns
	Votuporanga			0,34**	ns	ns	ns
	Conjunta			0,36**	ns	ns	-0,16**
Massa de 100 grãos	Assis				0,25**	ns	ns
	Cruzália				-0,17**	ns	ns
	Votuporanga				ns	0,28**	ns
	Conjunta				ns	ns	ns
Peso volumétrico	Assis					-0,69**	ns
	Cruzália					-0,44**	ns
	Votuporanga					-0,58**	ns
	Conjunta					-0,58**	ns
Grãos boiantes	Assis						ns
	Cruzália						ns
	Votuporanga						ns
	Conjunta						0,10*

P ≤ 0,05; \*\* P ≤ 0,01; ns = não significativo.

2555, AS 3466TOP, AS 3430, Exceler, Tork, Master, Pointer, AG7000, AG 7575, BRS 1001, DKB 350, CD 305, DAS 2C599, DAS 9560 e XB 7011 (= 4%). Assim, de maneira oposta aos resultados do peso volumétrico, o híbrido A 2555 mostrou-se um dos mais densos. Isso ocorreu porque o peso volumétrico é afetado, além da densidade, pela forma e pela massa do grão, sendo o A 2555 um dos híbridos com menor massa de 100 grãos. Embora os valores de grãos boiantes e de peso volumétrico sejam indicadores indiretos da densidade dos grãos, a influência de uma variável sobre a outra foi parcial ( $r = -0,58$ ) (Tabela 3). O peso volumétrico é uma combinação da densidade dos grãos e da maneira como eles são dispostas no recipiente (Yuan & Flores, 1996), enquanto o método dos grãos boiantes dá uma idéia da relação entre endosperma duro e farináceo do grão (Bauer & Carter, 1986).

Embora a aparência de espigas (avaliação visual dos grãos na própria espiga) e a de grãos (avaliação visual dos grãos individualmente) tenham se correlacionado significativamente com  $r = 0,71$ , a associação entre os parâmetros grãos boiantes e peso volumétrico versus a aparência da espiga ( $r = 0,47$  e  $-0,39$ , respectivamente) foi melhor do que sua associação com a aparência dos grãos ( $r = 0,38$  e  $-0,28$ , respectivamente). Acrescenta-se que a avaliação das espigas é mais prática e rápida do que a dos grãos. Como os índices de correlação da aparência das espigas com os valores de grãos boiantes e peso volumétrico foram relativamente baixos nas análises individuais dos experimentos ( $r = 0,33$  a  $0,53$ , independente do sinal), em que a única fonte de variação foi a cultivar, conclui-se que a avaliação da aparência não é um método eficiente para prever a densidade dos grãos.

As cultivares apresentaram baixos valores de suscetibilidade à quebra. Os híbridos Fort,

A 4450, Exceler, XB 7011, A 2560 e 30F98 tiveram as maiores percentagens de quebramento, variando de 2,7 a 4,5% da massa. Essas cultivares tinham aparência diversa, sendo o A 4450 e 30F98 semidentados e os demais, semiduros. Entre as cultivares com maior suscetibilidade à quebra, nenhum apresentou elevada percentagem de grãos boiantes e apenas o 30F98 teve, em comparação aos demais genótipos, baixo peso volumétrico.

Embora a suscetibilidade à quebra tenha correlacionado positivamente com a percentagem de grãos boiantes ( $P < 0,05$ ), o índice de correlação foi muito baixo ( $r = 0,10$ ) e não houve correlação entre essas variáveis quando os experimentos foram analisados individualmente. A aparência, tanto da espiga como dos grãos, não se correlacionou com a suscetibilidade à quebra, exceto em Votuporanga. Nesse local, o índice de correlação entre aparência de espigas e grãos quebrados foi baixo (0,29) e indicou uma tendência de espigas com grãos dentados terem maior suscetibilidade à quebra.

Não houve correlação da suscetibilidade à quebra com a massa de 100 grãos, corroborando Moes & Vyn (1988) e Keniep & Mason (1989), e com o peso volumétrico. Correlações inconsistentes ou não-significativas entre suscetibilidade à quebra e a massa de grãos também foram encontradas por Moes & Vyn (1988) e Vyn & Moes (1988), mas Paulsen & Hill (1985) e Bauer & Carter (1986) encontraram correlação negativa entre essas duas variáveis.

Nas análises por local, a qualidade dos grãos correlacionou-se com a produtividade dos híbridos apenas em Cruzália. Da mesma maneira que observado por Duarte *et al.* (2005), em condições de verão, maiores produtividades estiveram associadas com valores menores de peso volumétrico e maiores de grãos boiantes, mas sem

alterar a suscetibilidade ao quebramento. Como as cultivares com menor produtividade tiveram tendência de apresentar grãos mais densos, rejeita-se a hipótese de que o emprego de cultivares pouco adaptadas contribui para diminuir a qualidade física dos grãos do milho safrinha. Não houve correlação entre a massa de 100 grãos, fator importante para o aumento da produtividade, e a suscetibilidade ao quebramento, corroborando Kenip & Mason (1989).

Na análise conjunta, a produtividade correlacionou-se negativamente com o quebramento dos grãos ( $r = -0,16$ ), provavelmente, devido às condições peculiares de produção do milho safrinha. Como não se obtiveram correlações significativas nas análises dos experimentos individualmente, em que a única variável era a cultivar, tem-se que as melhores condições ambientais para a produção também proporcionaram grãos menos frágeis aos impactos. Isso pode ser comprovado pelo fato de o melhor desenvolvimento dos grãos ter contribuído para o aumento da produtividade, com valor de correlação entre a massa de 100 grãos e a produtividade igual a 0,36. Acrescenta-se que os valores médios da suscetibilidade à quebra, em Assis, Cruzália e Votuporanga, foram de 2,6, 1,5 e 1,7%, respectivamente. Conforme já mencionado, Assis apresentou a menor produtividade.

Como as características de dureza e suscetibilidade à quebra dos grãos não estão necessariamente associadas, faz-se necessário empregar critérios diretos de avaliação da suscetibilidade à quebra dos grãos para tornar a recomendação de cultivares no mercado brasileiro mais criteriosa.

### Conclusões

Não houve correlação entre a produtividade e a qualidade física dos grãos, sendo que a

maioria dos híbridos apresentou grãos com valores altos de densidade e baixos de suscetibilidade à quebra.

A avaliação da aparência de dureza não é um método eficiente para predizer a densidade e a suscetibilidade à quebra dos grãos de milho.

Geralmente, a suscetibilidade à quebra não está associada com a densidade dos grãos em híbridos de milho cultivados em condições de safrinha.

### Literatura Citada

AHMADI, M.; WIEBOLD, W. J.; BEUERLEIN, J. E.; ECKERT, D. J.; SCHOPER, J. Agronomic Practices that affect corn kernel characteristics. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, p. 615-619, 1993

ALVES, W. M.; FARONI, L. R. D.; QUEIROZ, D. M.; CORRÊA, P. C.; GALVÃO, J. C. C. Qualidade dos grãos de milho em função da umidade de colheita e da temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, v. 5, n. 3, p. 469-474, 2001.

ANDERSON, D. E.; HALL, G. E. Test weight as a measure of corn soundness. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON MAIZE AND SOYBEAN QUALITY, 1990, Illinois. **Uniformity by 2000: Highlights na International Workshop on Maize and Soybean Quality – [proceedings]**. Urbana: University Illinois, 1991. p. 143-155. Editado por Lowell D. Hill.

BAUER, P. J.; CARTER, P. R. Effect of seeding date, plant density, moisture availability, and soil nitration fertility on maize kernel breakage susceptibility. **Crop Science**, Madison, v. 26, p.1220-1226, 1986.

- BRASIL. Ministerio da Agricultura e Reforma Agraria. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuaria. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratorio Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365 p.
- CONAB (Brasília, DF).. **Safras 2002/03 a 2005/06** - séries históricas: milho primeira safra e milho segunda safra. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 30 abr. 2007.
- DAVIDSON, V. J.; NOBLE, S. D.; BROWN, R.B. Effects of drying air temperature and humidity on stress cracks and breakage of maize kernels. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 77, n. 3, p. 303-308, 2000.
- DUARTE, A. P. Milho safrinha: Características e sistemas de produção. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção de milho**. Viçosa: UFV, 2004. P. 109-138.
- DUARTE, A. P.; MASON, S. C.; JACKSON, D. S.; KIEHL, J. C. Grain Quality of Brazilian Maize Genotype as Influenced by Nitrogen Level. **Crop Science**, Madison, v. 45, p. 1958-1864, 2005.
- DORSEY-REDDING, C.; HURBURGH JR, C. R.; JOHNSON, L. A.; FOX, S. R. Relationships among maize quality factors. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 68, p. 602-605, 1991.
- ECKHOFF, S. R.; PAULSEN, M. R. Maize. In: HENRY, R. J.; KETTLEWELL, P. S. **Cereal grain quality**. London: Chapman & Hall, 1996. p. 77-112.
- KNIEP, K. R.; MASON, S. C. Kernel breakage and density of normal and opaque-2 maize grain as influenced by irrigation and nitrogen. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 158-163, 1989.
- MOES, J.; VYN, T. J. Management effects on kernel breakage susceptibility of early maturing corn hybrids. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 699-704, 1988.
- NARVAES-GONZALEZ, E. D.; FIGUEROA-CARDENAS, J. D.; TABA, S.; TOSTADO, E. C.; PENICHE, R. A. M.; SANCHEZ, F. R. Relationships between the microstructure, physical features, and chemical composition of different maize accessions from Latin America. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 83, n. 6, p. 595-604, 2006.
- PAULSEN, M. R.; HILL, L. D. Corn quality factors affecting dry milling performance. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 31, p. 255-263, 1985
- PAULSEN, M. R.; HILL, L. D.; SHOVE, G. C.; KUHN, T. J. Corn breakage in overseas shipments to Japan. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 32, p. 1007-1014, 1989
- PAULSEN, M. R.; HILL, L. D.; WHITE, D. G.; SPRAGUE, G. F. Breakage susceptibility of corn-belt genotypes. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 32, p. 1007-1014, 1983
- PEPLINSKI, A. J.; PAULSEN, M. R.; ANDERSON, R. A.; KWOLEK, W. F. Physical, chemical, and dry milling characteristics of corn of varying density and breakage susceptibility. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 69, p. 397-400, 1989.
- POMERANZ, Y.; MARTIN, C.R.; TRAYLOR, D. D.; LAI, F. S. Corn hardness determination.

- Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 61, p. 147-150, 1984.
- SABATA, R.J.; MASON, S.C. Corn hybrid interactions with soil nitrogen level and water regime. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 5, p. 137-142, 1992.
- SERNA-SALDIVAR, S.O.; GOMEZ, M.H.; ROONEY, L.W. Food uses of regular and specialty corns and their dry-milled fractions. In: HALLAUER, A. R. **Specialty corns**. 2n.ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 304-333.
- SHANDERA, D.L.; JACKSON, D.S.; JOHNSON, B.E. Quality factors impacting processing of maize dent hybrids. **Maydica**, Bergamo, v. 42, p. 281-289, 1997.
- WILHELM, E. P.; MULLEN, R. E.; KEELING, P. L.; SINGLETARY, G. W. Heat stress during grain filling in maize: effects on kernel growth and metabolism. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1733-1741, 1999
- YUAN, J.; FLORES, R. A. Laboratory dry-milling performance of white corn: effect of physical and chemical corn characteristics. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 73, p. 574-578, 1996
- YVN, T. J.; MOES, J. Breakage susceptibility of corn kernels in relation to crop management under long growing season conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 915-920, 1988.
- YVN, T. J.; TOLLENAAR, M. Changes in chemical and physical quality parameters of maize grain during three decades of yield improvement. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 59, p. 135-140, 1998.