

## Resistência Genética e Características de Espigas na Incidência de Grãos Ardidos em Milho

**Gabriella Máximo Claudino Costa<sup>(1)</sup>, Rodrigo Véras da Costa<sup>(2)</sup>, Luciano Viana Cota<sup>(3)</sup>, Dagma Dionísia da Silva<sup>(4)</sup>, Talita Coeli Dangeles de Aparecida Ramos<sup>(5)</sup>, Fabrício Eustaquio Lanza<sup>(6)</sup>.**

<sup>(1)</sup>Estudante, Fundação Educacional Monsenhor Messias, Sete Lagoas, MG, e-mail: galbismaximo@gmail.com; <sup>(2)</sup>Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, e-mail: rodrigo.veras@embrapa.br; <sup>(3)</sup>Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, e-mail: luciano.cota@embrapa.br; <sup>(4)</sup>Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, e-mail: dagma.dionisia@embrapa.br; <sup>(5)</sup> Mestranda, Universidade Federal de São João Del Rei, Sete Lagoas, MG, e-mail: talita.tchely@gmail.com; <sup>(6)</sup>Bolsista de Pós Doutorado pela Fapemig, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, e-mail: falanza@bol.com.br.

**RESUMO:** O milho é uma das principais culturas agrícolas no Brasil e possui grande propensão à contaminação por fungos toxigênicos. Trinta e oito genótipos de milho contendo: híbridos, linhagens e variedades, foram avaliados quanto à: peso de grãos ardidos (PGA), número de grãos ardidos (NGA) e fungos fitopatogênicos associados aos grãos. Nas linhagens os valores de NGA e PGA foram maiores encontrados em L5 e L11, os menores valores foram encontrados na linhagem L1. Para incidência de *Fusarium* spp., a linhagem L6 apresentou a maior média, e a linhagem L9 a menor. Para o ensaio com híbridos Os híbridos BRS 3035, BRS 1001, Sint 10731, AG7088, BRS1055, 2A106, 2B707 HX, AG 7088, BRS1010 e 2A106 apresentaram os menores valores de NGA e PGA enquanto o híbrido BRS 2022 o maior. Para a incidência de *Fusarium* spp. os híbridos BRS 3035 e 2B707HX apresentaram as menores médias e os híbridos BRS 2022 e BRS 1040 as maiores. Para o fungo *Stenocarpella maydis* os cultivares Sint 10731, BRS 1001, BRS 3035, 2B707 HS, 1F640 e BRS 1055 apresentaram as menores médias, e o híbrido BRS 1060 o maior. Para este grupo, não foi observada diferenças à 5% de probabilidade entre as características nas espigas. A escolha de cultivares com espigas bem empalhadas e decumbentes diminuem a incidência de grãos ardidos em milho e a utilização de cultivares mais resistentes contra fungos que infectam as espigas.

**Termos de indexação:** grãos ardidos, empalhamento e decumbência.

### INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é largamente cultivado e consumido em todo mundo. Dentre os fatores que afetam a produtividade e a qualidade dos grãos destacam-se as podridões de espigas, resultando na incidência de grãos ardidos. Esses fungos atuam de forma bastante agressiva na qualidade sanitária dos grãos, pois a infecção por esses organismos resulta na paralisação do processo normal de enchimento dos grãos e reduz o peso das espigas. Como padrão de qualidade são aceitáveis os valores máximos de 2% de grãos ardidos para a exportação e 6% para a comercialização no mercado interno (Mendes et al., 2012). Um fator importante inerente ao genótipo de milho a ser utilizado, que podem promover resistência contra as doenças que afetam a espiga estão relacionados com algumas características de espigas, como o nível de empalhamento e o nível de decumbência também pode ser uma característica muito importante na qualidade final dos grãos. (Costa et al., 1996).

Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar a reação de linhagens e cultivares de milho quanto a resistência a fungos causadores de grãos ardidos, a influência do nível de empalhamento e da decumbência das espigas na incidência de grãos ardidos e a identificação de fungos fitopatogênicos associados às podridões de espigas.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos (1 e 2) na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), na safra 2010-2011. Ambos os plantios foram realizados em 23 de novembro de 2010. No experimento 1 foram

utilizadas 13 linhagens elites, nomeadas de L1 até L13, originadas do programa de melhoramento. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições. As parcelas experimentais foram compostas por duas linhas de 5 metros com espaçamento de 0,8 metros entre as linhas. No experimento 2 foram utilizados 25 cultivares (híbridos e variedades). O delineamento foi o de blocos ao acaso com duas repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de uma linha de 4 metros e espaçamento de 0,8 metros entre as linhas.

Em ambos os experimentos, a avaliação do empalhamento das espigas foi realizada no campo na fase de maturação fisiológica dos grãos. Para a avaliação do grau de empalhamento foram atribuídas notas variando de 1 a 5, sendo 1 a nota para o melhor nível de empalhamento e 5 a nota para espigas mal empalhadas. As notas foram dadas às espigas de todas as plantas. As amostras de grãos foram pesadas e os grãos separados visualmente em ardidos e sadios. A partir dos grãos considerados ardidos foram realizados testes de patologia dos grãos de acordo com a metodologia descrita para regra de análise de sementes (Brasil, 2009). Em seguida, procedeu-se a desinfestação dos grãos por meio da imersão em hipoclorito de sódio a 2%, por 5 minutos e três lavagens com água destilada esterilizada. Posteriormente, os grãos foram plaqueados em caixa do tipo gerbox, previamente desinfestadas com álcool a 70%, contendo papel de filtro esterilizado e umedecido com Agar-Água a 5%. As caixas gerbox, contendo as amostras, foram mantidas por 24 horas em temperatura ambiente para dar início ao processo biológico de germinação dos grãos. Em seguida as caixas foram transferidas para o freezer a uma temperatura de -5 °C, para a paralisação da germinação. Após 24 horas, os gerbox foram transferidos para câmara de incubação, ajustada à temperatura de 24 °C e fotoperíodo de 12 horas, permanecendo por 15 dias. Após esse período, foi realizada a identificação e quantificação dos patógenos fúngicos associados aos grãos com o auxílio de microscópio estereoscópio e microscópio binocular.

### Delineamento e análise estatística

Para a análise estatística, os valores de porcentagem de grãos ardidos (PGA), e porcentagem do número de grãos ardidos (NGA) e incidência de fungos foram transformados por  $(Y + 0,5)^{1/2}$  e submetidos à análise de variância. As médias, quando significativas, foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade utilizando o programa SISVAR®-Version 5.3 software Build 75 (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento com as linhagens, apesar da incidência de grãos ardidos ter sido relativamente baixa (inferior a 5%), foi possível detectar diferenças significativas entre as linhagens (Tabela 1). As linhagens 5 e 11 apresentaram os maiores valores de incidência de grãos ardidos, considerando as variáveis PGA e NGA. Os menores valores de PGA e NGA foram observados para a linhagem 1. As demais linhagens apresentam valores intermediários de incidência de grãos ardidos.

Maiores valores de incidência foram detectados para o fungo do gênero *Fusarium* spp. A linhagem 9 apresentou a menor média de incidência e as linhagens 2, 1 e 6 os maiores valores. Outras espécies de fungos presentes nos grãos, como *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., e *Stenocarpella* spp., foram encontrados em baixa incidência.

No experimento com cultivares, apesar da incidência de grãos ardidos ter sido baixa (inferior a 5%), foi possível observar diferenças significativas entre os materiais (Tabela 2). Considerando as variáveis PGA e NGA, os cultivares BRS 3035, BRS 1001, Sint 10731, AG7088, BRS1055, 2A106, 2B707 HX, AG 7088, BRS1010 e 2A106 apresentaram os menores valores de porcentagem de grãos ardidos, cujas médias não diferiram entre si. O maior valor para PGA e NGA foi observado no híbrido BRS 2022. Os demais cultivares apresentaram valores intermediários na incidência de grãos ardidos. Os principais fungos detectados nos grãos foram *Fusarium* spp. e *Stenocarpella maydis*. Para a incidência de *Fusarium* spp. os híbridos BRS 3035 e 2B707 HX apresentaram os menores valores e os híbridos BRS 2022 e BRS 1040 os maiores valores. Para o fungo *S. maydis* os cultivares Sint 10731, BRS 1001, BRS 3035, 2B707 HS, 1F640 e BRS 1055 apresentaram os menores valores na incidência de grãos ardidos, e o híbrido BRS 1060 o maior valor.

Para as características de espigas, no caso do ensaio com as linhagens, foram observados valores de PGA, significativamente maiores nas espigas não decumbentes. De forma semelhante, em espigas mal empalhadas, os valores de PGA foram significativamente maiores quando comparados às espigas bem empalhadas (Figura 1). Para o NGA foi observado maiores valores quando se avaliou as espigas não decumbentes, e os menores valores, observados para as espigas decumbentes. As espigas mal empalhadas apresentaram os valores mais elevados de NGA quando comparadas às espigas bem empalhadas (Figura 2). Entretanto, para as características de espigas dos cultivares (híbridos e variedades), não houve diferença significativa para o PGA e NGA, a 5% de probabilidade.

Os resultados das avaliações feitas em linhagens e cultivares demonstram grande variabilidade entre os mesmos em relação à incidência de grãos ardidos. Segundo Pinto (2000; 2001; 2003) há

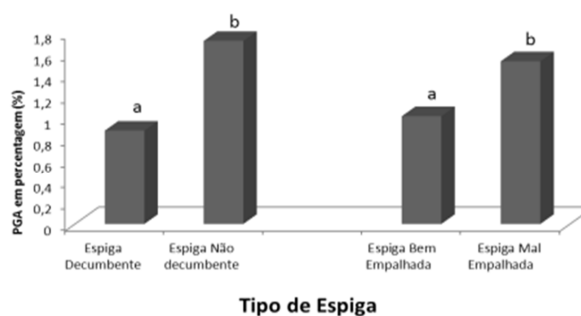
diferenças significativas entre cultivares de milho em relação à incidência de grãos ardidos. Cruz (2012) destacam que a sanidade dos grãos também deve merecer atenção na escolha da cultivar. Esta característica é função principalmente da resistência genética da cultivar aos fungos que atacam o grão e está normalmente associada a um bom empalhamento. Além dos aspectos de resistência genética relacionados as cultivares, também deve-se priorizar a escolha de cultivares como bom empalhamento e decumbência.

Alguns trabalhos demonstram que para a prevenção contra a infecção dos grãos de milho deve-se considerar um conjunto de medidas, como a utilização de cultivares de milho com espigas decumbentes e cultivares de milho com grãos mais resistentes. E ainda relatam que, por meio de um programa de melhoramento direcionado para esse fim, podem-se encontrar linhagens resistentes à podridão da espiga (Pinto, 2003). Segundo Koehler (1942), infecções por *Fusarium* ocorrem em maior incidência em espigas apresentando mal empalhamento. Farrar e Davis (1991) afirmam que a incidência de podridão por *Fusarium* spp. está altamente correlacionada com perdas no empalhamento na fase de espiga já polinizada (cabelo da espiga de coloração marrom). Mario e Reis (2003) relatam que o aumento da incidência de *S. maydis* em grãos pode ser atribuído à maior disponibilidade de inóculo nos restos culturais, de onde os esporos podem ter sido liberados e transportados pelo vento até os sítios de infecção.

Neste trabalho, os resultados de características das espigas demonstram que em linhagens, o bom empalhamento e a decumbência, onde a palha protege bem os grãos e a ponta da espiga está voltada para o solo, reduzem o apodrecimento dos grãos e exercem uma grande redução nos valores de grãos ardidos, pois impedem a entrada de água de chuvas que podem transportar propágulos patogênicos por entre as palhas, sendo um dos importantes fatores a resistência contra as doenças que afetam a espiga. Segundo Costa et al. (1996), é recomendável que o agricultor escolha o milho que possua espigas bem empalhadas e com boa decumbência. Kommedahl e Windels (1981) relatam que espigas mal empalhadas, com palhas frouxas, não totalmente cobertas e espigas não decumbentes são mais predispostas à infecção por fungos devido à maior facilidade de acesso desses fungos aos grãos. Tais resultados também corroboram com os encontrados por Cassini (1981), que também afirma que a incidência de grãos ardidos em cultivares com espigas bem empalhadas é baixa.

(PGA), número de grãos ardidos (NGA) e incidência de *Fusarium spp* em (%) em 13 linhagens de milho. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si na coluna por Tukey a 5%.

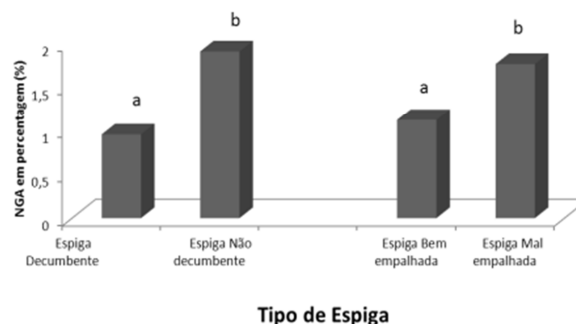
Linhagens	% PGA	% NGA	<i>Fusarium</i> spp(%)
L1	0,77 a	0,82 a	9,17 b
L2	2,02 b-e	2,27 b-e	8,92 b
L3	1,53 a-d	1,68 a-d	7,93 ab
L4	0,96 ab	1,12 ab	7,67 ab
L5	2,69 e	2,92 e	8,59 ab
L6	1,25 a-c	1,40 a-d	9,41 b
L7	1,77 a-e	2,04 b-e	8,39 ab
L8	1,55 a-d	1,83 a-e	7,90 ab
L9	1,08 ab	1,20 a-c	6,62 a
L10	2,35 c-e	2,46 de	7,92 ab
L11	2,44 de	2,88 e	7,91 ab
L12	1,54 a-e	1,73 a-d	8,06 ab
L13	2,20 c-e	2,33 c-e	7,98 ab
CV (%)	21.67	20.23	8.23



CV: 33,86

CV: 20,14

**Figura 1.** Médias das porcentagens de grãos ardidos em peso (PGA) em linhagens para o empalhamento e a decumbência das espigas de milho. As médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



CV: 34,15

CV: 21,65

**Figura 2.** Médias das porcentagens de grãos ardidos em número (NGA) em linhagens para o

## Figuras e Tabelas

**Tabela 1** – Porcentagem de grãos ardidos em peso

empalhamento e a decumbência das espigas de milho. As médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

## CONCLUSÕES

Existe variabilidade no germoplasma de milho quanto a resistência aos fungos causadores de grãos ardidos. Diante disso, recomenda-se a utilização de cultivares mais resistentes aos fungos que infectam as espigas.

Baseado nas características de espigas, os resultados evidenciam a importância da escolha de cultivares que apresentam espigas bem empalhadas e decumbentes para diminuição da incidência de grãos ardidos em milho.

Os fungos do gênero *Fusarium* foram predominantes nos grãos de milho avaliados no presente trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: CNPq, Capes, FAPEMIG, Embrapa Milho e Sorgo e UFSJ pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.

CASSINI, R. *Fusarium* diseases of cereals in Western Europe. In: NELSON, P. E.; TOUSSOUN, T. A.; COOK, R. J. (Ed.). **Fusarium: diseases, biology, and taxonomy**. University Park: Pennsylvania States University, 1981. p. 60.

COSTA, J. G.; CAMPOS, I. S.; MARINHO, J. T. S. **Efeito do empalhamento, dobramento de planta, tipo de grão e época de colheita sobre a perda de peso de milho no campo**. Rio Branco: Embrapa-CPAF, 1996. (Embrapa-CPAF. Comunicado técnico, 67).

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; CRUZ, J. C.; SILVA, D. D.; GUIMARÃES, L. J. M.; MENDES, S. M. **Recomendações para redução da incidência em grãos ardidos em milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 38).

CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1). Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducao16\\_1ga1ceportlet&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducao16\\_1ga1ceportlet&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicid=3715&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_mode=view](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_state=normal&p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1ga1ceportlet&p_r_p_-76293187_sistemaProducao16_1ga1ceportlet&p_r_p_-996514994_topicid=3715&p_p_col_count=1&p_p_col_id=column-1&p_p_mode=view)>. Acesso em: 14 maio 2014.

FARRAR, J. J.; DAVIS, R. M. Relationship among ear morphology, Western flower thrips, and *Fusarium* ear rot of corn. **Phytopathology**, St. Paul, v. 81, p. 661-666, 1991.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

KOEHLER, B. Natural mode of entrance of fungi into corn ears and some symptoms that indicate infections. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 62, p. 421-443, 1942.

KOMMEDAHL, T.; WINDELS, C. E. Root, stalk, and ear – infecting *Fusarium* species on corn in the USA. In: NELSON, P. E.; TOUSSOUN, T. A.; COOK, R. J. (Ed.). **Fusarium: diseases, biology, and taxonomy**. University Park: Pennsylvania States University, 1981. p. 95.

MARIO, J. L.; REIS, E. M. Método simples para diferenciar *Diplodiamacrospora* de *D. maydis* em testes de patologia de sementes de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 670-672, 2001.

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. V.; PINHO, E. V. R. V.; FARIA, M. V. Comportamento de híbridos de milho inoculados com os fungos causadores do complexo grãos ardidos e associação com parâmetros químicos e bioquímicos. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 8, p. 275-292, 2012.

PINTO, N. F. J. A. Patologia de grãos de milho em pré-colheita. **Summa Phytopathologica**, v. 26, p. 104, 2000.

PINTO, N. F. J. A. Incidência de grãos ardidos em cultivares de milho precoce. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 27, p. 433-436, 2001.

PINTO, N. F. J. A. Incidência de grãos ardidos em diferentes tipos de milho. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 29, p. 63-67, 2003.

PINTO, N. F. J. A.; VARGAS, E. A.; REIS, R. A. Qualidade sanitária e produção de fumonisina B1 em grãos de milho na fase de pré-colheita. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 33, p. 304-306, 2007.

WARFIELD, C. Y.; DAVIS, R. M. Importance of the covering on the susceptibility of corn hybrids to *Fusarium* ear rot. **Plant Disease**, St. Paul, v. 80, p. 208-210, 1996.



**Tabela 2.** Porcentagem de grãos ardidos em peso (PGA), número de grãos ardidos (NGA), incidência de *Fusarium* spp. e incidência de *Stenorcapelamaydis* em 25 cultivares de milho. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si na coluna por Tukey a 5%.

<b>Cultivar</b>	<b>% PGA</b>	<b>% NGA</b>	<b><i>Fusarium</i> spp.</b>	<b><i>Stenorcapelamaydis</i></b>
BRS 3035	0,73 a	0,73 a	0,70 a	0,70 a
BRS 1001	0,73 a	0,74 a	3,03 a-c	0,77 a
Sint 10731	0,78 a	0,82 a	4,83 a-c	1,04 a
AG7088	0,82 a	0,83 a	6,53 a-c	1,06 ab
BRS 1055	0,82 a	0,86 a	5,15 a-c	0,70 a
2A106	0,83 a	0,94 a	7,95 bc	1,41 ab
P30F35 H	0,93 ab	0,96 ab	3,49 a-c	1,79 ab
BRS 1035	0,99 ab	1,04 ab	7,46 bc	1,56 ab
BRS 1031	1,00 ab	1,24 a	4,11 a-c	3,12 bc
BRS 3025	1,01 ab	1,19 ab	6,16 a-c	1,90 ab
2B707 HX	1,04 ab	0,71 a	1,87 ab	1,11 ab
1F640	1,04 ab	1,40 ac	7,61 bc	0,86 a
BRS 1010	1,07 ab	0,90 a	5,47 a-c	2,27 abc
DKB390YG	1,11 ab	1,30 ab	7,04 bc	2,01 ab
BRS 4103	1,14 ab	1,25 ab	5,83 a-c	2,47 abc
BRS 1040	1,17 ab	1,32 ab	9,11 c	1,79 ab
BRSCaimbé	1,18 ab	1,33 ab	4,96 a-c	2,55 abc
BR 106	1,25 a-c	1,39 a-c	3,87 a-c	1,66 ab
BRS 1060	1,30 a-c	1,62 a-c	5,59 a-c	5,64 c
BRS 1030	1,34 a-c	1,39 a-c	5,88 a-c	2,01 ab
Sint 10747	1,38 a-c	1,37 ab	7,41 bc	1,48 ab
BR 206	1,43 a-c	1,75 a-c	6,28 a-c	0,96 a
AG9040	2,01 b-d	2,57 b-d	7,39 bc	2,78 abc
P3862 Y	2,38 cd	2,29 cd	5,26 a-c	4,37 c
BRS 2022	2,67 d	3,04 d	8,13 c	2,99 abc
CV (%)	49.48	49.54	57,38	86.94