



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS IPAMERI
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal



DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA EM HÍBRIDOS SIMPLES DE SORGO GRANÍFERO

AUAC BRENO LAFE

MESTRADO

Ipameri-GO
2017

AUAC BRENO LAFE

**DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA EM HÍBRIDOS SIMPLES DE SORGO
GRANÍFERO**

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Rodrigues

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus de Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri-Goiás
2017

Lafe, Breno Auac.
Depressão por endogamia em híbridos simples de sorgo
granífero/Auac Breno Lafe. - 2017. 21 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Fabricio Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de
Goiás, Câmpus Ipameri 2017.
Bibliografia.

1. Ciências Agrárias. 2. Agronomia. 3.Sorgo Granífero.
I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA EM HÍBRIDO SIMPLES DE SORGO GRANÍFERO”

AUTOR: Auac Breno Lafe

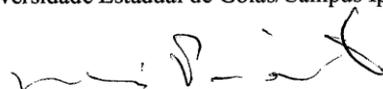
ORIENTADOR: Fabricio Rodrigues

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:



Prof. Dr. FABRICIO RODRIGUES
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO


Prof.ª Dra. MARIANA PINA DA SILVA BERTI
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO


Prof. Dr. NEI PEIXOTO
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

Data da realização: 31 de março de 2017

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade fornecida

Ao professor orientador Dr. Fabrício Rodrigues, pelo apoio e paciência na elaboração do projeto.

Aos professores, pelos ensinamentos e ajuda técnica/científica, durante as aulas da pós-graduação e na execução do experimento.

Às empresas fornecedoras de sementes de sorgo para execução do projeto, em especial os grupos de agronegócios Terra Viva, Soma Agrícola e Charrua.

A UEG, pela oportunidade de participar do programa de pós-graduação, com estruturas e corpo docente de ótima qualidade.

À toda minha família, em especial a minha mãe Iraci Batista Lafe, que sempre me apoiou nos estudos.

Aos amigos que não mediram esforços no acompanhamento do projeto, em especial aos integrantes do grupo de estudo MelhorVe, Ayure, Cecília, Franciele e Rafael.

Aos amigos companheiros de mestrado por todo incentivo na jornada de estudo, em especial a Priscilla Freitas, pelos conselhos e amizade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para essa conquista.

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------|----|
| RESUMO | iv |
| ABSTRACT | v |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 OBJETIVOS..... | 3 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 4 |
| 3.1 Caracterização da área experimental | 4 |
| 3.2 Variáveis analisadas | 5 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 11 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 11 |
| 6 REFERÊNCIAS | 12 |

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo avaliar híbridos simples suas respectivas gerações de autofecundação, com o intuito de identificar efeitos da depressão por endogamia em sorgo granífero. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Universidade Estadual de Goiás, localizada no município de Ipameri, GO. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 15 tratamentos (F_1 , F_2 e F_3), com quatro repetições. Os caracteres avaliados para a determinação da depressão por endogamia foram altura de planta (ALT), diâmetro de caule (DIAM), floração (FLOR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), número de espiguetas por planta (NEP) e peso de grãos por planta (PGP). Os resultados da análise de variância apresentaram diferenças significativas ($p < 0,01$) para todas variáveis analisadas. Todas as variáveis em F_2 apresentaram depressão por endogamia com percentuais médios para ALT, DIAM, FLOR, MSPA, MSR, NEP e PGP, de 7,9; 18,0; 4,4; 24,8; 30,7; 36,8 e 37,7%, respectivamente. Em F_3 , os resultados revelam maiores índices médios de endogamia para as variáveis ALT, FLOR, MSPA e MSR, com valores de 8,7; 11,2; 29,9 e 36,9 %, respectivamente. Os híbridos 50A50, 50A70 e Buster apresentaram estimativas de depressão por endogamia para a maioria das variáveis analisadas com variações de índices endogâmicos entre as gerações F_2 e F_3 . Em adição, conclui-se que os híbridos de sorgo 50A50, 50A70 e Buster apresentaram depressão endogâmica suficientes para serem indicados na obtenção de linhagens promissoras e na seleção recorrente.

Termos de indexação: *Sorghum bicolor*, endogâmico, perda de vigor, ação gênica, melhoramento de plantas.

ABSTRACT

The present study objective to evaluate simple hybrids of their respective generations of self - fertilization, in order to identify the effects of inbreeding depression on sorghum. The experiments were conducted at the State University of Goiás under greenhouse conditions located in the municipality of Ipameri, GO. The experimental design was a randomized block design, with 15 treatments (F₁, F₂ and F₃), with four replications. The evaluated traits for the determination of inbreeding depression were plant height (ALT), stem diameter (DIAM), flowering (FLOR), dry shoot mass (MSPA), dry root mass (MSR), number of spikelets per plant (NEP) and grain weight per plant (PGP). The results of the analysis of variance showed significant differences ($p < 0.01$) for all analyzed variables. All variables in F₂ presented inbreeding depression with percentages for ALT, DIAM, FLOR, MSPA, MSR, NEP and PGP, with mean values of 7.9; 18.0; 4.4; 24.8; 30.7; 36.8 and 37.7%. In F₃, the results showed higher average rates of inbreeding depression for ALT, FLOR, MSPA and MSR, with values of 8.7; 11.2; 29.9 and 36.9%, respectively. Hybrids 50A50, 50A70 and Buster presented estimates of inbreeding depression for most variables analyzed with variations of inbreeding rates between the F₂ and F₃ generations. In addition, it was concluded that the 50A50, 50A70 and Buster sorghum hybrids presented sufficient inbreeding depression to be indicated in obtaining promising lines and recurrent selection.

Index terms: *Sorghum bicolor*, endogamic, loss of vigor, gene action, plant breeding.

1 INTRODUÇÃO

O sorgo granífero possui amplo potencial para uso nos cultivos da safrinha, pois, permite uma maior amplitude na época de semeadura, possibilitando maior flexibilidade na implantação da lavoura (TARDIN *et al.*, 2013). Além disso, é o quinto cereal mais importante do mundo, tornando-se uma das principais fontes de alimento em países da África, Ásia e da América Central (BILLOT *et al.*, 2013).

O Brasil está em oitavo lugar, entre os países mais produtores, juntamente com Estados Unidos, México, Nigéria, Índia, Argentina, Etiópia e China (CORDER, 2015). Segundo os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), estima-se que a área ocupada pelo sorgo no Brasil é de 701 mil hectares, na região Centro-Oeste, o estado de Goiás, destaca-se entre as regiões produtoras, sendo responsável pela maior área plantada e uma das maiores produtividades média, com 3.441 kg ha⁻¹. Em relação à produtividade, a média nacional do país é baixa, correspondendo apenas em 2.831 kg ha⁻¹, tal fato pode ser explicado pelas às oscilações de ambiente de cultivo (CONAB, 2017).

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma planta anual da família das poáceas, diplóide, essencialmente de autopolinização e com uma frequência de cruzamento baixa. Com flores andróginas e, sua inflorescência, é tipo panícula, ereta, situada no ápice da planta. A panícula apresenta numerosas espiguetas sustentadas frequentemente por uma única haste, que se encontram aos pares (DURÃES, 2014).

A espécie é autógama, sendo que as primeiras cultivares de sorgo eram linhagens. Posteriormente, os programas de melhoramento de sorgo passaram a desenvolver híbridos simples comerciais, devido à presença de alelos favoráveis, à ampla adaptabilidade e, principalmente, ao avançado grau de melhoramento em que tais cultivares se encontraram (OLIBONI *et al.*, 2013), além de aproveitar efeito heterótico obtido a partir de cruzamentos específicos.

A obtenção de cultivares híbridas baseia-se no vigor híbrido a ser explorado, com o intuito também de manter a cadeia produtiva por meio da compra e venda das sementes híbridas. O estabelecimento dos programas de melhoramento em sorgo granífero com base na heterose torna-se viável, a depender de alguns fatores como: escolha da população base, a qual está vinculada ao germoplasma disponível; desenvolvimento de linhagens parentais com alta capacidade de combinação para características de interesse; definição dos cruzamentos e avaliação dos híbridos experimentais obtidos com a finalidade de alcançar maior divergência genética (LOMBARDI, 2016).

O melhoramento genético de sorgo granífero visando à obtenção de híbridos, pode ser viabilizado através de estudos sobre o possível efeito heterótico e da depressão por endogamia existente nas características agronômicas (PFEIFFER *et al.*, 2010). Assim, possibilita a identificação de parentais com maior potencial para as características desejadas e reduz o número de cruzamentos a serem realizados, com o objetivo de se obter a maior efeito heterótico ao final do processo.

O sorgo apresenta uma pequena depressão por endogamia podendo limitar o número de linhagens promissoras a serem extraídas dos bancos de germoplasma, sendo um dos indicativos do potencial das populações para uso no melhoramento genético (HALLAUER *et al.*, 2010).

2 OBJETIVOS

O presente estudo tem por objetivo avaliar híbridos simples suas respectivas gerações de autofecundação, com o intuito de identificar efeitos da depressão por endogamia em sorgo granífero.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Estadual de Goiás, localizada no município de Ipameri, GO (Lat. 170 43' 19'' S, Long. 480 09' 35'' W, Alt. 773 m), em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 15 tratamentos (F₁, F₂ e F₃), com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco híbridos simples comerciais de sorgo (Tabela 1) e suas respectivas autofecundações (F₂ e F₃). As sementes das gerações F₂ e F₃ são provenientes do programa de melhoramento da UEG, do Grupo de Pesquisa Melhoramento Vegetal.

Tabela 1. Descrição dos híbridos comerciais de sorgo utilizados para obtenção das populações. Ipameri, GO, 2016.

| Denominação | Base Genética | Florescimento | Altura de planta | Cor do Grão |
|-------------|-----------------|---------------|------------------|-------------|
| 50A50 | Híbrido simples | 55 a 65 | 1,25 m | Castanho |
| 50A70 | Híbrido simples | 55 a 65 | 1,15 m | Castanho |
| Buster | Híbrido simples | 55 a 60 | 1 a 1,3 m | Avermelhado |
| DKB 540 | Híbrido simples | 55 a 60 | 1 a 1,3 m | Laranja |
| Fox | Híbrido simples | 50 a 55 | 1 a 1,3 m | Laranja |

fonte: Empresas detentora da genética do híbrido

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, com textura 300, 80, 620 de argila, silte e areia, conforme Embrapa (2013). O solo foi coletado na área experimental da UEG, na camada de 0-20 cm, foi peneirado e calcariado, conforme análise química do solo (Tabela 2).

Para correção do pH a aplicação do calcário ocorreu 20 dias antes do plantio, na proporção de 2000 kg ha⁻¹. A adubação de plantio foi realizada, na proporção de 300 kg ha⁻¹ da formulação NPK (8-28-16), foi feita adubação nitrogenada com 200 kg ha⁻¹ de ureia.

Tabela 2. Principais atributos químicos do solo (0-20 cm de profundidade), provenientes de oito amostras diferentes, sem qualquer aplicação de fertilizantes. Ipameri, GO, 2016.

| CARACTERÍSTICAS | pH | M.O. | P _{Melich} | H+Al | K | Ca | Mg | SB | CTC | V |
|-----------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | CaCl ₂ | g dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | cmolc/dm ⁻³ | | | % | | | |
| SOLO | 5,1 | 20,6 | 1,0 | 2,26 | 0,09 | 1,56 | 0,74 | 49,8 | 4,67 | 15,5 |

pH – acidez ativa, M.O. – Matéria orgânica, P – Fósforo disponível, H+Al – acidez potencial, k – Potássio disponível, Ca – Cálcio trocável, Mg – Magnésio trocável, CTC – Capacidade de troca catiônica efetiva, V% – Saturação por bases. fonte: Elaborada pelo autor

Os híbridos e as gerações autofecundadas F_2 e F_3 , foram semeadas em vasos de volume de oito litros, em 12 de maio de 2016, com cinco sementes por vaso, fazendo o desbaste em V_3 , deixando uma planta por vaso. Os tratos culturais realizados foram capina, em fase inicial até V_5 e aplicação de defensivos com a finalidade de controlar lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* com a aplicação de metomil na dose de 215 g L^{-1} de princípio ativo por hectare e as doenças antracnose (*Colletotrichum sublineolum*) e helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), com a aplicação de azoxistrobina + ciproconazole, na dose de 60 e 24 g L^{-1} de princípio ativo por hectare.

3.2 Variáveis analisadas

Foram mensuradas as seguintes variáveis: altura de planta (ALT) - medida referente à altura da planta, do solo ao ápice por meio de régua graduada, em cm; diâmetro do colmo (DIAM) - medida referente ao diâmetro da planta, a dois cm do solo, com auxílio do paquímetro digital, em mm; floração (FLOR) - número de dias após germinação, quando metade das flores das panículas estão em plena floração, em dias; massa seca da parte aérea (MSPA) - medida referente a massa total da parte aérea seca, os quais as folhas e colmos são colocados em sacos de papel, logo após, alocados em estufa por um período de 72 horas, a 65°C e, posteriormente, pesados para determinação da massa seca, em gramas; massa seca de raiz (MSR) - medida referente a massa da raiz seca, utilizando o mesmo procedimento relatado acima para MSPA, em gramas; número total de espiguetas (NEP) - realizado através da contagem de todas espiguetas presentes na panícula das plantas representativas da parcela, expressos em unidade; peso dos grãos por planta (PGP) - medidos através da pesagem do total de grãos, provenientes das panículas.

A depressão por endogamia entre os híbridos comerciais e suas populações F_2 e F_3 foi estimada por meio da seguinte expressão:

$$P = [(F_1 - F_2)/F_1] * 100$$

$$P = [(F_2 - F_3)/F_2] * 100$$

D: depressão por endogamia;

F_1 : média do híbrido comercial;

F_2 : média da população após uma geração de autofecundação

F_3 : média da população após duas gerações de autofecundação

Os dados coletados foram submetidos, inicialmente, a análise de variância e as médias por Scott-Knott (5% de probabilidade) utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Logo após, foram estimados os parâmetros genéticos utilizando o procedimento apresentado por Cruz e Regazzi (2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância apresentaram diferenças significativas ($p < 0,01$) em relação às variáveis ALT, DMC, FLOR, MSPA, MSR, NEP e PGP (Tabela 3). Os genótipos avaliados obtiveram comportamentos divergentes, o que revela a existência de variabilidade genética entre os híbridos e suas gerações de autofecundação. O coeficiente de variação experimental variou de 5,2%, para ALT, a 19,9%, para PGP. A ocorrência do coeficiente de variação mais elevado para PGP é aceitável, por se tratar de um caráter quantitativo e de grande influência ambiental. Segundo Ramalho et al (2012), os valores dos coeficientes de variação estão de acordo aos encontrados na literatura para experimentação em melhoramento de plantas. Pimentel Gomes (2000), demonstra que houve boa condução experimental, onde considera-se adequado para a cultura do sorgo coeficientes de variação abaixo de 20%.

Tabela 3. Quadrado médio para altura de planta (ALT), diâmetro de colmo (DIAM), número de folhas (NF), Dias após plantio (FLOR), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), número de espiguetas por planta (NEP) e peso de grãos por planta (PGP).

| Fonte de variação | GL | Quadrados Médios | | | | | | |
|-------------------|----|------------------|--------|---------|----------|-----------|----------|----------|
| | | ALT | DMC | FLOR | MSPA | MSR | PGP | NEP |
| Genótipo | 14 | 92,47** | 12,03* | 112,44* | 584,13** | 2043,39** | 184,10** | 288,91** |
| Bloco | 3 | 8,43 | 0,45 | 9,51 | 4,16 | 340,42 | 8,65 | 0,61 |
| Erro | 42 | 5,13 | 1,10 | 8,36 | 10,46 | 88,72 | 16,77 | 11,34 |
| CV (%) | | 5,23 | 6,89 | 4,44 | 7,74 | 19,06 | 19,91 | 7,76 |

** significativo a 1%, * significativo a 5% de probabilidade; NS = não significativo pelo teste F.
 fonte: Elaborada pelo autor

Observa-se, na Tabela 4, que as médias das variáveis avaliadas para ALT e DIAM nos híbridos autofecundados foram inferiores às médias observadas nos híbridos comerciais de sorgo, mostrando que houve redução de produção dos componentes avaliados, evidenciando expectativa de diversidade genética entre os híbridos comerciais de sorgo.

No que diz respeito ao caráter ALT, o híbrido 50A70, em F₂ apresentou efeito heterótico (Tabela 4), enquanto os demais híbridos estudados apresentaram endogamia em F₂, variando de 5,5% a 11,3% para os híbridos 50A50 e Buster respectivamente (Tabela 4), com média positiva de 7,9% de endogamia para ALT entre os híbridos avaliados, reduzindo por volta de 3,6 cm na ALT das plantas (Tabela 4). Rebetzke et al. (2012) estudando capacidade de combinação de genes em trigo, verificou que a presença dos genes Rht-B1b ou Rht-D1b resultou em uma depressão por endogamia média de 17% na estatura das plantas, com consequente aumento na resistência ao acamamento. Scapim et al. (2006) pesquisando

componentes genéticos e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca, relataram depressão por endogamia de 10% para altura de planta em híbridos de milho, sendo que ponto de vista dos efeitos genéticos, as estimativas da depressão por endogamia são menores para altura da planta em relação ao rendimento de grãos porque os efeitos gênicos de dominância são menos importantes (LIMA et al., 1984). Em F₃ todos os híbridos analisados apresentaram endogamia variando de 23,3 a 1,5% para os híbridos Buster e 50A50, com média positiva de 8,6% de endogamia (tabela 4) e redução média de 3,68 cm na ALT, evidenciando que houve maior depressão por endogamia na ALT ao passar da geração F₂ para F₃ (Tabela 4). Tanto para F₂ quanto para F₃ o híbrido Buster apresentou os maiores índices de depressão por endogamia 11,3% e 23,3%, reduzindo em ALT 11,4 e 23,1 cm respectivamente, constatamos que o caráter ALT não teve relação com PGP em F₂ e F₃. Estes resultados sugerem que tanto plantas de menor, quanto de maior estatura, podem produzir elevados rendimentos.

As estimativas de Depressão por endogamia para DIAM são mais notórias e mais expressivas em comparação aos valores encontrados no caráter ALT na geração F₁ para F₂, onde observou-se endogamia positiva em todos os híbridos, variando de 9,2% a 26,8% nos híbridos 50A70 e Fox com média de 18%, resultando em uma diminuição média de 3,1 mm no DIAM do colmo, enquanto na geração F₂ para F₃ houve depressão por endogamia nos híbridos 50A70, 3,6% e Buster, 9,9%, onde tivemos uma perda média de 1,11 mm no DIAM do colmo. Na literatura consultada valores de depressão por endogamia para DIAM e ALT estão relacionados ao acamamento na cultura da cultura do sorgo forrageiro, em grande parte acompanhada de efeitos heteróticos. Em *Eucalyptus spp.* Hardner & Potts (1995) estimaram a depressão por endogamia no diâmetro de 21%, aos 19 meses, e aos 43 meses, o efeito da endogamia acentuou-se, 24% no diâmetro, estudando desempenho dos descendentes de clones de *eucalyptus spp.* autofecundados e cruzados. Dentre os híbridos estudados para esta característica o genótipo Fox apresentou maior índice em F₂ com 26,8% e Buster em F₃ com 9,9%.

Com relação a variável FLOR, os genótipos 50A50 e 50A70 apresentaram endogamia em F₂ com valores de 4,5 e 4,3% e em F₃ Buster e DKB 540 com estimativas de 21,1% e 1,2%, ao passar de F₁ para F₂ os híbridos em questão tiveram índices de endogamia positivos médio de 4,4% (Tabela 4) resultando em diminuição de três dias no florescimento (Tabela 4) e de F₂ para F₃ índice endogâmico de 11,2%, diminuindo assim sete dias no florescimento. No estudo de Scapim et al. (1995) também relataram depressão por endogamia de F₂ para F₃, quanto ao caráter florescimento, no plantio em sucessão de sorgo granífero. Para o florescimento os genótipos tiveram pouco efeito da endogamia, com médias dos genótipos F₂

e F₃ muito próximos aos híbridos comerciais F₁, sendo que os híbridos 50A70 e DKB 540 não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 4).

Tabela 4. Médias de cinco híbridos comerciais de sorgo após duas gerações de autofecundação (F₂) e (F₃) e estimativas de depressão por endogamia % (DP) para altura de planta (ALT), diâmetro de colmo (DIAM), 50% de floração (FLOR). Ipameri, UEG, GO.

| Híbridos | GE | Média | | | | | |
|--------------|----------------|---------|-------|---------|--------|--------|--------|
| | | ALT | DP | DIAM | DP | FLOR | DP |
| 50A50 | F ₁ | 47,25 a | - | 17,78 a | - | 66,75b | - |
| 50A50 | F ₂ | 44,63 b | 5,55 | 14,13 c | 20,52 | 63,75b | 4,52 |
| 50A50 | F ₃ | 43,88 b | 1,57 | 14,21 c | -0,63 | 70,50a | -10,75 |
| 50A70 | F ₁ | 45,38 a | - | 17,58 a | - | 66,75b | - |
| 50A70 | F ₂ | 45,75 a | -0,92 | 15,91 b | 9,21 | 63,87b | 4,33 |
| 50A70 | F ₃ | 42,63 b | 6,83 | 15,34 b | 3,62 | 66,00b | -1,97 |
| BUSTER | F ₁ | 42,63 b | - | 17,40 a | - | 57,00d | - |
| BUSTER | F ₂ | 37,75 c | 11,38 | 14,69 c | 15,59 | 64,75b | -13,69 |
| BUSTER | F ₃ | 29,00 d | 23,38 | 13,04 d | 9,98 | 50,87d | 21,17 |
| DKB 540 | F ₁ | 47,75 a | - | 16,92 a | - | 69,25a | - |
| DKB 540 | F ₂ | 44,75 b | 6,28 | 13,88 c | 18,01 | 71,00a | -2,53 |
| DKB 540 | F ₃ | 43,75 b | 2,22 | 14,39 c | -3,67 | 70,12a | 1,23 |
| FOX | F ₁ | 48,38 a | - | 16,37 b | - | 63,75c | - |
| FOX | F ₂ | 44,25 b | 8,45 | 11,94 d | 26,86 | 65,00b | -2,05 |
| FOX | F ₃ | 40,00 b | 9,46 | 15,47 b | -29,71 | 68,00a | -4,72 |
| Média | | 43,19 | | 15,27 | | 65,15 | |

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula dentro da coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott. fonte: Elaborada pelo autor

Em relação à MSPA houve redução do rendimento médio em todos os genótipos e gerações analisadas com exceção do híbrido 50A50, em F₂ e, Fox em F₃. Os resultados de MSPA, com média dos híbridos de F₂ 41,36 gramas, foi 31,5% menor que dos híbridos F₁, de 54,4 gramas, em F₃, com 31,5 gramas de média, foi 31% menor em comparação com F₂. Os híbridos perdem em médias 31% de MSPA entre as gerações (Tabela 5).

O rendimento da MSPA, do ponto de vista fisiológico, é uma das principais características desempenho produtivo para o híbrido, todos os genótipos apresentaram endogamia variando de 42,6% para híbrido 50A70 a 12,6% no híbrido DKB 540 na geração F₂, ocasionando valores de depressão endogâmica de alta magnitude com média positiva de 24,7% de perda MSPA (Tabela 5). Todos os valores dos genótipos na geração F₃ foram

significativos, exceto para o genótipo Fox, os dados mostram amplitude alta entre os resultados de 14.2% no híbrido DKB 540 e 34.6% no híbrido 50A50, onde evidenciamos altas estimativas média de endogamia em F₃ de 29,9% (Tabela 5), isso significa que os genótipos perderam em média 12,6 gramas em MSPA. Scapim (1998), avaliando caracteres de sorgo granífero aos efeitos gênicos, heterose e depressão por endogamia, encontrou redução do rendimento médio da massa seca total do híbrido BR 303 (10,15 t/ha e 5,53 t/ha) na geração F₂ (7,78 t/ha e 3,43 t/ha), ocasionando valores de depressão endogâmica positivos e de alta magnitude (23,3% e 38,0%), nas duas épocas de plantio, normal e sucessão. Os rendimentos de MSPA estão diretamente ligados aos caracteres produtividade, onde maior MSPA reflete em maiores produtividades, expectativa que foi comprovada no trabalho com exceção do híbrido 50A50. Ao passar de F₁ para F₂ todos os genótipos apresentaram redução na MSPA e redução de PGP.

Tabela 5. Médias de cinco híbridos comerciais de sorgo após duas gerações de autofecundação (F₂) e (F₃) e estimativas de depressão por endogamia % (DP) para massa seca parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), número de espiguetas por planta (NEP) e peso de grão por planta, (PGP). Ipameri, UEG, GO.

| Híbridos | GE | Média | | | | | | | |
|--------------|----------------|--------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | | MSPA | DP | MSR | DP | NEP | DP | PGP | DP |
| 50A50 | F ₁ | 48,45b | - | 38,90b | - | 59,00a | - | 32,87a | - |
| 50A50 | F ₂ | 50,53b | -4,26 | 43,99b | -19,87 | 42,87c | 26,96 | 11,04d | 67,57 |
| 50A50 | F ₃ | 32,92d | 34,62 | 42,86b | -3,08 | 45,17c | -5,65 | 16,70c | -109,07 |
| 50A70 | F ₁ | 71,93a | - | 124,16a | - | 35,00d | - | 31,49a | - |
| 50A70 | F ₂ | 41,32c | 42,66 | 51,15b | 59,58 | 37,75d | -8,17 | 22,47b | 27,86 |
| 50A70 | F ₃ | 27,64d | 31,88 | 28,21d | 33,71 | 49,19b | -30,37 | 26,64b | -20,26 |
| BUSTER | F ₁ | 41,77c | - | 47,65b | - | 42,12b | - | 19,59e | - |
| BUSTER | F ₂ | 32,99d | 21,04 | 39,44b | 15,52 | 50,12b | -19,45 | 17,20c | 7,16 |
| BUSTER | F ₃ | 19,67e | 38,95 | 23,09d | 40,07 | 36,84d | 26,41 | 23,51b | -38,28 |
| DKB 540 | F ₁ | 49,30b | - | 44,15b | - | 48,69b | - | 26,78b | - |
| DKB 540 | F ₂ | 43,00c | 12,66 | 51,93b | -18,21 | 28,94e | 39,86 | 12,51d | 53,31 |
| DKB 540 | F ₃ | 36,84d | 14,27 | 55,25b | -7,19 | 44,37c | -53,52 | 13,17d | -33,12 |
| FOX | F ₁ | 50,63b | - | 56,88b | - | 56,01a | - | 22,16b | - |
| FOX | F ₂ | 38,99c | 22,83 | 45,01b | 17,01 | 31,62e | 43,55 | 14,28d | 32,76 |
| FOX | F ₃ | 40,82c | -5,00 | 48,01b | -13,12 | 43,25c | -40,06 | 18,09c | -60,49 |
| Média | | 41,78 | | 49,37 | | 43,39 | | 20,56 | |

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. fonte: Elaborada pelo autor

Os índices de depressão por endogamia para MSR foram significativos para os híbridos 50A70, Buster e Fox em F_2 com coeficientes endogâmicos positivos de 59,5%, 15,5% e 17% (Tabela 5), houve redução de 31,36 gramas em F_2 e 19,64 em F_3 para MSR (Tabela 5), em F_3 os híbridos 50A70 e Buster foram significativos com índices endogâmico de 33,7% e 40% respectivamente. Em comparação com a MSPA os índices de endogamia para MSR foram menores, onde não tiveram diferença estatística os híbridos comerciais e suas gerações para 50A50 e DKB 540.

De forma geral, as estimativas da depressão por endogamia, para NEP foram significativos para os híbridos e gerações. Em F_2 os híbridos 50A50, DKB 540 e Fox apresentaram endogamia média positiva de 36,7% e em F_3 apenas o híbrido Buster revelou endogamia na magnitude de 26,4% (Tabela 5). Os valores de depressão por endogamia para esta característica também foram obtidos em populações de milho normal e de milho pipoca de grãos amarelos (LIMA et al., 1984; SIMON et al., 2004). A possível razão das diferenças entre as estimativas de depressão por endogamia para os diversos caracteres pode ser discutida em função da redução de 50% do nível de heterozigose. A mais rápida obtenção de estabilidade de média para o NEP, possivelmente está ligado com a menor complexidade genética dessa variável em relação ao caráter PGP (JONES, 1939). Os resultados para NEP apresentaram que os genes dominantes para esta característica são poucos influenciados pela endogamia, onde os maiores NEP não refletem em maiores produtividades médias.

Para as estimativas de depressão por endogamia obtida no trabalho, os índices médios para PGP em F_2 é relativamente superior aos demais estudados. Os valores variaram de 7,1% para o híbrido Buster a 67,5% para o híbrido 50A50, com média positiva de 37,3% de endogamia (Tabela 5), isso resultou em queda média de 11,07 gramas no PGP (Tabela 5). Os outros valores encontrados para esta variável estão dentro da faixa descrita por alguns experimentos (GEETA e RANA, 1987; REDDY e JOSHI, 1993). Rivera et al. (2005) encontraram valores de depressão por endogamia no rendimento de grãos de milho de 32% e 38% ao passar da geração F_1 para F_2 , selecionados quanto à divergência genética de híbridos comerciais. De Léon et al. (1998) verificaram I% mais baixos, de 6% a 9%, em híbridos duplos para produtividade. Pacheco et al. (2002) obtiveram para produtividade de grãos, em variedades elite de milho, estimativa de depressão por endogamia que variou de 34,6% a 59,2%, com média de 49,1%, confirmando que o baixo valor de I% é esperado em população melhorada por causa de sua baixa frequência de alelos. Estes valores estão confirmando o encontrado no trabalho onde tivemos índice endogâmico para PGP médio de 37,7% (Tabela 5).

As quedas no rendimento médio dos genótipos são esperadas, pois a depressão endogâmica é causada pela presença de efeitos gênicos não-aditivos, sendo a consequência mais notável da endogamia, a redução do valor fenotípico médio na geração F_2 e F_3 . Isto revela o risco de prejuízo que os agricultores podem ter, ao semearem a geração F_2 de todos os híbridos graníferos, onde encontramos redução média no PGP de 11 gramas na primeira autofecundação. Para a geração F_3 os genótipos apresentaram efeito heterótico, isso pode ser explicado pela pouca produção de sementes nesta geração ocasionando um maior peso pela alocação de fotoassimilados.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem inferir que os híbridos 50A50, 50A70 e Buster apresentaram estimativas de depressão por endogamia para a maioria das variáveis analisadas com variações de índices endogâmicos entre as gerações F₂ e F₃.

Em adição, conclui-se que os híbridos de sorgo 50A50, 50A70 e Buster apresentaram depressão endogâmica suficientes para serem indicados na obtenção de linhagens promissoras e na seleção recorrente.

6 REFERÊNCIAS

- BILLOT, C.; RAMU, P.; BOUCHET, S.; CHANTEREAU, J.; DEU, M.; GARDES, L.; NOYER, J.; RAMI, J.; RIVALLAN, R.; LI, Y.; LU, P.; WANG, T.; FOLKERTSMA, R.; ARNAUD, E.; UPADHYAYA, H.; GLASZMANN, J.; HASH, C. Massive Sorghum Collection Genotyped with SSR Markers to Enhance Use of Global Genetic Resources. **PlosOne**, v. 8, n. 4, p. 59714, 2013. BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, UFV. 605 p. 2005.
- BUSO, W. H. D.; MORGADO, H. S.; BORGES & SILVA, L.; FRANÇA, A. F. S. Use in animal feed forage sorghum. **PUBVET**, Paraná, v. 5, n. 23, ed. 170, Art. 1145, 2011.
- CONAB. **Sorgo**: Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2015/2016 – Março/2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_03_11_15_20_36_boletim_graos_marco_2016.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2017.
- CORDER, L. M. **Sorgo - Conjuntura Mensal**. Companhia Brasileira de Abastecimento Conab, Brasília, Setembro. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_24_11_44_50_perspectivas_a_gropecuaria_2015-16_-_produtos_verao.pdf>. Acesso em: 15 set. 2016.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.
- DE LÉON, H.; JARAMILLO, A.; MARTINEZ, G.; RODRIGUEZ, S. Híbridos dobles de maíz de baja depresión endogámica em F₂. **Agronomía Mesoamericana**, v. 9, p. 38-41, 1998.
- DURÃES, N. N. L. **Heterose em sorgo sacarino**. 2014. 79 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- EMPRESA brasileira de pesquisa agropecuária (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 306 p.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. London: Longman, 1996. 464 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatisticalanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.
- GARBUGLIO, D. D., GERAGE, A. C., ARAÚJO, P. M. de, FONSECA JÚNIOR, N. S., SHIOGA, P. S. (2007) Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42:183-191.
- GEETA, S.; RANA, B. S. Geneticchanges over sixgenerations in a pedigree breedingprogramme in sorghum. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 41, p. 61-66, 1987.
- HALLAUER, A. R., CARENA, J. M., & MIRANDA, J. B., F. (2010). **Quantitative genetics in maize breeding**. New York: Springer.

HARDNER, C. M.; POTTS, B. M. Inbreeding depression and changes in variation after selfing in *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. **Silva e Genética**, Frankfurt, v. 44, n. 1, p. 46-54, 1995.

JONES, D. F. The effects of inbreeding and crossbreeding on development. **Connecticut Agricultural Experimental Station Bulletin**, v.207, p.1-100, 1918.

LIMA, M.; MIRANDA-FILHO, J. B.; GALLO, P. B. Inbreeding depression in Brazilian populations of maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, v.29, p.203-215, 1984.

OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; RESENDE, J. T. V.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; OLIBONI, D. F. (2013). Análise dialélica na avaliação do potencial de híbridos de milho para a geração de populações-base para obtenção de linhagens. **Semina**, 34, 7-18.

PACHECO, C. A. P.; SANTOS, M. X.; CRUZ, C. D.; PARENTONI, S. N.; GUIMARÃES, P. E. O.; GOMES e GAMA, E. E.; SILVA, A. E.; CARVALHO, H. W. L.; VIEIRA JÚNIOR, P. A. Inbreeding depression of 28 maize elite open pollinated varieties. **Genetics and Molecular Biology**, v.25, p. 441-448, 2002.

PAIVA, J.; BARROS, L. M.; CRISOSTOMO, J.R; ARAÚJO, JPP; ROSSETFI, A.G; CAVALCANTE, JJV; FELIPE, E.M. Depressão por endogamia em progênie de cajueiro anão precoce var. Nanum, Pesq. agropec. **bras. Brasília**, v. 33, n. 4, p. 425-431, abr. 1998.

PARRELLA, R. A. C. **Incorporação do alelo bmr-12 que controla a expressão do fenótipo nervura marrom " brownmidrib" em linhagens elites de sorgo**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006. 46 p.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; GUIMARÃES, P. S.; LÜDERS, R. R.; GALLO, P. B.; SOUZA, A. P.; LABORDA, P. R.; OLIVEIRA, K. M. Capacidade combinatória, divergência genética entre linhagens de milho e correlação com heterose. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 639-648, 2008.

PFEIFFER, T. W.; BITZER, M. J.; TOY, J. J.; PEDERSEN, J. F. Heterosis in sweet sorghum and selection of a new sweet sorghum hybrid for use in syrup production in Appalachia. **Crop Science**, Madisn, v. 50, n. 5 ip. 1788-1794, Set. 2010.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Livraria Nobel S. A., São Paulo, SP, 2000. 477p.

QUEIROZ, V. A. V.; VIZZOTTO, M.; CARVALHO, C. W. P.; MARTINO, H. S. D. **Potencial do sorgo para uso na Alimentação Humana**. Informe Agropecuário, v. 35, n. 278, p. 7-12, 2014.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 3. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2012. 305p.

REBETZKE, G. J.; ELLIS, M. H.; BONNETT, D. G.; MICKELSON, B.; CONDON, A. G.; RICHARDS, R. A. Height reduction and agronomic performance for selected gibberellin-responsive dwarfing genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research** v.126 p.87-96, 2012.

REDDY, J. N.; JOSHI, P. Heterosis, inbreeding depression and combining ability in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 53, p.138-146, 1993.

RIVERA, M. M. M.; PARRA, J. R.; GONZÁLEZ, J. J. S.; DÍAZ, J. L. R.; LARIOS, L. C.; MUNGUÍA, S.M.; PEÑA, S.H.; BONAPARTE, M.C. Diversidad genética y heterosis entre híbridos comerciales de maíz de Jalisco liberados em la década de 1990. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 28, p. 115-126, 2005.

ROSS, W. M. **Use of population breeding in sorghum – problems and progress**. In: Annual Corn and Sorghum Research Conference, 28, Chicago, ASTA, Proceedings, v. 1, p. 30-43, 1973.

SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; PINTO, R. J. B.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; RODOVALHO, M. A.; SILVA, R. M.; MORTELE, L. M. Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Ciência Rural**, v. 36, p. 63-69, 2006.

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Efeitos gênicos, heterose e depressão endogâmica em caracteres de sorgo granífero. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1-10, 1995.

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.

SIMON, G. A.; SCAPIM, C. A.; PACHECO, C. A. P.; PINTO, R. J. B.; BRACCINI, A. L.; TONET, A.; Depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Bragantia**, Campinas, v.63, n. 1, p. 55-62, 2004.

SMITH, C. W.; FREDERIKSEN, R. A. **Sorghum: origin, history, technology, and production**. Wile Series in Crop Science, Series Editor Texas A & M University, 2005. 824 p.

TARDIN, F. D.; FILHO, J. E. A.; OLIVEIRA, C. M.; LEITE, C. E. P.; MENEZES, C. B.; MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E. Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 102-117, 2013.