

Correlações e parâmetros genéticos em crambe cultivado em diferentes arranjos espaciais

Correlations and genetic parameters in crambe cultivated in different spatial arrangements

Flavia A. Silva, Paulo E. Teodoro, Gustavo S. Casoti, Caio G. Correa, Larissa P. Ribeiro e Francisco E. Torres

Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, CEP 79200-000, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: eduteodoro@hotmail.com, author for correspondence

Recebido/Received: 2014.05.02

Aceite/Accepted: 2014.09.11

RESUMO

O objetivo do trabalho consistiu em estimar parâmetros genéticos e identificar quais os caracteres agronômicos sujeitos a modificações, em função do arranjo espacial de plantas do crambe, cultivado durante dois anos agrícolas. O estudo foi instalado em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições com dois espaçamentos na entrelinha - 0,34 m e 0,45 m - e três densidade de plantas - 20; 30 e 40 - por metro linear. Foram medidos os caracteres: altura da planta (AP), número de ramificações terciárias (NR), número de siliquas por planta (NSP), número de sementes por siliqua (NSS) e massa de 1000 grãos (MMG). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a de 5% de probabilidade. Foram estimados os seguintes parâmetros genéticos: heratibilidade, coeficiente de variação genotípico e experimental, correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais. Os espaçamentos entre linhas avaliados não interferiram em nenhum componente do rendimento do crambe. A densidade de plantas influenciou apenas a altura das plantas e o número de ramificações terciárias. O melhoramento genético no crambe deve-se concentrar na AP, uma vez que este caráter apresenta alta heratibilidade e apresenta correlação genotípica positiva com o NR, NSS e MMG.

Palavras-chave: densidade de plantas, espaçamento entre linhas, heratibilidade, *Crambe abyssinica* Hochst

ABSTRACT

This study aimed to estimate genetic parameters and to identify agronomic traits that are subject to change depending on the spatial arrangement of the crambe plants grown in two years. The study consisted of five experiments, a randomized complete block design, with six treatments and four replications, two row spacing - 0.34 and 0.45 m - and three plant densities - 20, 30, 40 - per meter linear, were studied. The traits plant height (PH), number of tertiary branches (NR), seedpods number per plant (NSP), number of seeds per seedpods (NSS) and weight of 1.000 grains (MMG) were measured. Data were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey's test at 5% probability. The following genetic parameters were estimated: heritability, genotypic and experimental coefficient of variation, phenotypic, genotypic and environmental correlations. Spacing between rows did not interfere in any income component of crambe. The plant density only influenced the plant height and the number of tertiary branches. Genetic improvement in crambe should focus on AP, since this character has high heritability and presents positive genotypic correlation with NR, NSS and MMG.

Keywords: plant density, row spacing, heritability, *Crambe abyssinica* Hochst

Introdução

Os biocombustíveis são fontes de energias renováveis, derivados de produtos agrícolas como a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), plantas oleaginosas, biomassa florestal e outras fontes de matéria orgânica. O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma espécie da família Brassicaceae. Esta família é originária da região do Mediterrâneo e com referências de ocorrência de algumas espécies na Etiópia (Weiss, 2000).

A cultura do crambe é considerada como tendo potencial para a produção industrial de biocombustíveis, pelo elevado poder lubrificante e teor de óleo na sua composição, com valores entre 30 e 45% da semente (Katepa-Mupondwa *et al.*, 1999). O óleo extraído possui características desejadas como baixo ponto de fusão (-12 °C), e alta estabilidade oxidativa (Roscoe *et al.*, 2010), além de atuar na rotação de cultura, apresenta menor custo de produção, desde a sua plantação e colheita até seu pré-benefício, do que outras fontes oleaginosas como a canola, girasol e soja (Jasper, 2009).

Pesquisas realizadas pela Fundação do Mato Grosso do Sul (2007) e Pitol *et al.* (2010) apontaram para uma produção entre 1000 e 1500 kg ha⁻¹ e Wang *et al.* (2000) relatam que o potencial produtivo da espécie é superior a 5000 kg ha⁻¹. Estes autores descrevem a tolerância à seca e geadas depois de estabelecida, e a precocidade, características destacadas como as principais vantagens da cultura, que floresce aos 35 dias e pode ser colhida aos 85/90 dias, dependendo da maturação das plantas.

Diversos fatores podem afetar a produtividade da cultura do crambe, entre eles a densidade de plantas, espaçamento entre linhas, número de ramificações da planta, número de grãos por ramificação e massa de grãos. O conhecimento da associação entre estes caracteres em função do arranjo de plantas é de grande importância no melhoramento desta cultura, pois na bibliografia da especialidade são escassos trabalhos nesta área.

O coeficiente de correlação linear de Pearson (*r*) é uma ferramenta utilizada para medir a força, a intensidade ou o grau de relação linear entre duas variáveis aleatórias (Ferreira, 2009). O sinal do *r* expressa o sentido da correlação e a intensidade é representada por um valor numérico que oscila entre -1 e 1. Em situações extremas, dois caracteres podem apresentar correlação linear negativa perfeita (*r* = -1) ou positiva perfeita (*r* = 1), ou ainda ausência de relação linear (*r* = 0).

González *et al.* (1994) afirmaram que o uso de caracteres correlacionados constitui uma das princi-

pais formas de aumentar a eficiência da seleção de um caráter. Cruz *et al.* (1988) também ressaltaram a importância das correlações, afirmando que estas quantificam a possibilidade de ganhos diretos por seleção em caracteres correlacionados.

Nos programas de melhoramento genético é de grande importância o conhecimento dos componentes produtivos que concorrem para uma maior produção de grãos, pois isto facilita a seleção de um determinado caráter e pode direcionar a metodologia de seleção (Lemes *et al.*, 1992).

Face o exposto, o objetivo do trabalho consistiu em estimar os parâmetros genéticos e identificar quais os caracteres agrônomicos sujeitos a modificações em função do arranjo espacial de plantas do crambe, cultivado em dois anos agrícolas.

Material e Métodos

O estudo decorreu em dois anos consecutivos (2012 e 2013) no setor de Fitotecnia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - Unidade Universitária de Aquidauana (UEMS/UUA), localizado no Cerrado brasileiro (20° 27' S e 55° 40' W) e com uma altitude média de 170 m.

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura arenosa (Schiavo *et al.*, 2010), com as seguintes características na camada de 0 - 0,20 m: pH (H₂O) = 6,2; Al de troca (cmolc dm⁻³) = 0,0; Ca+Mg (cmolc dm⁻³) = 4,31; P (mg dm⁻³) = 41,3; K (cmolc dm⁻³) = 0,2; matéria orgânica (g dm⁻³) = 19,74; V (%) = 45; m (%) = 0,0; soma de bases (cmolc dm⁻³) = 2,3; CTC (cmolc dm⁻³) = 5,1. O clima da região, segundo a classificação descrita por Köppen-Geiger, é do tipo Aw (Tropical de Savana).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições no esquema fatorial 2 x 3, utilizaram-se dois espaçamentos entre linhas - 0,34 m e 0,45 m - e três densidade de plantas - 20; 30 e 40 - por metro linear, totalizando seis tratamentos. As dimensões das parcelas experimentais foram 5 m de comprimento e 4,75 m de largura, com 15 e 10 linhas para o espaçamento de 0,34 e 0,45 m, respectivamente. Foi realizada uma gradagem aradora e duas niveladoras para o revolvimento do solo e eliminação das infestantes. A adubação de base foi feita na linha de plantação, com 300 kg ha⁻¹ do adubo N-P-K 04-20-20, a 5 cm de profundidade. A plantação foi manual nos dias 20/04/2012 e 21/04/2013. Foram realizadas mondas manuais aos 15 dias após a emergência da cultura, para controle de infestantes presentes.

Na colheita foram avaliadas aleatoriamente dez plantas nas linhas centrais de cada parcela, sendo

medidos os seguintes caracteres: altura da planta (AP), utilizando-se uma trena com resolução de 1 mm, medido do nível do solo ao ápice da planta; número de ramificações terciárias (NR); número de síliquas por planta (NSP), número de sementes por síliqua (NSS) e massa de 1000 grãos (MMG), por meio da pesagem dos grãos em balança analítica, sendo os valores corrigidos para base úmida de 13%.

Na Figura 1 estão inseridos os valores decêndiais de precipitação acumulada, temperatura e umidade média ao longo da condução dos ensaios nos dois anos agrícolas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a de 5% de probabilidade, no qual a razão de verossimilhança atesta a significância entre a divisão dos grupos de tratamentos.

Os parâmetros genéticos e estimativas foram analisados para cada característica, utilizando-se as seguintes expressões (Cruz *et al.*, 2003):

a) Variância genotípica: $S^2g = \frac{QM_g - QM_r}{k}$

b) Variância ambiental: $S^2e = \frac{QM_r}{k}$

c) Coeficiente de variação genotípico:

$$CVg = \left(\frac{\sqrt{S^2g}}{m} \right) \times 100$$

d) Coeficiente de variação ambiental:

$$CVe = \left(\frac{\sqrt{QM_e}}{m} \right) \times 100$$

e) $b = \frac{CVg}{CVe}$

f) Heratibilidade: $h^2 = \frac{S^2g}{S^2f}$

Nas estimativas das correlações empregaram-se as expressões citadas por Ramalho *et al.* (1993):

g) Correlação fenotípica: $r_{F(xy)} = \frac{COV_{F(xy)}}{\sqrt{(S^2_{Fx}) \times (S^2_{Fy})}}$

h) Correlação genotípica: $r_{G(xy)} = \frac{COV_{G(xy)}}{\sqrt{(S^2_{Gx}) \times (S^2_{Gy})}}$

i) Correlação ambiental: $r_{E(xy)} = \frac{COV_{E(xy)}}{\sqrt{(S^2_{Ex}) \times (S^2_{Ey})}}$

onde: rxy= correlação entre caracteres X e Y; COVxy= covariância entre caracteres X e Y; e S²x e S²y = variância dos caracteres X e Y, respectivamente.

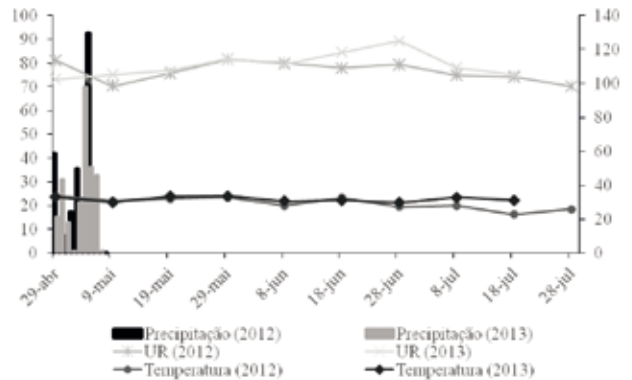


Figura 1– Precipitação acumulada, temperatura e umidade média expressas em decêndios ao longo da condução dos ensaios nos anos agrícolas de 2012 e 2013.

Resultados e Discussão

O coeficiente de variação experimental (CVe)% oscilou entre 6,18 (MMG) e 13,2 (AP), o que indica, de acordo com Lúcio *et al.* (1999), alta precisão experimental (Quadro 1). O coeficiente de variação genotípico (CVg)% variou entre 1,60 (MMG) e 46,29 (NR), o que mostra, que entre os caracteres avaliados, o NR é o que possui maior variabilidade, sendo altamente promissor para a realização da seleção.

O quociente b foi superior a 1,0 para o NR e MMG, indicando situações favoráveis à seleção para estes caracteres de acordo com a interpretação deste valor recomendada por Vencovsky (1978). Seguindo esta tendência, estes caracteres apresentaram os maiores valores de heratibilidade (h²) (99,22 e 91,88%), o que indica possibilidade da seleção direta sobre os mesmos. Isto permite inferir que os demais caracteres são de herança quantitativa e, portanto, são governados por grande número de genes de pequeno efeito cumulativo para a expressão do caráter e fortemente sensíveis a mudanças no ambiente.

O espaçamento entre linhas (E) não influenciou nenhum dos caracteres avaliados. A AP (p<0,05) e o NR (p<0,01) foram os únicos caracteres influenciados pelas densidades (D) avaliadas (Quadro 2). Não houve interação significativa entre D x E para nenhum caractere. Estes resultados corroboram os obtidos por Maekawa Junior *et al.* (2009) e Zoz *et al.* (2012), que verificaram que os espaçamentos entre linhas (0,17 e 0,34 m; 0,20 e 0,40 m, respectivamente) não influenciaram significativamente os compo-

Quadro 1 – Análise de variância conjunta e parâmetros genéticos de cinco caracteres morfológicos de crambe cultivada sob diferentes arranjos espaciais nos anos agrícolas de 2012 e 2013. Aquidauana, MS, 2014.

Caráter	AP	NR	NSP	NSS	MMG
D	6,60*	20,22**	0,62 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,47 ^{ns}
E	3,24 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,50 ^{ns}
D x E	2,65 ^{ns}	2,08 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,35 ^{ns}
CVg (%)	7,39	46,29	2,55	1,60	3,67
CVe (%)	13,20	8,21	8,93	8,43	6,18
b	0,56	5,64	0,29	0,19	1,68
S ² f	0,0104	12,1578	4,1540	1,0022	0,2501
S ² g	0,0058	12,0630	1,0255	0,1267	0,2298
S ² a	0,0046	0,0948	3,1256	0,8755	0,0203
h ²	55,62	99,22	24,69	12,64	91,88

* ,** e ns = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 2 – Valores médios dos caracteres de crambe avaliados em 2012 e 2013, em função das diferentes densidades de plantas. Aquidauana, MS, Brasil.

Caráter	AP	NR	NSP	NSS	MMG
10 pl m ⁻¹	0,93 b	4,61 a	40,99 a	21,90 a	7,28 a
20 pl m ⁻¹	0,94 b	4,20 b	41,02 a	22,13 a	7,30 a
30 pl m ⁻¹	1,01 a	3,86 c	41,16 a	22,13 a	7,27 a
Média	0,96	4,23	41,06	22,05	7,28
Dms	0,06	0,31	9,44	0,82	0,06

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

mentos produtivos do crambe. Estes autores também constataram que a densidade de plantas não interfere na MMG.

A densidade de 30 plantas por metro linear ocasionou os maiores valores de AP, possivelmente devido ao ensombramento e conseqüentemente estiolamento, provocado pela menor intensidade de luz com a maior densidade de plantas. A auxina é conjugada e foto oxidada na presença de luz (Weber *et al.*, 1966), por isso, a taxa de crescimento longitudinal poderá ser diminuída na falta de luz, causando o estiolamento das plantas.

O maior NR foi obtido com a densidade de 10 plantas por metro linear, proporcionado pela maior in-

tensidade na interceptação de luz pelo coberto vegetal, em razão do espaço disponível entre plantas. O arranjo espacial de plantas propicia mudanças na sua estrutura, promovendo aumentos no desenvolvimento, marcados pelas divisões celulares dos órgãos vegetativos e reprodutivos na mesma intensidade (Taiz e Zeiger, 2002), favorecendo aumento do NR, principalmente nos estádios vegetativos finais e reprodutivos iniciais, em função do melhor desenvolvimento de gemas reprodutivas e do armazenamento de fotoassimilados (Egli, 1988).

Correlações fenotípica (rF) significativas foram identificadas entre os caracteres AP x NR, AP x MMG, NR x NSP, NSP x NSS e NSP x MMG (Quadro 3).

Quadro 3 – Correlações fenotípicas (rF), genotípicas (rG) e ambientais (rE) entre os caracteres avaliados em crambe nos anos agrícolas de 2012 e 2013. Aquidauana, MS, Brasil.

Caráter		AP	NR	NSP	NSS	MMG
AP	r _F	---	0,6139*	-0,2859	0,2094	0,6913*
	r _G	---	0,8004**	-0,8759**	0,7381**	0,8985**
	r _E	---	0,3282	0,0669	0,0221	0,2577
NR	r _F	---	---	-0,8326**	0,0253	0,9855**
	r _G	---	---	-0,6871*	0,1246	0,0352
	r _E	---	---	0,0312	-0,2285	-0,1144
NSP	r _F	---	---	---	0,4176	-0,7623
	r _G	---	---	---	0,9933**	-0,9634**
	r _E	---	---	---	0,0808	0,6982*
NSS	r _F	---	---	---	---	0,1563
	r _G	---	---	---	---	0,4607
	r _E	---	---	---	---	-0,0025
MMG	r _F	---	---	---	---	---
	r _G	---	---	---	---	---
	r _E	---	---	---	---	---

* e **: significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste t.

As correlações positivas demonstram a ocorrência de pleiotropismo ou desequilíbrio de ligação gênica entre os pares de caracteres e favorecem a seleção simultânea de dois ou mais caracteres, pela seleção em apenas um destes (Falconer, 1987; Goldenberg, 1968). Por outro lado, a seleção de um caráter pode acarretar uma seleção indesejável de outro.

As correlações genotípicas (rG) apresentaram igual sinal e, na maior parte dos casos, valores superiores às suas correspondentes rF, indicando que a expressão fenotípica é diminuída perante as influências do ambiente. Desta forma, as rF podem ser úteis na ausência das estimativas das rG. As correlações ambientais (rE) ligadas ao caráter NSP demonstraram diferenças em magnitude e sinal, em relação em relação às respectivas correlações rG. Isto revela que o ambiente favoreceu um caráter em detrimento do outro e que as causas de variação genética e ambiental apresentam diferentes mecanismos fisiológicos, dificultando a seleção indireta.

Conclusão

Os espaçamentos da entrelinha avaliados não interferiram em nenhum componente do rendimento do crambe. A densidade de plantas influenciou apenas a altura de plantas e o número de ramificações terciárias.

O melhoramento genético no crambe deve-se centrar na altura de plantas, uma vez que este caráter apresenta alta heratibilidade e apresenta correlação genotípica positiva com o número de ramificações terciárias, número de sementes por síliqua e massa de mil grãos.

Referências Bibliográficas

Cruz, C.D. e Carneiro, P.C.S. (2003) - *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, Editora UFV, 579p.

- Cruz, C.D.; Miranda, J.A.C. e Costa, C.P. (1988) - Correlações, efeitos diretos e indiretos de caracteres agrônômicos sobre a produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Revista Brasileira de Genética*, vol. 11, n. 4, p. 921-928.
- Egli, D. B. (1988) Plant density and soybean yield. *Crop Science*, vol. 28, n. 1, p.977-981.
- González, P.A.; Lemes, M.A.; Ramalho Neto, C.E.; Reis, O.V.; Tabosa, J.N. e Tavares Filho, J.J. (1994) - Correlações genéticas, fenotípicas e ambientais em dois ciclos de seleção no milho dentado composto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 29, n. 3, p. 419-425.
- Falconer, D.S. (1987) - *Introdução à genética quantitativa*. Viçosa, Imprensa Universitária, 279p.
- Ferreira, D.F. (2009) - *Estatística básica*. 2. ed. Lavras: UFLA. 664 p.
- Fundação Mato Grosso do Sul (2007) - *Culturas para biodiesel: Crambe*. Maracajú, 2007. Disponível em: www.fundacaoms.com.br/news.php. Acesso em; 28 de abril de 2014.
- Goldenberg, J.B. (1968) - El empelo de lá correlacion en el mejoramiento genético de las plantas. *Fitotecnica Latino Americana*, vol. 5, p. 1-8.
- Jasper, S.P. (2009) - Culture of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst): evaluation energy, cost of production and productivity in no tillage. *Tese Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura*, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 120p.
- Katepa-Mupondwa, F.; Rakow, G. e Rhaney, P. (1999) - Developing oilseed yellow mustard (*Sinapis alba* L.) in Western Canada. In: *International Rapeseed Congress*, 10, Canberra, Australia. Anais. The Regional Institute Ltd. 6p.
- Lemes, M.A.; Gama, E.E.G.; Oliveira, A.C. e Araújo, M.R.A. (1992) - Correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais em progênies de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 21, n. 12, p. 1563-1568.
- Lúcio, A.D.; Storck, L. e Banzatto, D.A. (1999) - Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, vol.5, p. 99-103.
- Maekawa Junior, M. T.; Faraun, R. S.; Leal, A. J. F.; Anselmo, J. L.; Holanda, H. V.; Ensinas, S. C. (2009) - Produtividade de grambe (*Crambe abyssinica* Hochst) em função de adubação, espaçamento e densidade de plantas. In: *XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. 4 p. Disponível em <http://cpcs.sites.ufms.br/files/2012/10/crambe1.pdf>
- Pitol, C.; Broch, D. L. e Roscoe, R. (2010) - *Tecnologia e produção: Crambe 2010*. Maracaju: Fundação Mato Grosso do Sul, 60p.
- Ramalho, M.A.P.; Santos, J.B. e Pinto, C.A.B.P. (2000) - *Genética na agropecuária*. 7ª ed. São Paulo, Editora Globo, 359 p.
- Roscoe, R.; Broch, D. L. e Nery, W. S. L (2010) - Análise de sensibilidade dos modelos agrícolas e industrial de utilização do óleo de crambe na cadeia produtiva de biodiesel em Mato Grosso do Sul. In: *IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas*, João Pessoa – PB. p. 332-340.
- Schiavo, J.A.; Pereira, M.G.; Miranda, L.P.M.; Dias Neto, A.H. e Fontana, A. (2010) - Caracterização e classificação de solos desenvolvidos de arenitos da formação Aquidauana-MS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 34, n. 03, p. 881-889.
- Taiz, L. e Zeiger, E. (2002) - *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre: Artimed, 406 p.
- Vencovsky R. (1978) - Herança quantitativa. In: Patteriani, E. - *Melhoramento e produção de milho no Brasil*. Piracicaba, Marprint, p.122-201.
- Wang, Y.P.; Tang, J. S.; Chu, C. Q. e Tian, J. (2000) - A preliminary study on the introduction and cultivation of *Crambe abyssinica* in China, an oil plant for industrial uses. *Industrial Crops and Products*, vol. 12, n. 1, p. 47-52.
- Weber, C.R.; Silbes, R.M. e Bit, D. E. (1966) - Effects of population and row spacing on soybean development and production. *Agronomy Journal*, vol. 58, n. 1, p.99-102.
- Weiss, E. A. (2000) - *Oilseed crops*. London: Blackwell Science, 364p.
- Zoz, T.; Castagnara, D.D.; Zanotto, M.D.; Pivetta, L.G.; Gerhardt, I.F.S.; Silva, C.J. e Toppa, E.V.B. (2012) - Cultivo de crambe em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. In: *V Congresso Brasileiro de Mamona*, 5.; *II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas*, 2.; *I Fórum Capixaba de Pinhão Manso*, 1., 2012, Guarapari. Desafios e Oportunidades: anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. p. 290