

## VARIABILIDADE E CAPACIDADES GERAL E ESPECÍFICA DE COMBINAÇÃO PARA TEOR DE ÓLEO EM ALGODOEIRO

LUIZ PAULO DE CAVALHO<sup>1</sup>, GEORGE ELTON LUCENA SILVA<sup>2</sup>, MARLEIDE MAGALHÃES DE ANDRADE LIMA<sup>1</sup>, EVERALDO PAULO DE MEDEIROS<sup>1</sup>, GIOVANI GREIGH DE BRITO<sup>1</sup> e ROSA MARIA MENDES FREIRE<sup>1</sup>

**RESUMO:** Os objetivos do melhoramento genético do algodoeiro, realizado nas diversas partes do mundo, foram sempre direcionados para a produção e a qualidade da fibra. As características da semente têm sido, até recentemente, pouco trabalhadas. Atualmente, há necessidade de se identificar alternativas ao uso do petróleo como combustível de motores a diesel; deve-se, contudo, produzir biodiesel sem afetar a produção de alimentos para o homem, sendo o algodão uma boa alternativa. Este trabalho teve por objetivo avaliar acessos de Banco de Germoplasma da Embrapa Algodão e as capacidades geral e específica de combinação de genótipos quanto ao teor de óleo na semente, de modo a selecionar genitores para o programa de melhoramento genético. Foram avaliados 426 acessos e utilizados dois grupos de cinco genitores com elevado teor de óleo na semente que participaram de dois cruzamentos dialélicos distintos. Utilizou-se o programa Genes, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), para a análise dos dialelos. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com duas repetições. Houve significância estatística entre os tratamentos a nível de 1% de probabilidade, significando que existem médias dos tratamentos que diferem estatisticamente entre si quanto ao teor de óleo. Também foram significativos os efeitos da capacidade geral e específica de combinação, destacando-se os genitores V3, STO - B - 59 e T-16 para uso em programas de seleção intrapopulacional, visando ao aumento do teor de óleo nas sementes.

Termos para indexação: *Gossypium hirsutum*, óleo vegetal, heterose.

## VARIABILITY AND GENERAL AND SPECIFIC COMBINATION ABILITIES FOR OIL CONTENT IN COTTON SEED

**ABSTRACT:** The objectives of cotton genetic breeding in most part of the world have been to improve the production and quality of the fiber. The characteristics of the seeds have been little explored until recently. Lately there has been the interest to look for alternatives to the petroleum use as diesel engine's fuel. It should produce however biodiesel without affecting food production to the human being and cotton may be a good alternative. The objective of this work was to evaluate accesses of germplasm bank of Embrapa Cotton and the general and specific combination abilities of some of them in relation to oil content in the seed in order to select parents for genetic breeding programs whose objective is the oil content improvement. They were evaluated 426 accesses. Two groups of five genotypes with high level of oil content were used in two diallelic crossings. Genes program was used for analysis of diallel., and the design was the entirely casualized with two repetitions. There was significance between traits at 1% level, meaning that there are medias that differ from each other in relation to the oil content. The general and specific combination ability were significant and the best genotypes for use in intrapopulational selection whose objective is the oil content improvement were V3, STO-B-59 and T-16.

Index terms: *Gossypium hirsutum*, vegetable oil, heterosis.

<sup>1</sup>Embrapa Algodão, Rua Osvaldo Cruz, 1143 – Centenário – 58.428-095, Campina Grande - PB, carvalho@cnpa.embrapa.br, marleide@cnpa.embrapa.br, everaldo@cnpa.embrapa.br, giovani@cnpa.embrapa.br, rosa@cnpa.embrapa.br

<sup>2</sup>Universidade Estadual da Paraíba, Rua Baraúnas, 351 - Bairro Universitário - Campina Grande-PB, 58429-500 georgeelton@hotmail.com;

## INTRODUÇÃO

Os objetivos do melhoramento genético do algodoeiro realizado nas diversas partes do mundo, foram sempre direcionados para a produção e a qualidade da fibra. As características da semente tem sido, até recentemente, pouco exploradas. Atualmente, há necessidade de se identificar em alternativas ao uso do petróleo como combustível de motores a diesel já foram identificadas mais de 350 espécies de plantas produtoras de óleo, como girassol, soja, algodão, amendoim, coco, entre outras, e que podem suprir esta necessidade (WAN-CHAO, 2008). Deve-se, contudo, produzir biodiesel sem afetar a produção de alimentos para o homem, o algodão pode ser uma boa alternativa.

O algodão é um dos produtos de maior importância econômica dentro do grupo das fibras, pelo volume e valor da produção. Seu cultivo é também de grande importância social, pelo número de empregos que gera direta ou indiretamente. Sua semente, ou caroço, é o subproduto do beneficiamento ou descaroçamento. Ela fornece inúmeros subprodutos, como os resíduos da extração do óleo, torta e farelo, ricas fontes de proteína de boa qualidade e bastante utilizados no preparo de rações (RICHETTI; MELO FILHO, 2001).

Atualmente, a produção do Brasil está em torno de 720.000 toneladas de caroço de algodão. Considerando-se um teor de óleo de 15% na semente, caso esta produção toda fosse transformada em óleo, seriam produzidos 108.000.000 litros de óleo; considerando-se uma cultivar com 25% de óleo na semente, a produção de óleo seria de 180.000.000 litros, representando um aumento de 72.000.000 litros, o que não seria difícil de conseguir, pois o teor de óleo nas sementes pode chegar a até 32%. As sementes de algodão são excelentes fontes de óleo e proteína, devido à sua alta

composição nestes constituintes e à qualidade de seus ácidos graxos e aminoácidos (CHERRY; BERARDI, 1983).

Este trabalho teve por objetivos analisar o teor de óleo nas sementes de acessos do Banco de Germoplasma (BAG) da Embrapa Algodão e avaliar as capacidades geral e específica de combinação de cultivares selecionadas quanto ao teor de óleo, de modo a selecionar genitores para o programa de melhoramento genético com o objetivo do aumento do teor de óleo nas sementes.

## MATERIAL E MÉTODOS

*Análises do teor de óleo* - Em todos os ensaios deste trabalho as determinações do teor de óleo nas sementes foram realizadas no aparelho de ressonância magnética RMN (Oxford Instruments - modelo MQA7000), do laboratório da Embrapa Algodão, em Campina Grande-PB. As sementes de cada cultivar ou híbrido foram deslintadas quimicamente, lavadas e posteriormente secas, sendo eliminadas sementes chochas e com furos. Para a determinação do teor de óleo das sementes foram utilizadas amostras de 50 g.

*Avaliação de acessos do BAG quanto ao teor de óleo na semente* - Foram selecionados de forma aleatória 426 acessos de algodão, para serem avaliados quanto ao teor de óleo nas sementes, em uma análise preliminar, sem repetições. Esta informação serviu de base para a seleção de genitores para os cruzamentos dialélicos. Os acessos do BAG constituem-se de cultivares antigas e atuais de vários países e também do Brasil. Alguns acessos que foram então avaliados quanto ao teor de óleo na semente, conforme descrito anteriormente, estão na Tabela 1. Com exceção dos acessos de origem Acala, todos os demais pertencem à espécie *Gossypium hirsutum* L.

**TABELA 1.** Percentagem de óleo na semente de alguns acessos de algodão provenientes do Banco de Germoplasma da Embrapa Algodão.

Acesso	% de óleo
ACALA 1.13 – 3 – 1	26,71
V3	26,51
149 F URRS	26,01
BRS AROEIRA	25,31
STO 2B – 59	24,31
COKER – 312	24,16
TAMCOT SP 37	23,61
COKER – 310	23,56
PARROT 427	23,51
AUBURN - 2	23,49
T – 16	23,46
ACALA – 8	23,26
2109 NTH 149 – 20	23,11
IAC – 19	17,41
PAYMASTER 54 - B	17,06
CNPA 96 – 9	16,81
UK 77	16,76
CNPA BA 3155	16,76
CNPA 2001 – 5087	16,71
CNPA BA 260	16,66
TAMCOT SP 213	16,56
86 – 2	16,46
94 3/7	16,31
CNPA 300/ 91	15,56

*Escolha dos genitores e obtenção dos híbridos*  
 - Com os resultados da avaliação preliminar do BAG (Tabela 1) foram selecionados 10 genitores de alto teor de óleo nas sementes ( $> 23,0\%$ ), os quais foram divididos em dois grupos para a realização dos cruzamentos dialélicos, conforme a Tabela 2, sendo os cruzamentos realizados entre cultivares do mesmo grupo. As sementes das 10 cultivares foram plantadas em fileira de 5 m de comprimento, no campo. Na floração, foram realizados os cruzamentos dialélicos, sem os recíprocos, obtendo-se  $p(p-1)/2$ , ou, 10 híbridos, dentro de cada grupo, sendo  $p = 5$ , ou seja, igual ao número de genitores dentro de cada grupo.

**TABELA 2.** Genitores de algodoeiro provenientes do Banco de Germoplasma da Embrapa Algodão utilizados nos dois cruzamentos dialélicos.

Genitores	
Dialelo 1	Dialelo 2
1 - STO 2B-59	A - Coker 310
2 - 149 FURRS	B - Parrot 427
3 – V3	C - Auburn 2
4 - Acala-13-3-1	D – T-16
5 - Aroeira	F - 2109 NTH-20

*Análise dialélica* - De posse das sementes dos 10 híbridos e cinco genitores, em cada dialelo, perfazendo um total de 15 tratamentos, cada lote de semente, que constituiu um tratamento, foi dividido em dois sub-lotes que constituíram as duas repetições de cada tratamento. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com duas repetições. Utilizou-se o programa Genes, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), para a análise dos dialelos. Neste método, a soma de quadrados de tratamentos é desdobrada em soma de quadrados da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC), de acordo com a Tabela 3, onde se encontra o delineamento da análise de variância com as esperanças de quadrados médios, em um modelo fixo.

**TABELA 3.** Delineamento da análise de variância, segundo Griffing (1956), método 2, modelo fixo.

FV	GL	EQM
CGC	$p-1$	$\sigma_c^2 + (p+2)\Phi_g$
CEC	$p(p-1)/2$	$\sigma_c^2 + \Phi_s$
Resíduo	$f$	$\sigma_e^2$

f: número de graus de liberdade do resíduo de análise de variância preliminar.

$$\Phi_g = 1/p-1 \sum g_i^2$$

$$\Phi_s = 2/p(p-1) \sum \sum s_{ij}^2$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se os dados da Tabela 1, verifica-se que houve grande variabilidade quanto ao teor de óleo presente nas sementes de acessos do BAG de algodoeiro da Embrapa Algodão, tendo este variado de 26,71%, no genótipo com maior teor, a 15,56%, no de menor teor. Estes resultados mostram a possibilidade do melhoramento poder atingir o objetivo de aumento do teor de óleo em cultivares e assemelham-se aos obtidos por Pope e Ware (1945), que encontraram valores variando de 16,1 a 26,7% nos materiais analisados. Gondim-Tomaz et al. (1998) encontraram valores de 23,2% a 24,2 %, mas neste caso a variabilidade pequena já era esperada, uma vez que eles avaliaram apenas seis cultivares brasileiras. Lawhon et al. (1977) encontraram valores de 17,4 a 23,2 em cultivares americanas. Na análise de variância dos dialelos, verifica-se que houve significância estatística entre os tratamentos a nível de 1% de probabilidade, significando que existem médias dos tratamentos (genitores ou híbridos) que diferem estatisticamente entre si quanto ao teor de óleo (Tabela 4).

Embora os quadrados médios da CGC (Capacidade Geral de Combinação) e da CEC (Capacidade Específica de Combinação) tenham sido significativos, uma avaliação da importância dos efeitos aditivos e não aditivos dos genes que controlam o teor de óleo nas sementes pode ser visualizada nas estimativas dos componentes quadráticos associados às CGC e CEC, na Tabela 4. No caso do dialelo 1, o componente quadrático associado à CEC,  $\Phi_s$ , foi 1,04 e associada à CGC,  $\Phi_g$ , 0,85; no dialelo 2, foram 1,16 e 0,21, respectivamente. Isto evidencia a maior importância dos efeitos não aditivos dos genes, o que não retira, contudo, a importância também dos efeitos aditivos na expressão do teor de óleo. Azhar e Ahmad (2000) observaram que genes de efeitos não aditivos controlam o conteúdo de óleo na semente, ao analisarem dados da geração  $F_1$ , e que genes de efeito aditivo tiveram importância, quando analisaram dados de  $F_2$ . Khan et al. (2007) encontraram resultados semelhantes, ao usarem um modelo aditivo-dominante, que foi apenas parcialmente adequado para explicar a variação do teor de óleo na semente, quando aplicado a dados de  $F_1$ , mas que na geração  $F_2$  se mostrou adequado.

**TABELA 4.** Análise de variância do teor de óleo em cultivares e híbridos de algodão provenientes do Banco de Germoplasma da Embrapa Algodão nos dialelos 1 e 2.

FV	GL	QM <sub>1</sub>	QM <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
Tratamento	14	2,81	1,39	7,42 **	11,41 **
CGC	4	6,29	1,64	16,58 **	13,54 **
CEC	10	1,42	1,28	3,76 **	10,56 **
Resíduo	15	0,38	0,12		
Média	22,90	23,55			
CV (%)	2,69	1,48			
Cvg (%)	4,63	3,38			
1 – Modelo fixo	$\Phi_g = 0,85$	$\Phi_g = 0,21$			
** P < 0,01	$\Phi_s = 1,04$	$\Phi_s = 1,16$			

Também foram significativos os efeitos das capacidades geral e específica de combinação. Embora as magnitudes dos quadrados médios não indiquem a importância relativa dos componentes de variação genética, os valores de F, significativos para as CGC e CEC, mostram a existência de variabilidade causada pela ação aditiva e não aditiva, respectivamente, dos genes que governam o teor de óleo nas sementes de algodoeiro. No dialelo 1, o progenitor V3 mostrou diferença estatística de dois outros genitores quanto ao teor de óleo (Tabela 5). O genitor 149 FURRS foi o que apresentou o menor teor de óleo. Com relação às médias dos híbridos, destacou-se o cruzamento 3x4, ou seja, entre V3 e Acala 1-13-3-1, que se mostrou diferente significativamente dos híbridos 4x5, 2x5 e 2x3. No dialelo 2, o genótipo T-16 diferenciou-se significativamente do Parrot 42 e o híbrido entre

eles foi o de maior teor de óleo, significativamente diferente da maioria dos híbridos.

A capacidade geral de combinação de uma variedade pode ser atribuída tanto ao seu comportamento *per se* como em combinações híbridas (CRUZ; VENCOVSKY, 1989). Apesar de não haver métodos que apontem qual das duas possibilidades é a mais importante, a adoção da CGC como critério de escolha de genitores mostra-se válida mesmo no caso de dominância entre os alelos. Baixa estimativa de  $\hat{g}_i$  é indicadora de que o valor da capacidade de combinação da cultivar, quando cruzado com os demais, não difere muito da média geral de todos os cruzamentos. Sprague e Tatum (1942) relatam que altas estimativas de  $\hat{g}_i$ , positivas ou negativas, são indicadoras de que o progenitor

**TABELA 5.** Médias de teor de óleo de cultivares de algodoeiro e de seus híbridos obtidos na Embrapa Algodão.

Genitor/Híbrido	Teor de óleo (a)	Genitor/Híbrido	Teor de óleo (a)
<i>Genitores</i>		<i>Genitores</i>	
STO-2B-59 (1)	23,79 cde	Coker 310 (A)	24,31 cd
149 FURRS (2)	20,55 a	Parrot 427 (B)	22,95 abc
V3 (3)	24,13 de	Auburn 2 (C)	23,53 bcd
Acala1-13-3-1 (4)	21,19 ab	T-16 (D)	24,42 de
Aroeira (5)	23,49 bcde	2109 NTH (F)	23,14 abcd
<i>Híbridos</i>		<i>Híbridos</i>	
(1x2)	23,20 bcde	(AxB)	23,31 abcd
(1x3)	23,87 cde	(AxC)	23,48 abcd
(1x4)	22,99 abcde	(AxD)	23,39 abcd
(1x5)	23,60 bcde	(AxF)	23,36 abcd
(2x3)	22,19 abcd	(BxC)	22,11 a
(2x4)	22,74 abcde	(BxD)	25,65 e
(2x5)	22,13 abcd	(BxF)	23,34 abcd
(3x4)	24,85 e	(CxD)	22,78 ab
(3x5)	23,59 bcde	(CxF)	23,15 abcd
(4x5)	21,59 abc	(DxF)	24,23 cd
DMS- Tukey, $P < 0,05 = 2,47$		DMS- Tukey, $P < 0,05 = 1,38$	

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

em questão é muito melhor ou muito pior, em relação ao comportamento médio dos cruzamentos.

A capacidade geral de combinação relaciona-se com os efeitos aditivos dos genes; assim, os genitores com as mais altas estimativas de CGC deverão ser preferidos em programas de melhoramento, constituindo novas populações que propiciarão maiores ganhos nos ciclos de seleção. No dialelo 1, estimativas maiores da CGC em valores absolutos estiveram associadas à performance da variedade (Tabela 6). Por exemplo, a cultivar  $V_3$  de maior estimativa positiva da CGC (0,74) também teve a maior média de teor de óleo (24,13%) e a 149 FURRS obteve baixa estimativa da CGC (-0,88) e também a menor média de teor de óleo. As cultivares  $V_3$  e STO-2B-59 são os dois melhores combinadores para teor de óleo, pois mostraram estimativas altas e positivas de  $\hat{g}_i$ . No dialelo 2, também se verifica que o genótipo T-16 foi o de maior teor de óleo e também o de maior CGC. O genótipo T-16 no dialelo 2 é o melhor combinador para teor de óleo, pois mostra alta estimativa positiva de  $\hat{g}_i$  para esta característica (Tabela 6).

A significância da CEC reflete a ação não aditiva dos genes e indica que há interações intra-alélicas, ou seja, alguns híbridos desviam-se de maneira significativa dos valores esperados, com base no comportamento médio

dos pais. Baixos valores de  $\$ij$  de determinado híbrido indicam que ele se comporta como esperado, com base na capacidade geral de combinação de seus genitores. Altos valores, positivos ou negativos, de  $\$ij$  indicam que o comportamento de determinado híbrido é relativamente melhor ou muito pior do que o esperado com base na CGC. As estimativas da CEC estão relacionadas a genes que exibem efeitos de dominância ou epistasia (GRIFFING, 1956).

A manifestação dos efeitos gênicos em um indivíduo é o resultado da contribuição trazida pelos gametas e de um efeito oriundo da interação dos dois gametas específicos que originaram aquele indivíduo (PATERNIANI; MIRANDA FILHO, 1980). A contribuição gamética, constituída pelos efeitos aditivos dos alelos e de parte da interação aditivo x aditivo é independente do indivíduo resultante. No dialelo 1, ficou evidenciado que os cruzamentos 1x2 e 3x4 obtiveram as maiores estimativas de  $\$ij$  e, como dois deles, o número 1 (STO-2B-59) e o número 3 ( $V_3$ ), mostraram altas estimativas da CGC, devem ser preferidos para programas de seleção intrapopulacional, no caso de seleção para aumento do teor de óleo (Tabela 7). No dialelo 2, o cruzamento BxD mostrou o mais alto efeito da CEC e, como o progenitor B obteve alto efeito da CGC, este progenitor também é indicado para seleção intrapopulacional (Tabela 8).

**TABELA 6.** Efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) para o teor de óleo em cultivares de algodão nos dois dialelos.

Genitor	$\hat{g}_i$	Genitor	$\hat{g}_i$
STO-2B-59 (1)	0,52	Coker 310 (A)	0,13
149 FURRS (2)	-0,88	Parrot 427 (B)	-0,15
$V_3$ (3)	<b>0,74</b>	Auburn 2 (C)	-0,38
Acala1-13-3-1 (4)	-0,43	T-16 (D)	<b>0,51</b>
Aroeira (5)	0,04	2109 NTH (F)	-0,11

**TABELA 7.** Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) para teor de óleo envolvendo cinco genitores e seus híbridos em algodão no dialelo 1.

Genitores	1	2	3	4	5
1	-0,18	0,63	-0,32	-0,03	0,10
2		-0,60	-0,59	1,12	0,04
3			-0,28	1,61	-0,12
4				-0,87	-0,95
5					0,46

**TABELA 8.** Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) para teor de óleo envolvendo cinco genitores e seus híbridos em algodão no dialelo 2.

Genitores	A	B	C	D	E
A	0,48	-0,22	0,18	-0,81	-0,10
B		-0,33	-0,89	1,73	0,05
C			0,75	-0,89	0,10
D				-0,15	0,28
E					-0,17

Os valores de  $\hat{s}_{ii}$  têm grande significado genético, considerando-se seu sinal e magnitude. No dialelo 1, a maioria dos sinais de  $\hat{s}_{ii}$  foram negativos, evidenciando desvio da dominância unidirecionais e, conseqüentemente, heterose positiva em híbridos entre genitores divergentes. A magnitude de  $\hat{s}_{ii}$  indica divergência genética do progenitor  $i$  em relação à média apresentada pelos outros genitores do dialelo. Maior valor de  $\hat{s}_{ii}$  resulta em maior heterose no híbrido deste progenitor com os demais.

No presente trabalho, o maior valor  $\hat{s}_{ii}$  encontrado no dialelo 1 foi para a cultivar 4 e houve heterose considerável em alguns híbridos como nos 1x2, 1x4, 2x4 e 3x4, sendo que o progenitor 4 está presente em três deles (Tabela 9). Ressalta-se que a cultivar 4 é Acala1-13-3-1 e esperadamente mais divergente dos demais devido à sua constituição

**TABELA 9.** Heterose (%) para teor de óleo na semente em híbridos entre cultivares de algodão.

Híbridos	Heterose (%)*	Híbridos	Heterose (%)*
(1x2)	4,64	(AxB)	-1,25
(1x3)	-0,37	(AxC)	-1,81
(1x4)	2,22	(AxD)	-4,01
(1x5)	-0,16	(AxF)	-1,1
(2x3)	-0,67	(BxC)	-4,76
(2x4)	8,9	(BxD)	8,36
(2x5)	0,49	(BxF)	1,34
(3x4)	9,6	(CxD)	-4,97
(3x5)	-0,92	(CxF)	-0,80
(4x5)	-3,35	(DxF)	1,89

\*em relação à média dos pais.

genética. Dani e Kohel (1989) evidenciaram que a heterose em  $F_1$  para o conteúdo de óleo foi significativa havendo depressão endogâmica na geração  $F_2$ ; houve, ainda, pronunciado efeito materno na expressão do conteúdo de óleo.

No dialelo 2, alguns valores de  $\delta_{ii}$  foram negativos e dois híbridos em que participava o progenitor B obtiveram heterose considerável. A escolha dos genitores baseada na heterose seria preferível num programa de produção de híbridos, mas não no caso da seleção intrapopulacional, pois a heterose não reflete a superioridade de frequências alélicas, mas apenas a divergência entre genitores.

## CONCLUSÕES

1. Houve grande variabilidade entre os genitores quanto ao teor de óleo nas sementes;
2. Na determinação do teor de óleo nas sementes, foram significativas a ação aditiva e não aditiva dos genes;
3. Entre os genitores destacam-se os V3, STO-B-59 e T-16 como bons combinadores em programas de melhoramento com seleção intrapopulacional para aumento de teor de óleo;
4. Alguns híbridos evidenciaram heterose positiva para aumento do teor de óleo.

## REFERÊNCIAS

- AZHAR, F. M.; AHMAD, M. Inheritance pattern of cotton seed oil in diverse germplasm of *Gossypium hirsutum* L. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 3, n. 8, p. 1250-1252, 2000.
- CHERRY, L.; LEFFLER, H. R. Seed. In: KOHEL, R. J.; LEWIS, C. F. (Ed.). **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 511-569. (Agronomy Monograph 24).
- CHERRY, W. A.; SIMMONS, A. H.; KOHEL, R. J. Cottonseed composition of national variety test cultivars grown at different Texas locations. In: BELTWISE COTTON PRODUCTION RESEARCH CONFERENCE, 1978, Dallas. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1978. p. 47-50.
- CHERRY, W. R.; BERARDI, L. C. Cottonseed. In: WOLF, I. A. (Ed.). **CRC handbook of processing and utilization in agricultural**. Boca Raton, FLA: CRC Press, v. 2 p. 187-256. 1983. (CRC series in agriculture).
- CHERRY, W. R.; GRAY, M. S. Methylene chloride extraction of gossypol from cottonseed products. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 1726-1733, 1981.
- CHERRY, W. R.; KATERMAN, F. R. K.; ENDRIZZI, J. E. Comparative studies of seed proteins of species of *Gossypium* by gel electrophoresis. **Evolution**, v. 24, p. 4231-447, 1970.
- CRUZ, C. D.; VENCOSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Brazilian Journal of Genetics**, v. 12, p. 525-528, 1989.
- DANI, R. G.; KOHEL, R. J.; Maternal effects and generation mean analysis of seed-oil content. (*Gossypium hirsutum* L.) **Theoretical and Applied Genetics**, v. 77, p. 569-575, 1989.
- GONDIM-TOMAZ, R. M. A. G.; SOAVA, D. ; ERISMANN, N. M.; SABINO, N. P.; CIA, E.; AZZINI, A. Preparo de sementes para determinação do teor de óleo pelo método de RMN em seis variedades de algodoeiro. **Bragantia**, v. 57, n. 2, 1998.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 9, p. 463-493, 1956.
- KHAN, N. U.; HASSAN, M. B.; HUMBAHAR, M. B.; PARVEEN, A.; UM-E-AIMAN; AHMAD, W. ; SHAH, S. A.; AHMAD, S. Gene action of

- seed traits and oil content in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Journal of Breeding and Genetics**, v. 39, p. 17-29, 2007.
- KOHEL, R. J.; CHERRY, J. P. Variation of cottonseed quality with stratified harvests. **Crop Science**, v. 23, p. 1119-1124, 1983.
- LAWHON, J. J.; CATER, M. M.; MATTIL, K. F. Evaluation of the food use potential of sixteen varieties of cottonseed. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 54, p. 75-80, 1977.
- PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J. B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill/ ESALQ, 1980. p. 202-256.
- POPE, O. A.; WARE, J. O. **Effect of variety, location and season on oil, protein, and fuzz of cottonseed and on fiber problems of lint**. Washington: USDA, 1945. 41 p. (Technical Bulletin United States Department of Agriculture, 903).
- RICHETTI, A.; MELO FILHO, G. A. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. In: EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. Algodão: tecnologia de produção. Dourados, 2001. p. 13-34
- SANTOS, J. W.; GHEY, H. R. **Estatística experimental aplicada**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2003. 213 p.
- SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General VS. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal American Society of Agronomy**, v. 34, p. 923-932, 1942.
- TURNER, J. H; RAMEY, H. H.; WORLEY, S. Influence of environment on seed quality of four cotton cultivar. **Crop Science**, v. 16, p. 407-409, 1976.
- WAN-CHAO, N.; YU-WEN, Y.; BAO-LONG, Z.; XINLIAN, S. Cottonseed oil as promising biodiesel in future. **Cotton Science**, v. 20, p. 62, 2008.