

**ANÁLISE GENÉTICA PARA CARACTERES AGRONÔMICOS E  
TECNOLÓGICOS DE FIBRA EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO  
HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.)**

**DAMIÃO RANIERE QUEIROZ**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**

**CAMPINA GRANDE-PB**

**FEVEREIRO DE 2017**

**ANÁLISE GENÉTICA PARA CARACTERES AGRONÔMICOS E  
TECNOLÓGICOS DE FIBRA EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO  
HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.)**

**DAMIÃO RANIERE QUEIROZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias / Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

**Orientador: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias**

**Coorientador: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**FEVEREIRO DE 2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

Q38a Queiroz, Damião Raniere.  
Análise genética para caracteres agronômicos e tecnológicos de fibra em genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.) [manuscrito] / Damião Raniere Queiroz. - 2017.  
62 p.  
  
Digitado.  
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2017.  
"Orientação: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa".  
  
1. Algodoeiro herbáceo. 2. Algodão. 3. Análise dialélica. 4. Melhoramento vegetal. I. Título.  
  
21. ed. CDD 633.51

**ANÁLISE GENÉTICA PARA CARACTERES AGRONÔMICOS E  
TECNOLÓGICOS DE FIBRA EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO  
HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.)**

**DAMIÃO RANIERE QUEIROZ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias / Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Aprovada em 16 de fevereiro de 2017

**Banca Examinadora:**



---

**Prof. Dr. Diogo Gonçalves Neder - UEPB**



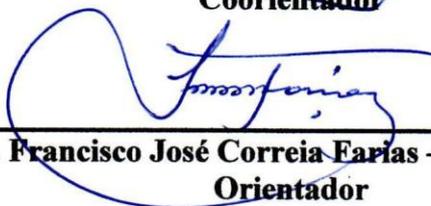
---

**Prof. Dr. Luiz Paulo de Carvalho – Embrapa Algodão**



---

**Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti – Embrapa Algodão  
Coorientador**



---

**Prof. Dr. Francisco José Correia Farias – Embrapa Algodão  
Orientador**

*Ao Soberano Deus, aos meus pais e aos meus professores*

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, por tudo que tenho e que sou.*

*Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da UEPB, por toda oportunidade de aprendizagem e formação.*

*A Embrapa Algodão pela infraestrutura disponibilizada para a realização e condução da pesquisa.*

*Ao Prof. Dr. Francisco José Correia Farias por sua orientação, dedicação e ensinamentos tão valiosos para a concretização deste trabalho de pesquisa e para minha formação profissional.*

*Ao Coorientador Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos por sua contribuição importante para a condução da pesquisa e para a minha formação acadêmica.*

*Aos Professores Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses (UEPB), Pedro Dantas Fernandes (UFMG), Alberto Soares de Melo (UEPB), Diogo Gonçalves Neder (UEPB), Liziane Maria de Lima e Roseane Cavalcanti dos Santos (Embrapa Algodão), pelos ensinamentos transmitidos na realização das disciplinas.*

*Aos colegas e amigos da Pós-graduação e da Embrapa Algodão, que contribuíram direta ou indiretamente.*

*Aos meus Professores da escola pública que foram a base necessária para alcançar este título.*

*Aos meus pais Maria de Lourdes Queiroz e Ivan Fidelis dos Santos por todos os ensinamentos passados.*

*A minha esposa Glaucia Augusto de Araújo Queiroz pelo seu amor, paciência, carinho e conselhos.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
2.1. O ALGODOEIRO .....	11
2.2. MELHORAMENTO DO ALGODOEIRO NO BRASIL .....	13
2.3. ANÁLISE DIALÉLICA .....	18
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1 MATERIAL GENÉTICO .....	21
3.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO .....	22
3.3 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS .....	23
3.3.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS .....	23
3.3.2 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE FIBRA .....	24
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
4.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA .....	27
4.2 ANÁLISE COMBINATÓRIA.....	35
4.3 EFEITOS DA CAPACIDADE GERAL DE COMBINAÇÃO.....	42
4.4 EFEITOS DA CAPACIDADE ESPECÍFICA DE COMBINAÇÃO .....	46
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Principais cultivares de algodoeiro herbáceo lançadas no Nordeste.....	16
<b>Tabela 2.</b> Características dos genitores de algodoeiro utilizados no cruzamento dialélico para obtenção dos híbridos.....	21
<b>Tabela 3.</b> Esquema representativo do dialelo balanceado incluindo seis genitores e quinze híbridos ( $F_1$ 's), de acordo com a metodologia de cruzamentos dialélicos balanceado proposta por Griffing (1956) Método 2, Modelo 1.....	22
<b>Tabela 4.</b> Esquema da análise de variância para experimentos em blocos ao acaso envolvendo $g$ genótipos e $r$ blocos.....	25
<b>Tabela 5.</b> Esquema da análise de variância para dialelos balanceados envolvendo genitores e os $F_1$ 's, segundo a metodologia proposta por Griffing (1956) Método 2, Modelo 1.....	26
<b>Tabela 6.</b> Quadrados médios para características agrônômicas (ALT – Altura; APF - Aparecimento da primeira flor; APC – Aparecimento do primeiro capulho; PIC – Peso de um capulho; PROD – Produtividade; PF – Porcentagem de fibra; PRODF – Produtividade de fibra) e tecnológicas de fibra (COMP - Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; RES – Resistência da fibra e FIN – Índice de micronaire) e Coeficiente de determinação genotípica ( $h^2$ ), Patos - PB, 2015.....	29
<b>Tabela 7.</b> Classificação das médias segundo o teste de Scott e Knott (1974) e o respectivo ranking (R) para os caracteres agrônômicos (ALT – Altura; APF - Aparecimento da primeira flor; APC – Aparecimento do primeiro capulho; PIC – Peso de um capulho; PROD – Produtividade; PF – Porcentagem de fibra; PRODF – Produtividade de fibra) e tecnológicas de fibra (COMP - Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; RES – Resistência da fibra e FIN – Índice de micronaire) Patos - PB, 2015.....	31
<b>Tabela 8.</b> Quadrados médios da Capacidade Combinatória Geral e Específica (Método 2, Modelo 1 de Griffing 1956), para caracteres agrônômicos e tecnológicos da fibra. $\Phi$ CGC – Componente quadrático associado a CGC; $\Phi$ CEC – Componente quadrático associado a CEC;	

ALT – Altura; APF - Aparecimento da primeira flor; APC – Aparecimento do primeiro capulho; P1C – Peso de um capulho; PROD – Produtividade; PF – Porcentagem de fibra; PRODF – Produtividade de fibra; COMP - Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; RES – Resistência da fibra e FIN – Índice de micronaire, Patos - PB, 2015.....36

**Tabela 9.** Estimativas dos Efeitos da Capacidade Geral de Combinação ( $g_1$ ) de seis genótipos de algodoeiro para caracteres agronômicos (ALT – Altura; APF - Aparecimento da primeira flor; APC – Aparecimento do primeiro capulho; P1C – Peso de um capulho; PROD – Produtividade; PF – Porcentagem de fibra; PRODF – Produtividade de fibra) e tecnológicos da fibra (COMP - Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; RES – Resistência da fibra e FIN – Índice de micronaire) Patos - PB, 2015.....44

**Tabela 10.** Estimativas dos Efeitos da Capacidade Específica de Combinação ( $s_{ij}$ ) entre seis genótipos de algodoeiro para caracteres agronômicos (ALT – Altura; APF - Aparecimento da primeira flor; APC – Aparecimento do primeiro capulho; P1C – Peso de um capulho; PROD – Produtividade; PF – Porcentagem de fibra; PRODF – Produtividade de fibra) e tecnológicos da fibra (COMP - Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; RES – Resistência da fibra e FIN – Índice de micronaire) Patos - PB, 2015.....48

## RESUMO

QUEIROZ, DAMIÃO RANIERE. Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão; Fevereiro de 2017; ANÁLISE GENÉTICA PARA CARACTERES AGRONÔMICOS E TECNOLÓGICOS DE FIBRA EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.); Orientador: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias; Coorientador: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti;

O objetivo deste trabalho foi estimar a capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação para características agronômicas e tecnológicas de fibra entre seis genótipos de algodoeiro herbáceo e suas quinze combinações híbridas, bem como determinar os efeitos genéticos predominantes no controle dos caracteres avaliados. Em 2015, seis genótipos de algodoeiro: FM 993, CNPA 04-2080, PSC 355, TAM B 139-17, IAC 26 e TAMCOT – CAMD-E e quinze combinações híbridas foram avaliadas na Estação Experimental da Embrapa Algodão, localizada em Patos - PB. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Foram avaliadas as seguintes características: Altura de plantas (ALT, cm); Aparecimento da primeira flor (APF, dias); Aparecimento do primeiro capulho (APC, dias); Peso de um capulho (P1C, g); Produtividade de algodão em caroço (PROD, kg/ha); Porcentagem de fibras (PF, %); Produtividade de algodão em fibra (PRODF, kg/ha); Comprimento da fibra (COMP, mm); Uniformidade (UNF, %); Resistência (RES, gf/tex) e Finura (FIN, IM). Procedeu-se a análise dialélica, utilizando-se o método 2, modelo 1 segundo a metodologia proposta por Griffing (1956). Diferenças significativas foram detectadas entre os tratamentos e entre as capacidades combinatórias (CGC e CEC). Verificou-se predominância dos efeitos aditivos para as características: ALT, APF, APC, PF, COMP, UNF, RES, FIN e predominância dos efeitos não aditivos para: P1C, PROD e PRODF. Os genótipos CNPA 04-2080, IAC 26 e FM 993 apresentaram as maiores estimativas de  $g_1$  para a produtividade, enquanto TAM B 139-17 obteve as maiores estimativas para as características de fibra. De um modo geral, as melhores combinações foram: FM 993 x PSC 355, FM 993 x TAMCOT-CAMD-E, CNPA 04-2080 x TAM B 139-17, CNPA 04-2080 x TAMCOT-CAMD-E, PSC 355 x IAC 26 e TAM B 139-17 x IAC 26, por apresentarem as maiores CEC ( $s_{ij}$ ) com pelo menos um dos pais de alta CGC (g). Sendo assim, estas combinações são indicadas para extração de linhagens e obtenção de genótipos superiores.

**Palavras-chave:** Análise dialélica, Melhoramento vegetal e Algodão.

## ABSTRACT

This work aimed to estimate the general combining ability (GCA) and the specific combining ability (SCA) for agronomic traits among six upland cotton genotypes and their fifteen hybrid combinations; and to determine the predominant genetic effects in the control of the evaluated traits. In 2015, six cotton genotypes: FM 993, CNPA 04-2080, PSC 355, TAM B 139-17, IAC 26 and TAMCOT – CAMD-E, and fifteen hybrid combinations were evaluated at the Experimental Station of Embrapa Algodão, located in Patos - PB. The experiment consisted of a randomized block design with three replications. The following characteristics were evaluated: plant height (PH, cm); appearance of the first flower (AFF, days); appearance of the first boll (AFB, days); weight of one boll (BW, g); cotton seed yield (CSY, kg/ha); lint percentage (LP, %); cotton fiber yield (LY, kg/ha); length (LEN, mm); uniformity (UNI, %); strength (STR, gf/tex), and fineness (FIN, IM). Diallel analysis was carried out according to the method 2, model 1 of Griffing (1956). Significant differences were detected between the treatments and between the combining abilities estimates (GCA and SCA). Additive effects were predominant for the following characteristics: PH, AFF, AFB, LP, LEN, UNI, STR, FIN and non-additive effects were predominant for: BW, CSY and LY. The genotypes CNPA 04-2080, IAC 26 and FM 993 showed highest estimates of (g) for yield, and the genotype TAM B 139-17 presented the highest estimates for fiber characteristics. In general, the best combinations were: FM 993 x PSC 355, FM 993 x TAMCOT-CAMD-E, CNPA 04-2080 x TAM B 139-17, CNPA 04-2080 x TAMCOT-CAMD-E, PSC 355 x IAC 26 and TAM B 139-17 x IAC 26, since they have the largest SCA ( $s_{ij}$ ) with at least one of the parents of high GCA (g). Therefore, they are indicated for extraction of elite lines and for the obtainment of superior genotypes.

**Keywords:** Diallel analysis, Plant breeding and Cotton.

## 1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium*), denominado algodão anual ou herbáceo produz a mais importante fibra têxtil do mundo e é a segunda maior fonte de óleo vegetal. É uma das quatro espécies cultivadas mundialmente para produzir fibra de algodão.

Explorada em grandes áreas nas regiões tropicais e subtropicais, sendo responsável por 90% da produção mundial, e tem grande importância social no Brasil (HOOGERHEIDE, 2004).

O algodoeiro é uma cultura plantada em todo mundo, a sua demanda tem aumentado gradualmente e segundo dados recentes existe um aumento anual médio de 2% (ABRAPA, 2015). O comércio mundial do algodão tem movimentado cerca de US\$ 12 bilhões anualmente, envolvendo mais de 350 milhões de pessoas em sua linha de produção. Produzido em todos os continentes, em mais de 60 países, sendo cinco – China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil – os principais produtores da fibra do algodoeiro (FAO, 2016).

O Brasil se destaca como o terceiro maior exportador de algodão do mundo (MAPA, 2017). Os maiores estados produtores desta malvácea são o Mato Grosso, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (CONAB, 2017).

O cultivo do algodoeiro em condições de sequeiro foi uma alternativa economicamente viável para os pequenos e médios produtores de base familiar da região semiárida do Brasil. Atualmente, a área de algodão nessa região é muito pequena, em razão da baixa produtividade e competitividade ocasionadas por vários fatores, dentre os quais destacam-se a desorganização da cadeia produtiva na região, a ocorrência de déficit hídrico com elevada frequência, baixa adoção de tecnologias, como a mecanização, o que aumentou os custos com mão de obra, que atualmente está se tornando escassa e cara (EMBRAPA, 2017).

O plantio desta cultura no semiárido é importante para o desenvolvimento regional e para a geração de empregos, pois permite a obtenção de diferentes produtos que podem ser utilizados para diferentes fins, gerando renda através de sua fibra (indústria de tecidos), caroço (fabricação de biodiesel, óleo de cozinha, etc.) e farelo (alimentação animal), movimentando diferentes setores da economia. Um dos grandes entraves para o cultivo do algodoeiro em larga escala na região semiárida é o alto custo e a escassez de mão de obra para realização de tratamentos culturais, controle de ervas daninhas e colheita (ZONTA et al., 2016).

Uma das alternativas que tem sido adotada pelos agricultores familiares é a produção de algodão com características especiais, como o colorido e o agroecológico, que permitem a obtenção de preços diferenciados em relação ao algodão convencional, agregando valor à produção e aumentando a rentabilidade por área. O algodão produzido pelos agricultores

familiares é colhido manualmente, o que proporciona, quando esta operação é bem feita, a obtenção de um produto de elevada qualidade, com baixa contaminação da fibra por impurezas (VIDAL NETO e CARVALHO, 2006).

O programa de melhoramento desenvolvido pela Embrapa Algodão para as condições semiáridas apresenta objetivos semelhantes à de outros países da América Latina, como melhorar a produtividade, o rendimento no descaroçamento e obter cada vez fibras de melhor qualidade, com prioridade para a obtenção de cultivares mais produtivas, precoces, com alto rendimento de fibras, fibras finas, resistentes e uniformes (FREIRE et al., 2008).

Para atender a estas demandas, os melhoristas utilizam ferramentas genéticas e estatísticas para a obtenção de sucesso nos programas de melhoramento. Uma das técnicas mais usadas é a análise dialélica, que tem por finalidade analisar o delineamento genético, provendo estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres essenciais para a seleção de indivíduos com altos rendimento e produtividade (CRUZ e REGAZZI, 1994).

Os cruzamentos dialélicos contribuem com a obtenção de inúmeras informações para o melhorista que facilitam a seleção de genótipos de interesse para o agricultor. Dentre as várias metodologias existentes, a metodologia de análise dialélica proposta por Griffing (1956) permite a estimativa da capacidade geral de combinação e da capacidade específica de combinação (CRUZ, 2006a).

Diante deste contexto, o objetivo desse trabalho foi selecionar genótipos superiores de algodoeiro herbáceo para as condições do semiárido brasileiro quanto às características agronômicas e tecnológicas de fibras, por meio de estimativas das capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinações, entre seis genótipos e suas combinações híbridas.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. O Algodoeiro

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium*) denominado de algodão anual ou herbáceo é uma das quatro espécies cultivadas mundialmente para a produção de fibra. Esta espécie é explorada nas regiões tropicais e subtropicais, sendo responsável por mais de 90% da produção mundial, tendo grande importância social no Brasil (HOOGERHEIDE, 2004). O produto colhido é denominado algodão em caroço sendo composto pela pluma (fibra e pelo caroço). A fibra é utilizada pela indústria da fiação e o caroço na alimentação animal e humana. Nessa espécie o comprimento da fibra pode variar de média a longa (25,4 a 34,9 mm) (FUZATTO, 1999).

O gênero *Gossypium* pertence à família Malvaceae, originado entre 5 a 10 milhões de anos atrás com 45 espécies diplóides ( $2n=2x=26$ ; genomas A-G e K) e cinco espécies alotetraplóides ( $2n=4x=52$ ; genoma AD) bem estudadas e documentadas (ULLOA, 2014; RODRIGUES et al., 2016). O algodoeiro possui quatro espécies cultivadas e as restantes são apenas espécies silvestres não apresentando valor econômico. As espécies cultivadas são *Gossypium arboreum* L., *Gossypium herbaceum* L., *Gossypium barbadense* L. e *Gossypium hirsutum* L., estas apresentam valor econômico e estão dispersas pelo mundo inteiro (CARVALHO, 2008a).

A origem do algodoeiro remota na pré-história do Velho e do Novo Mundo, com as primeiras referências a cultura encontradas no Código de Manu, séculos antes de Cristo. O algodoeiro mais antigo foi encontrado em escavações arqueológicas nas ruínas de Mohenjo-Daro, em Sina, no Vale do rio Indo (Paquistão Ocidental) em um pequeno fragmento de tela e um cordão, com aproximadamente 3000 anos A.C. Na América o algodoeiro mais antigo foi encontrado nas escavações de Huaca Prieta no Peru, com aproximadamente 2500 anos A.C. Estes dois algodoeiros encontrados, possuíam fibras grossas e áspera, assemelhando-se as produzidas pelas espécies *Gossypium arboreum* e *Gossypium barbadense*, levando a concluir que a cerca de 50 séculos atrás tais espécies já se achavam diferenciadas. Evidências citológicas e genéticas fundamentam a hipótese a qual os algodoeiros do Novo Mundo teriam se originados da hibridação entre uma das espécies de algodoeiro do Velho Mundo e uma das espécies silvestres de *Gossypium* da América (NEVES, 1965).

As quatro espécies cultivadas foram domesticadas em quatro regiões diferentes do mundo: dois tetraploides, *G. hirsutum* L. na Mesoamérica, *G. barbadense* L. na América do Sul,

e dois diploides, *G. herbaceum* L. na Arábia e Síria e *G. arboreum* L. no Vale do Indo da Índia e no Paquistão (D'EECKENBRUGGE e LACAPE, 2014).

O germoplasma do gênero *Gossypium* pode ser dividido em: a) espécies selvagens e espécies cultivadas; b) espécies diploides e espécies alotetraploides ( $2n=4x=52$ ) e c) espécies produtoras e espécies não produtoras de fibras fiáveis (FUZATTO, 1999).

A espécie *G. hirsutum* L. é considerada uma das principais espécies domesticadas pelo homem entre as mais de 230 mil espécies de plantas superiores. O algodoeiro é a única espécie domesticada sendo apresentada em termos econômicos como trina, por produzir fibra (seu produto principal), porém o seu potencial não se restringe apenas a fibra, o óleo é utilizado para alimentação e produção de energia (HERINQUE e LACA-BUENDÍA, 2010).

O algodoeiro anual, também conhecido com a denominação geral de “upland”, possui porte subarbustivo, crescimento indeterminado e produz um número variável de cápsulas (capulhos) com três a cinco lóculos que contêm, em média 32 a 40 sementes. Geralmente apresenta nectários na face inferior das folhas e na base das flores e possui glândulas produtoras de gossipol (substância tóxica a certos insetos e aos animais não ruminantes), normalmente distribuídas em sua quase totalidade. Suas sementes são cobertas por dois tipos de células diferenciadas que constituem as fibras longas e fiáveis e as curtas ou o “linter”, as quais proporcionam à cultura um grande valor comercial (PENNA, 1999; FARIAS, 2005).

A produção mundial apoia-se nas fibras oriundas de quatro espécies, sendo que a mais importante é a *G. hirsutum* L., responsável por mais de 90% da fibra produzida (FUZATTO, 1999).

Nessa espécie, o comprimento da fibra varia de média a longa (25,4 a 34,9 mm). *G. barbadense* L. produz fibra extra longa, com mais de 35 mm, e contribui com aproximadamente, 5% da produção mundial. *G. herbaceum* L. e *G. arboreum* L. são utilizados na produção de fibras curtas com menos de 25 mm e contribuem com menos de 4% da produção mundial (FUZATTO, 1999).

A planta do algodoeiro é considerada parcialmente autógama, possuindo um sistema reprodutivo considerado misto, com flores hermafroditas, desta forma parte de suas sementes são provenientes da autofecundação, sendo a taxa de cruzamento natural variável, dependendo das condições ambientais, da presença de agentes polinizadores das cultivares. O conhecimento da taxa de cruzamento do algodoeiro torna-se importante, influenciando diretamente na escolha dos métodos de melhoramento (CARVALHO, 1993).

Nestas condições, trabalhos de melhoramento genético exigem, como regra, polinização controlada, da mesma forma que a manutenção de pureza nos campos de multiplicação de

sementes, depende de barreiras físicas ou de isolamento pela distância. Tratando-se de pólen pesado e viscoso, seu transporte pelo vento é praticamente nulo, sendo realizado essencialmente por insetos que frequentam as flores recém-abertas (FUZATTO, 1999).

A taxa de fecundação cruzada já foi estimada em várias oportunidades, variando de 5 a 75% no algodoeiro herbáceo (MORESCO, 2000; XANTHOPOULOS e KECHAGIA, 2000; FREIRE, 2002; SEN et al., 2004; BARROSO et al., 2005; BURKE, 2016).

O isolamento de materiais genéticos cultivados em áreas contíguas pode ser feito por barreiras físicas, constituídas por cinco a dez fileiras de plantas altas e de crescimento rápido, como milho, sorgo, crotalária, entre outras. Na ausência de barreiras, torna-se necessário um distanciamento de pelo menos 300 metros, e eliminação de uma bordadura de no mínimo 30 metros, para que o campo possa ser aproveitado como semente (FUZATTO, 1999).

Neste aspecto, os trabalhos conduzidos no programa de melhoramento da Embrapa Algodão exigem como regra básica, a indução da autofecundação através do amarrido dos botões florais e a manutenção da pureza genética dos campos de pequenos (CPA) e grandes aumentos (CGA), utilizando barreiras físicas ou pelo isolamento através de distância mínima de 300 metros entre os campos de sementes genéticas (FARIAS, 2005).

## **2.2. Melhoramento do Algodoeiro no Brasil**

No Brasil, as pesquisas com o algodoeiro tem início em 1915, com a criação do Serviço de Algodão, no Ministério da Agricultura, porém os trabalhos de melhoramento tiveram início em 1924, com a formação da Seção de Algodão, no IAC. Os trabalhos iniciais tinham como objetivo à produtividade e o comprimento da fibra (CARVALHO, 2008b; FREIRE et al., 2015).

Segundo Vida Neto e Freire (2013), em 1930, já existia uma adequada rede de pesquisa e melhoramento do algodoeiro no Brasil, sob a coordenação do Serviço Federal e dos Serviços Estaduais de Algodão, principalmente nos estados do MA, PE, RN, CE, SE, MG e em Campinas na Seção do Algodão do IAC, a maioria dessas estações experimentais funcionaram até a década de 1980, quando o bicudo-do-algodoeiro foi introduzido no Brasil, levando a derrocada do algodoeiro arbóreo e a desativação da maioria dos programas de melhoramento desta cultura no Nordeste.

Em torno de 1942, com um aumento da área de plantio e o agravamento dos problemas com as pragas, estas ganharam atenção dos melhoristas, entretanto procuraram manter a produtividade ainda como característica fundamental nos trabalhos de seleção (CARVALHO, 2008b).

Em 1957, com o surgimento da murcha-de-fusarium, no Estado de São Paulo, o principal objetivo dos programas de melhoramento passou a ser, obtenção de cultivares resistentes às doenças. A partir de 1971, as prioridades dos programas de melhoramento passaram a ser a produtividade, resistência múltipla a fatores adversos, principalmente a pragas e doenças, mantendo também, a uniformidade, a resistência, a finura e o rendimento da fibra como prioridades. A partir de 1976, a indústria de fiação, passa a operar com máquinas mais rápidas e de maior rotação, com isso os programas de melhoramento passaram a trabalhar para aumentar a resistência dos materiais em cultivo, mantendo outras características já obtidas (CARVALHO, 2008b).

No geral, os programas de melhoramento genético do algodoeiro do Brasil apresentam algo em comum com os que estão sendo desenvolvidos por toda a América do Sul, buscando como base melhoria na produtividade, rendimentos no descaroçamento, fibras finas, resistentes e uniformes, porém cada país tem sua especificidade e objetivos em particular divergentes (FREIRE et al., 2008).

Segundo Bourland e Myers (2015), a produção do algodão principalmente nos EUA, tem se transformado desde meados do século XX pela substituição de uma produção manual para uma mecanizada, reduzindo custos. Esta mecanização na produção do algodão convencional tem se aplicado também aos programas de melhoramento genético, fazendo com que os plantios e as colheitas, as etiquetagens das sementes, os relatórios aplicados ao melhoramento ocorram em menos tempo e com alto grau de precisão somado com uma diminuição drástica da quantidade de mão de obra empregada na cultura.

Com a introdução de cultivares transgênicas de algodoeiro a produção convencional diminuiu drasticamente. As primeiras cultivares transgênicas apresentavam uma performance agrônômica semelhante ou até superior aos seus genitores, fazendo com que ocorresse uma rápida aceitação dessas cultivares. Entretanto, durante a seleção ocorreram pequenas mudanças nos transgenes, alterando suas performances, levando os cultivares a se tornarem suscetíveis a diversas pragas e aos estresses abióticos, sendo assim o melhoramento convencional ainda tem sido amplamente utilizado nessa atividade (BOURLAND e MYERS, 2015).

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de cultivares transgênicas com 44,2 milhões de hectares, com destaque para soja, milho e algodão, atingindo 25% dos cultivos transgênicos globais em 2015 (JAMES, 2015). Em particular, o Brasil plantou a soja com a combinação das características de resistência a insetos (RI) e a tolerância a herbicida (TH) em uma área recorde de 11,9 milhões de hectares (JAMES, 2015). As principais cultivares transgênicas de algodoeiro disponíveis para a região do cerrado são: FM 975 WS, FM 983 GLT,

FM 940 GLT, TMG 81 WS, TMG 82 WS, TMG 45 B2RF, DP555 BGRR, DP 1536 B2RF (FARIAS et al., 2015; SILVA FILHO et al., 2016).

Na região Nordeste, a cultura do algodoeiro tem recebido atenção das instituições de pesquisas desde 1920, no caso do algodoeiro mocó, e 1923 no caso do algodoeiro herbáceo (CARVALHO, 2008b). Nessa região o plantio do algodoeiro já foi uma das principais fontes de renda principalmente para o pequeno e médio agricultor e uma fonte de distribuição de renda da região (WALDHEIM et al., 2006).

De acordo com Carvalho (2008b), há três períodos distintos no melhoramento do algodoeiro anual, no Nordeste, o primeiro entre 1923 e 1975, neste período, tinham como objetivo a aclimação de cultivares introduzida, a melhoria dos tipos locais, visando maior rendimento e melhor qualidade da fibra, além da tolerância às doenças. O segundo período tem início com os trabalhos do CNPA (Embrapa Algodão) em 1976, neste período tinham como objetivo a porcentagem de fibra, peso do capulho, aumentar a produtividade e tolerância às doenças, mantendo as características de fibra nos padrões da indústria têxtil. No terceiro período, o atual, que começa com a ocorrência do bicudo em 1983, chegando até os dias atuais, neste período foram obtidas diversas cultivares de elevada produtividade, precocidade, adequadas características de fibras e alta adaptabilidade e estabilidade para as condições semiáridas do Nordeste (Tabela 1).

**Tabela 1.** Principais cultivares de algodoeiro herbáceo lançadas no Nordeste (Adaptado de EMBRAPA, 2017).

CULTIVARES	Ano de lançamento	Aparecimento do 1º Capulho (Dias)	Porcentagem de fibra (%)	Algodão em caroço (kg/ha)	Comprimento (mm)	Uniformidade (%)	Resistência (lb/mg <sup>1</sup> /gf/tex <sup>2</sup> )	Finura (I.M)
CNPA 2H	1977	108	-	1.339	33,0	52	7,6 <sup>1</sup>	4,2
CNPA 3H	1982	100	37,8	1.627	29,9	51,5	7,5 <sup>1</sup>	4,5
CNPA ACALA 1	1986	97,5	36,6	2.100	34,1	52,2	9,5 <sup>1</sup>	-
CNPA PRECOCE 1	1986	80	35,0	1.266	30,0	52,7	7,5 <sup>1</sup>	4,4
CNPA 6H-OURO BRANCO	1988	118	39,6	1.295	29,5	53,5	7,4 <sup>1</sup>	4,6
CNPA 7H	1993	90	39,1	1.759	29,3	53,2	7,4 <sup>1</sup>	-
CNPA PRECOCE 2	1994	80	43,2	1.939	29,8	-	6,7 <sup>1</sup>	3,9
ANTARES	1998	-	37,6	3.226	30,1	48,0	23,2 <sup>2</sup>	3,9
BRS 186 PRECOCE 3	1999	75	38,0	2.147	29,9	48,3	22,0 <sup>2</sup>	4,1
BRS 187 8H	1999	-	38,7	2.120	28,1	50,4	24,2 <sup>2</sup>	4,5
BRS IPÊ	2001	-	38,5	-	29,7	-	28,8 <sup>2</sup>	4,2
BRS AROEIRA	2001	-	39,8	3.841	31,0	-	29,3 <sup>2</sup>	4,4
BRS JATOBÁ	2003	126	39,1	4.059	29,0	84,3	30,8 <sup>2</sup>	4,6
BRS CAMAÇARI	2004	127	38,8	4.024	29,7	84,5	30,9 <sup>2</sup>	4,4
BRS PEROBA	2004	104	38,8	4.200	29,9	85,6	31,1 <sup>2</sup>	4,3
BRS ARAÇÁ	2005	144	38,3	4.625	29,1	84,5	30,1 <sup>2</sup>	4,2
BRS ACALA	2005	96	36,0	2.719	33,5	87,7	35,8 <sup>2</sup>	4,2
BRS ARARIPE	2005	98	39,7	2.725	30,0	84,8	31,2 <sup>2</sup>	4,2
BRS SERIDÓ	2007	95,5	38,4	2.222	32,0	86,3	31,1 <sup>2</sup>	4,6
BRS 286	2008	112,5	40,2	4.874	30,2	84,5	29,6 <sup>2</sup>	4,2
BRS 293	2009	115	40,7	4.623	29,5	84,0	30,6 <sup>2</sup>	4,1
BRS 269 - BURITI	2009	122,5	40,2	4.868	30,5	84,5	32,0 <sup>2</sup>	4,0
BRS 335	2011	110	41,0	4.779	30,0	83,8	30,1 <sup>2</sup>	4,1
BRS 336	2011	115	38,7	3.851	33,0	84,4	32,6 <sup>2</sup>	4,4

No Nordeste, o cultivo do algodoeiro é realizado em dois ecossistemas diferentes, os cerrados da Bahia, Piauí e Maranhão e na região semiárida. No primeiro ecossistema, praticam-se a agricultura empresarial, nos quais os objetivos são cultivares de ciclo precoce e médio; resistência a doenças e resistência ou tolerância ao bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*). Para o semiárido, caracterizado pela predominância da exploração familiar, os objetivos são cultivares que possuam tolerância a seca; ciclo precoce ou semiperene; adaptação às condições edafoclimáticas locais; resistência ao bicudo e algumas características especiais: fibra colorida, ausência de Gossypol nas sementes e aumento do teor de óleo (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Nesta região principalmente o semiárido, um dos problemas evidenciados é a falta de modernização da cotonicultura, que pode ser explicado pela falta de interesse da indústria têxtil pela matéria-prima, ligados as condições tradicionais da estrutura de produção no campo (SANTOS et al., 2008).

A produção da fibra de algodão na região nordeste tem tido um aumento na qualidade devido a um acúmulo crescente de conhecimentos e tecnologias para o cultivo do algodoeiro (SANTOS et al., 2008). Segundo Silva (2011), a região possui potencial para soerguer a cotonicultura com a chegada de novas cultivares precoces e de fibras coloridas, principalmente para as propriedades que vivem da agricultura familiar.

Para Carvalho (2008b), a substituição de linhagens de algodoeiro velhas por novas a cada ano, com cruzamentos de materiais de origens diferentes poderá incluir genes de resistência as doenças somado com genes que confere uma alta produtividade aos cultivares plantados na região nordeste.

A demanda por novas cultivares de algodoeiro faz parte do processo de desenvolvimento e crescimento da cotonicultura em algumas regiões do Brasil (dentre elas a região Nordeste), induzindo os melhoristas a utilizarem a hibridação na busca de cultivares com melhores características agronômicas e tecnológicas de fibra, que venham a atender os produtores e a indústria têxtil (PEDROSA et al., 2001).

De acordo com o sistema de produção (EMBRAPA, 2017), atualmente estão disponíveis várias cultivares para plantio na região semiárida do Nordeste, dentre as quais destacam – se: BRS 286, BRS 336, BRS AROEIRA (fibras brancas) e BRS RUBI, BRS SAFIRA, BRS TOPÁZIO e BRS JADE (fibras coloridas).

### 2.3. Análise Dialélica

Segundo Cruz e Regazzi (1994), considera-se o termo dialelo para expressar um conjunto de  $p(p-1)/2$  híbridos, resultantes do cruzamento entre  $p$  genitores, podendo incluir, além dos respectivos pais, os híbridos recíprocos e, ou, outras gerações relacionadas, tais como  $F_2$ 's e retrocruzamentos.

As metodologias propostas de análises dialélicas objetivam avaliar o delineamento genético definido e determinar estimativas de parâmetros genéticos favoráveis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento da natureza e proporção dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ, 2006a).

De acordo com Berger et al. (2012), os sistemas de cruzamentos dialélicos foram utilizados em estudos do algodoeiro visando avaliar a produtividade, características agronômicas, componentes de produção das sementes, propriedades da fibra e parâmetros de qualidade.

Para Rauf et al. (2006), com objetivo de selecionar pais e os cruzamentos apropriados, e para determinar as capacidades de combinação dos pais no início da geração, tem sido utilizado amplamente a análise dialélica por melhoristas de plantas.

Análise dialélica é uma das técnicas mais amplamente utilizadas, que determinam o tipo de variação genética em caracteres quantitativos (RAUF et al., 2005). Esta metodologia leva a identificação dos pais com genes de efeitos aditivos e não aditivos para características específicas. Por sua vez ajuda na escolha dos pais que sejam incluídos na hibridação ou em população de programas de melhoramento (LUKONGE et al., 2008).

Em programas de melhoramento genético, existe uma preocupação na realização das escolhas dos cultivares que serão cruzados, para que o programa não seja comprometido. Tem sido dado ênfase ao comportamento “per se”, à capacidade combinatória e à diversidade genética entre os genitores disponíveis, os quais podem ser avaliados por meio de análise dialélicas. As análises dialélicas não são apenas úteis na escolha dos genitores, mas produzem informações sobre fenômenos genéticos, como heterose, controle genético dos caracteres e limites teóricos de seleção (CRUZ, 2006a).

Os sistemas de cruzamentos dialélicos têm sido amplamente utilizados em programas de melhoramento genético de plantas com o objetivo de obter informações a respeito do comportamento de um grupo de genitores de per si e em combinações híbridas. Inúmeras informações a respeito da ação gênica envolvida na determinação de características quantitativas são também obtidas nesses sistemas de cruzamentos (CRUZ e VENCOVSKY, 1989). Várias são as metodologias utilizadas para estudar um grupo de variedades de polinização aberta e seus cruzamentos, entre elas, a metodologia de Griffing (1956), é aplicada a um grupo de genitores com qualquer nível de endogamia (CRUZ e VENCOVSKY, 1989).

Segundo Cruz e Regazzi (1994), na metodologia de Griffing (1956) p possíveis genitores genótipos podem ser reunidos em uma tabela  $p \times p$  e divididos em três grupos: (a) p genitores, (b)  $p(p-1)/2$  híbridos  $F_1$ 's e (c)  $p(p-1)/2$  híbridos  $F_1$ 's e recíprocos. Esta metodologia permite estimar os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e os efeitos da capacidade específica de combinação (CEC). A capacidade de combinação descreve o valor genético de genitores para produzir híbridos superiores. Sprague e Tatum (1942) usaram o termo capacidade geral de combinação (CGC) para designar o desempenho médio de um genitor em suas combinações híbridas e usou o termo capacidade específica de combinação (CEC) para definir os casos em que certas combinações são relativamente melhor ou pior em relação ao esperado com base na CGC.

Ao utilizar esta metodologia, os melhoristas utilizam as capacidades combinatórias para selecionar cultivares parentais que sejam adequados e que produzam progênes elevadas nas novas combinações (BASAL et al., 2011). Para Khan (2013), os melhoristas procuram alelos favoráveis, sendo a identificação de genitores que contribuam mais com esses alelos uma etapa muito importante para os programas de melhoramento.

Estudos da capacidade de combinação e heterose foram realizados em germoplasma de algodoeiro para estimar a CGC e a CEC e os efeitos heteróticos (KHAN et al., 2009; BASAL et al., 2011). Aguiar et al. (2007), utilizou as capacidades de combinação (CGC e CEC) e a heterose para estudar o controle genético dos caracteres agrônômicos e de fibra em combinações híbridas de algodoeiro de sequeiro.

Basal e Turgut (2003), estudando os componentes de produção e seis parâmetros para a qualidade de fibra em genótipos de algodoeiro, estimaram a heterose e os efeitos das capacidades de combinação para determinar os pais mais adequados em diferentes cruzamentos. Observaram significância da CGC para todas as características estudadas, sugerindo genes de efeitos aditivos no controle das características para produção e qualidade de fibra. A CEC mostrou-se

significativa para as características de produtividade, precocidade, comprimento e finura, indicando genes de efeitos não aditivos para estas características.

Berger et al. (2012), avaliaram algumas características quanto a qualidade de fibra em oito genótipos de algodoeiro herbáceo utilizando a análise dialélica e observaram efeitos significativos nos valores de CGC e CEC para a maioria das características de fibras avaliadas, inclusive para a porcentagem de fibras.

Simon et al. (2013), estudaram os efeitos das capacidades de combinação em oito genótipos de algodoeiro na região nordeste da Nigéria, observando tanto efeitos aditivos e não aditivos no controle genético das características em estudo.

Bechere et al. (2016), estudaram os efeitos das estimativas de CEC e da CGC para a taxa de descaroçamento e a exigência de energia líquida no descaroçamento em um conjunto de germoplasma de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), observaram tanto os genes de efeitos aditivos como os não aditivos, com predominância dos efeitos aditivos no controle das características em estudo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material Genético

Foram utilizados seis genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var *latifolium* Hutch.) provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de Algodão da Embrapa Algodão em Campina Grande – PB. Os genitores foram escolhidos previamente por suas características produtivas e tecnológicas de fibras, assumindo que são genótipos contrastantes em respeito a caracteres agronômicos e de qualidade de fibra. Na Tabela 2, encontram-se as principais características dos genitores.

**Tabela 2.** Características dos genitores de algodoeiro utilizados no cruzamento dialélico para obtenção dos híbridos.

GENITORES	OBTENTORES	CARACTERÍSTICAS
1 - FM 993	Bayer Seeds, Brasil	Produtividade e qualidade de fibras.
2 - CNPA 04 - 2080	Embrapa, Brasil	Produtividade e porcentagem de fibras.
3 - PSC - 355	Phytogen Seed Company - USA	Produtividade e qualidade de fibras.
4 – TAM B 139 - 17	Texas A&M – USA	Qualidade de fibras.
5 – IAC 26	IAC, Brasil	Produtividade e resistência a doenças.
6 – TAMCOT – CAMD - E	Texas A&M - USA	Precocidade e arquitetura de plantas.

No ano agrícola de 2014 foram obtidas as sementes híbridas ( $F_1$ 'S) através de cruzamentos dialélicos entre os seis genótipos (Tabela 3).

**Tabela 3:** Esquema representativo do dialelo balanceado incluindo seis genitores e quinze híbridos ( $F_1$ 's), de acordo com a metodologia de cruzamentos dialélicos balanceado proposta por Griffing (1956) Método 2, Modelo 1.

Genitores	1 – FM 993	2 – CNPA 04 - 2080	3 - PSC - 355	4 – TAM B 139 - 17	5 – IAC 26	6 – TAMCOT – CAMD - E
1 – FM 993	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$	$Y_{14}$	$Y_{15}$	$Y_{16}$
2 - CNPA 04 - 2080		$Y_{22}$	$Y_{23}$	$Y_{24}$	$Y_{25}$	$Y_{26}$
3 – PSC – 355			$Y_{33}$	$Y_{34}$	$Y_{35}$	$Y_{36}$
4 – TAM B 139 - 17				$Y_{44}$	$Y_{45}$	$Y_{46}$
5 – IAC 26					$Y_{55}$	$Y_{56}$
6 – TAMCOT – CAMD – E						$Y_{66}$

### 3.2. Delineamento Estatístico

Foram avaliados 15 híbridos e seis genitores, que totalizaram 21 tratamentos. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2015, no campo experimental da Embrapa Algodão no município de Patos - PB, localizado na mesorregião do sertão paraibano, no período de agosto a dezembro de 2015. A área do experimento caracteriza-se pela posição geográfica de 7° 0' 40.55" S latitude Sul e de 37° 16' 14.80" W longitude Oeste, com altitude de 243,28 m, tendo como precipitação média registrada no ano de 2015 de 495,7 mm (AESAs, 2017), em condições de campo, sob irrigação.

A parcela experimental foi constituída de duas fileiras de 5 m de comprimento com um espaçamento de 1,00 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas, com área útil de 10 m<sup>2</sup> e densidade populacional constituída de 50 plantas/fileira.

O plantio foi realizado manualmente, deixando-se 25 plantas em cada fileira de 5,0 m, sendo o desbaste realizado aos 30 dias após o plantio. Os tratos culturais foram feitos de acordo com a necessidade da cultura ao longo da condução do experimento. Para o controle de plantas daninhas foi aplicado Herbadox (Pendimetalina) e Diuron, respectivamente, em pré-emergência.

A primeira colheita foi realizada 115 após a semeadura e a segunda colheita foi realizada 141 dias após a semeadura.

### **3.3. Características Avaliadas**

#### **3.3.1. Características Agronômicas**

As características agronômicas avaliadas no decorrer do experimento foram as seguintes:

- A.** Altura de plantas - ALT (cm): Foi obtida após a colheita, em dez plantas competitivas na parcela, tendo sido retirada a média para a análise estatística;
- B.** Aparecimento da primeira flor - APF (dias): Foi obtido pela contagem dos números de dias da emergência até o aparecimento da primeira flor;
- C.** Aparecimento do primeiro capulho - APC (dias): Foi obtido pela contagem dos números de dias da emergência até a abertura do primeiro capulho;
- D.** Peso de um capulho - P1C (g): Foi obtido pelo peso médio de 20 capulhos (Amostra Padrão) coletados na área útil da parcela no período da colheita;
- E.** Produtividade de algodão em caroço – PROD (kg/ha): Foi obtido através da transformação do peso do algodão em caroço obtido da parcela útil em gramas e convertido em quilogramas por hectare;
- F.** Porcentagem de fibras - PF (%): Foi obtido pela relação entre o peso de fibra da amostra padrão em cada parcela útil pelo peso total da amostra padrão;
- G.** Produtividade de algodão em fibra – PRODF (kg/ha): Foi obtido pelo produto da produtividade do algodão em caroço pela respectiva porcentagem de fibra;

### 3.3.2. Características Tecnológicas de Fibra

As características tecnológicas de fibra foram avaliadas no Laboratório de Tecnologia de Fibra e Fios da Embrapa Algodão, em Campina Grande - PB, por meio do aparelho HVI (Uster HVI 1000) tomando-se 20 capulhos / parcela como amostra padrão. As características de fibras analisadas foram:

- A.** Comprimento de Fibra – COMP (mm): Simula a avaliação subjetiva do comprimento de fibra, feita pelo classificador de algodão. No sistema HVI, ao avaliar a amostra de algodão, elabora um diagrama conhecido como fibrograma, onde são relacionados os comprimentos de fibra em função de suas frequências na amostra;
- B.** Uniformidade de fibra – UNF (%): O índice de uniformidade corresponde à relação de valores médios Mean Length e Upper Half Mean Length. É uma indicação da dispersão de comprimento das fibras dentro da totalidade da amostra;
- C.** Resistência de fibra – RES (gf/tex): Trata-se da resistência específica à ruptura de um feixe fibroso, calculando-se a finura das fibras individuais (tex) a partir do valor micronaire. Os valores são obtidos a uma taxa de deformação constante (CRE - Constant Rate of Extension);
- D.** Finura – FIN (IM): O Micronaire é um índice através do qual se verifica o comportamento e resistência ao ar de uma massa fibrosa definida em fluxo de ar a uma pressão constante;

### 3.4. Análise Estatística

As análises genética-estatísticas para os dados obtidos no experimento foram feitas mediante o programa computacional GENES versão 2014.6.1 (CRUZ, 2013). Para a análise de variância foi utilizado o teste F a 1 e 5% de probabilidade, conforme a Tabela 4.

As médias entre os tratamentos foram agrupadas através do teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade. O modelo de análise de variância adotado, conforme Cruz et al. (2006b), segue abaixo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : Observação obtida na parcela com  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo bloco;

$\mu$ : Média geral;

$g_i$ : Efeito do  $i$ -ésimo genótipo considerado fixo;

$b_j$ : Efeito do  $j$ -ésimo bloco considerado aleatório;

$\varepsilon_{ij}$ : Efeito do erro aleatório associado à observação de ordem  $ij$ ;

**Tabela 4:** Esquema da análise de variância para experimentos em blocos ao acaso envolvendo  $g$  genótipos e  $r$  blocos (CRUZ et al., 2006b).

FV	GL	SQ	QM	F	E(QM)
				Fixo	Fixo
Blocos	$r - 1$	SQB	QMB		$\sigma^2 + g\sigma_r^2$
Tratamentos	$g - 1$	SQT	QMT	QMT/QMR	$\sigma^2 + r\Phi_g$
Resíduo	$(r - 1)(g - 1)$	SQR	QMR		$\sigma^2$
Total	$gr - 1$	SQTo			

As análises dialélicas e as estimativas das capacidades combinatórias foram realizadas de acordo com o Método 2, Modelo 1 proposto por Griffing (1956), que estima os efeitos da capacidade geral de combinação CGC ( $\hat{g}_i$ ) de cada genitor e os efeitos da capacidade específica de combinação CEC ( $\hat{s}_{ij}$ ), a partir de um conjunto de  $p$  genitores e dos  $p(p - 1)/2$  híbridos  $F_1$ 's. Quando  $i = j$ , tem-se o efeito da CEC de um genitor cruzado consigo mesmo ( $\hat{s}_{ii}$ ); quando  $i \neq j$ , tem-se o efeito da CEC de um híbrido obtido a partir de dois genitores cruzados entre si.

O modelo genético estatístico é dado por:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : valor médio da combinação híbrida ( $i \neq j$ ) ou do genitor ( $i = j$ );

$m$ : média geral;

$g_i, g_j$ : efeitos da capacidade geral de combinação do  $i$ -ésimo e do  $j$ -ésimo genitor, respectivamente;

$s_{ij}$ : efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem  $i$  e  $j$ ;

$\bar{\epsilon}_{ij}$ : erro experimental médio;

Neste modelo é considerado que  $s_{ij} = s_{ji}$ .

O Modelo do esquema da análise de variância se encontra na Tabela 5.

**Tabela 5:** Esquema da análise de variância para dialelos balanceados envolvendo genitores e os  $F_1$ 's, segundo a metodologia proposta por Griffing (1956) Método 2, Modelo 1.

FV	GL	QM	F	E(QM)
			Fixo	Fixo
CGC	$p-1$	QMG	QMG/QMR	$\sigma^2_{\epsilon} + (p+2)\Phi_g$
CEC	$p(p-1)/2$	QMS	QMS/QMR	$\sigma^2_{\epsilon} + \Phi_s$
Resíduo	$f$	QMR		$\sigma^2_{\epsilon}$

Em que:

$$\Phi_g = \frac{1}{p-1} \sum g_i^2$$

e

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

$f$  = número de graus de liberdade do resíduo.

QMR: quadrado médio do resíduo, já dividido pelo número de observações que deram origem às médias da tabela dialélica.

Para os modelos fixos, estimam-se os componentes quadráticos que expressam a variabilidade genética do material estudado, em termos de CGC e CEC, do seguinte modo:

$$\Phi_g = \frac{QMG - QMR}{p+2}$$

e

$$\Phi_s = QMS - QMR$$

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise de Variância

O resumo da análise de variância para as características agrônômicas e tecnológicas da fibra encontra-se na Tabela 6. Foram observados diferenças significativas a 1% de probabilidade pelo teste F entre os genótipos, para todas as características avaliadas, evidenciando que os mesmos apresentam variabilidade para estas características.

Para as características agrônômicas ALT, APF, APC, P1C, PROD, PF e PRODF os genótipos apresentaram as seguintes médias respectivamente: 69,00 cm, 43,07 dias, 85,44 dias, 6,21 g, 4408,23 kg/ha, 41,57%, 1835,54 kg/ha. Enquanto que para as características tecnológicas de fibra: COMP, UNF, RES e FIN, as médias respectivamente foram: 28,71 mm, 85,31%, 32,62 gf/tex e 5,28 índice de micronaire (Tabela 6).

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV, %), variou de 1,14 (UNF) a 21,14 (PRODF) indicando uma adequada precisão experimental. Segundo Cargnelutti Filho e Storck (2007), o CV constituiu-se numa estimativa do erro experimental, com base na média geral do experimento, sendo uma estatística muito utilizada como medida da qualidade experimental. Considera-se que quanto menor for a estimativa do CV, maior será a precisão do experimento e vice-versa, e quanto maior a precisão (maior qualidade) experimental, menores diferenças entre estimativas de médias serão significativas. Nesta pesquisa adotou-se a classificação proposta por Pimentel Gomes (2009): baixos, quando inferiores a 10%; médios, entre 10 e 20%; altos, quando estão entre 20 e 30%; e muito altos, quando são superiores a 30%.

Conforme a Tabela 6, as características APF, APC, P1C, PF, COMP, UNF, RES e FIN, obtiveram CV's inferiores a 10%, sendo considerado baixos e de boa precisão experimental de acordo com a classificação de Pimentel-Gomes (2009), já ALT, PROD e PRODF, apresentaram CV's entre 10 e 20%, considerados valores médios. Valores para CV's semelhantes a estes foram obtidos em experimentos conduzidos com a cultura do algodoeiro por Hoogerheide et al., (2007), Farias et al., (2016) e Carvalho et al., (2016).

Evidenciam na Tabela 6, as estimativas para a Herdabilidade ( $h^2$ ). Os valores oscilaram entre 57,85% (PROD) à 94,48% (COMP). De acordo com Cruz et al. (2012), a herdabilidade é a proporção da variância fenotípica atribuída à causa genética. As estimativas do coeficiente de herdabilidade são importantes para a escolha de uma estratégia eficaz de seleção. Quando os tratamentos são considerados fixos, a herdabilidade é denominada coeficiente de determinação genotípica (YOKOMIZO e VELLO, 2000). Segundo Bonifácio et al. (2015), valores de

herdabilidade acima de 70% são considerados altos e desejáveis, porém esse valor varia de acordo com a espécie e característica.

As seguintes características (Tabela 6) apresentaram estimativas para  $h^2$  acima de 70%: APF (76,69%), APC (87,69%), P1C (92,39%), PF (85,28%), COMP (94,48%), UNF (72,26%), RES (87,91%) e FIN (84,60%). As características ALT, PROD e PRODF, obtiveram estimativas abaixo de 70% (61,25%, 57,85% e 58,13% respectivamente).

**Tabela 6:** Quadrados médios para características agrônômicas (ALT – Altura; APF - Aparecimento da primeira flor; APC – Aparecimento do primeiro capulho; P1C – Peso de um capulho; PROD – Produtividade; PF – Porcentagem de fibra; PRODF – Produtividade de fibra) e tecnológicas de fibra (COMP - Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; RES – Resistência da fibra e FIN – Índice de micronaire) e Coeficiente de determinação genotípica ( $h^2$ ), Patos - PB, 2015.

FV	GL	ALT	APF	APC	P1C	PROD	PF	PRODF	COMP	UNF	RES	FIN
Bloco	2	561,47	1,73	5,81	1,26	752481,38	3,73	170114,17	3,80	1,59	3,34	0,08
Genótipo	20	153,26**	10,46**	19,14**	0,96**	1939769,94**	4,84**	359938,69**	11,51**	3,46**	17,57**	0,47**
Resíduo	40	59,39	2,43	2,35	0,07	817494,65	0,71	150671,95	0,63	0,96	2,12	0,07
Média		69,00	43,07	85,44	6,21	4408,23	41,57	1835,54	28,71	85,31	32,62	5,28
CV (%)		11,16	3,62	1,79	4,35	20,51	2,03	21,14	2,77	1,14	4,46	5,11
$h^2$ (%)		61,25	76,69	87,69	92,39	57,85	85,28	58,13	94,48	72,26	87,91	84,60

\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 7, encontram-se o agrupamento das médias para as variáveis estudadas a partir do teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade. As características ALT, APF, APC, P1C, PF, COMP, UNF, RES e FIN formaram grupos, confirmando a variabilidade dos genótipos para estas características. Entretanto, PROD e PRODF não foram identificados diferenças significativas a 5% pelo teste de Scott e Knott, não ocorrendo formação de grupos para estas características. Resultados semelhantes foram encontrados por Morello et al., (2015) e Silva Filho et al., (2016);

Para a característica Altura (ALT), os genótipos IAC 26 e FM 993 apresentaram os maiores valores respectivamente, (83,93 cm) e (79,70 cm), seguidos das seguintes combinações: FM 993 x IAC 26 (77,53 cm), CNPA 04-2080 x IAC 26 (77,06 cm) e PSC 355 x IAC 26 (73,86 cm). Os genótipos TAM B 139-17 e TAMCOT-CAMD-E foram os que apresentaram os menores valores de altura respectivamente, (58,23 cm e 58,56 cm), seguido da combinação TAM B 139-17 x TAMCOT-CAMD-E (58,60 cm).

De acordo com Carvalho et al., (2015a), a altura da planta é a característica que tem o maior efeito sobre a colheita de algodão, plantas de genótipos com altura superiores a 1,20 m podem sofrer danos pela colheitadeira, reduzindo a qualidade e a quantidade de fibra durante a colheita.

O genótipo IAC 26 foi o que apresentou um maior número de dias (46,33 dias) para o Aparecimento da Primeira Flor (APF), seguido das combinações: PSC 355 x IAC 26 (45,66 dias), TAM B 139-17 x IAC 26 (45,33 dias) e FM 993 x IAC 26 (45,33 dias). O genótipo TAMCOT-CAMD-E foi o que apresentou um menor número de dias para o aparecimento da primeira flor (39,00 dias), seguidos das combinações: CNPA 04-2080 x TAMCOT-CAMD-E (40,00 dias), FM 993 x TAMCOT-CAMD-E (40,98 dias) e TAM B 139-17 x TAMCOT-CAMD-E (41,33 dias).

Para a característica Aparecimento do Primeiro Capulho (APC), verifica-se que o genótipo FM 993 apresentou o maior número de dias para o surgimento do capulho (89,33 dias), seguido das combinações FM 993 x IAC 26 (89,00 dias) e FM 993 x TAM B 139-17 (88,33 dias). Enquanto que o genótipo TAMCOT-CAMD-E apresentou um menor número de dias para o aparecimento do primeiro capulho (78,66 dias), seguido das combinações: PSC 355 x TAMCOT-CAMD-E (82,00 dias), TAM B 139-17 x TAMCOT-CAMD-E (83,00 dias) e IAC 26 x TAMCOT-CAMD-E (83,33 dias).

**Tabela 7:** Classificação das médias segundo o teste de Scott e Knott (1974) e o respectivo ranking (R) para os caracteres agrônômicos (ALT – Altura; APF - Aparecimento da primeira flor; APC – Aparecimento do primeiro capulho; PIC – Peso de um capulho; PROD – Produtividade; PF – Porcentagem de fibra; PRODF – Produtividade de fibra) e tecnológicas de fibra (COMP - Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; RES – Resistência da fibra e FIN – Índice de micronaire) Patos - PB, 2015.

Genótipos	ALT	R	APF	R	APC	R	PIC	R	PROD	R	PF	R
FM 993	79,70 a	2°	43,33 a	8°	89,33 a	17°	5,60 d	20°	4224,00 a	14°	43,95 a	1°
CNPA 04-2080	62,50 b	18°	42,00 b	6°	85,00 c	8°	5,65 d	19°	5615,00 a	2°	42,35 a	6°
PSC 355	66,96 b	14°	41,66 b	5°	84,66 c	7°	4,76 e	21°	4446,33 a	11°	40,10 c	19°
TAM B 139-17	58,23 b	21°	43,66 b	10°	86,33 b	10°	6,23 c	9°	4361,33 a	13°	38,60 c	21°
IAC 26	83,93 a	1°	46,33 a	15°	86,33 b	10°	5,86 d	16°	5278,66 a	4°	41,06 b	16°
TAMCOT-CAMD-E	58,56 b	20°	39,00 b	1°	78,66 d	1°	6,00 c	15°	2745,33 a	21°	41,50 b	13°
FM 993 X CNPA 04-2080	71,56 a	9°	43,33 a	8°	86,00 b	9°	6,13 c	13°	4080,00 a	16°	43,03 a	3°
FM 993 X PSC 355	67,33 b	12°	43,48 a	9°	86,47 b	11°	5,70 d	17°	5867,73 a	1°	41,55 b	11°
FM 993 X TAM B 139-17	67,13 b	13°	42,66 b	7°	88,33 a	15°	6,96 a	2°	4389,33 a	12°	41,56 b	10°
FM 993 X IAC 26	77,53 a	3°	45,33 a	13°	89,00 a	16°	6,53 b	7°	4084,00 a	15°	42,20 a	7°
FM 993 X TAMCOT-CAMD-E	67,98 b	11°	40,98 b	3°	83,97 c	6°	6,20 c	11°	5428,73 a	3°	41,75 b	9°
CNPA 04-2080 X PSC 355	71,98 a	8°	43,48 a	9°	83,97 c	6°	6,20 c	10°	3949,73 a	17°	43,10 a	2°
CNPA 04-2080 X TAM B 139-17	68,36 b	10°	44,00 a	11°	86,33 b	10°	7,01 a	1°	4712,00 a	7°	41,53 b	12°
CNPA 04-2080 X IAC 26	77,06 a	4°	44,33 a	12°	87,00 b	13°	6,83 a	5°	4508,00 a	9°	41,26 b	14°
CNPA 04-2080 X TAMCOT-CAMD-E	62,63 b	17°	40,00 b	2°	83,66 c	5°	6,06 c	14°	4731,33 a	6°	42,86 a	4°
PSC 355 X TAM B 139-17	62,93 b	16°	44,00 a	11°	86,66 b	12°	6,83 a	4°	3766,66 a	18°	40,33 c	18°
PSC 355 X IAC 26	73,86 a	5°	45,66 a	14°	86,33 b	10°	6,13 c	12°	4912,00 a	5°	42,63 a	5°
PSC 355 X TAMCOT-CAMD-E	66,00 b	15°	42,66 b	7°	82,00 c	2°	5,70 d	18°	2750,00 a	20°	41,15 b	15°
TAM B 139-17 X IAC 26	73,60 a	6°	45,33 a	13°	88,00 a	14°	6,93 a	3°	4613,33 a	8°	40,96 b	17°
TAM B 139-17 X TAMCOT-CAMD-E	58,60 b	19°	41,33 b	4°	83,00 c	3°	6,73 a	6°	3604,00 a	19°	39,43 c	20°
IAC 26 X TAMCOT-CAMD-E	72,56 a	7°	42,00 b	6°	83,33 c	4°	6,36 b	8°	4505,33 a	10°	42,13 a	8°

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 7, Cont.:

Genótipos	PRODF	R	COMP	R	UNF	R	RES	R	FIN	R
FM 993	1858,32 a	11°	27,53 c	14°	84,65 b	15°	33,91 a	9°	5,55 a	5°
CNPA 04-2080	2383,31 a	2°	27,40 c	17°	85,20 b	11°	30,55 b	16°	5,20 a	14°
PSC 355	1784,04 a	13°	27,53 c	13°	85,46 a	10°	33,66 a	10°	5,33 a	12°
TAM B 139-17	1685,65 a	17°	32,26 a	2°	86,33 a	3°	35,73 a	3°	4,33 c	21°
IAC 26	2170,49 a	4°	27,06 c	19°	83,76 b	20°	34,40 a	6°	5,36 a	11°
TAMCOT-CAMD-E	1140,21 a	20°	26,73 c	21°	83,70 b	21°	28,03 b	21°	4,96 b	16°
FM 993 X CNPA 04-2080	1753,20 a	14°	28,20 c	8°	85,06 b	13°	30,86 b	14°	5,50 a	8°
FM 993 X PSC 355	2441,11 a	1°	27,87 c	11°	85,59 a	9°	31,35 b	13°	5,58 a	4°
FM 993 X TAM B 139-17	1830,13 a	12°	32,70 a	1°	86,23 a	5°	35,20 a	4°	4,76 b	20°
FM 993 X IAC 26	1724,36 a	15°	26,80 c	20°	84,27 b	18°	30,84 b	15°	5,83 a	2°
FM 993 X TAMCOT-CAMD-E	2263,94 a	3°	28,22 c	7°	84,34 b	16°	30,15 b	18°	4,93 b	17°
CNPA 04-2080 X PSC 355	1704,46 a	16°	27,52 c	15°	85,89 a	7°	36,15 a	1°	5,78 a	3°
CNPA 04-2080 X TAM B 139-17	1957,15 a	7°	30,87 b	6°	86,24 a	4°	34,13 a	8°	5,01 b	15°
CNPA 04-2080 X IAC 26	1863,14 a	10°	28,13 c	9°	85,06 b	12°	32,16 b	12°	5,53 a	7°
CNPA 04-2080 X TAMCOT-CAMD-E	2023,97 a	6°	28,10 c	10°	84,33 b	17°	29,40 b	20°	5,43 a	9°
PSC 355 X TAM B 139-17	1521,48 a	18°	31,56 b	3°	87,96 a	1°	35,06 a	5°	4,90 b	18°
PSC 355 X IAC 26	2095,26 a	5°	27,53 c	12°	86,20 a	6°	32,96 a	11°	5,86 a	1°
PSC 355 X TAMCOT-CAMD-E	1133,26 a	21°	27,50 c	16°	84,85 b	14°	30,00 b	19°	5,40 a	10°
TAM B 139-17 X IAC 26	1889,80 a	9°	31,13 b	5°	85,86 a	8°	35,76 a	2°	5,30 a	13°
TAM B 139-17 X TAMCOT-CAMD-E	1418,88 a	19°	31,16 b	4°	86,50 a	2°	34,33 a	7°	4,76 b	19°
IAC 26 X TAMCOT-CAMD-E	1904,33 a	8°	27,10 c	18°	84,03 b	19°	30,50 b	17°	5,53 a	6°

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Para peso de um capulho (P1C), as combinações CNPA 04-2080 x TAM B 139-17 (7,01 g), FM 993 x TAM B 139-17 (6,96 g) e TAM B 139-17 x IAC 26 (6,93 g), apresentaram as maiores médias. Enquanto que os menores valores para P1C foram obtidos pelos genótipos PSC 355 (4,76 g), FM 993 (5,60 g) e CNPA 04-2080 (5,65 g). O peso médio do capulho, de acordo com Carvalho et al., (2015a), é um componente da produção, associado com a porcentagem de fibra.

Com relação a característica produtividade de algodão em caroço (PROD), a combinação FM 993 x PSC 355 apresentou o maior valor (5867,73 kg/ha) para PROD em relação às outras combinações, seguido dos genótipos CNPA 04-2080 (5615,00 kg/ha) e IAC 26 (5278,66 kg/ha). Os menores valores de PROD foram para o genótipo TAMCOT-CAMD-E (2745,33 kg/ha), seguido das combinações: PSC 355 x TAMCOT-CAMD-E (2750,00 kg/ha) e TAM B 139-17 x TAMCOT-CAMD-E (3604,00 kg/ha). As elevadas médias obtidas pelos genótipos CNPA 04-2080 e IAC 26 também foram observadas em outros trabalhos (BENITES et al., 2010 e FARIAS et al., 2015).

O genótipo FM 993 apresentou a maior porcentagem de fibra (PF) (43,95%), seguido das combinações: CNPA 04-2080 x PSC 355 (43,10%) e FM 993 x CNPA 04-2080 (43,03%). O genótipo TAM B 139-17 (38,60%) apresentou a menor PF, seguido da combinação TAM B 139-17 x TAMCOT-CAMD-E (39,43%), resultados semelhantes encontrados por Carvalho et al., (2015), que observaram média superior a 40%.

Para o caráter produtividade de fibra (PRODF), a combinação FM 993 x PSC 355 apresentou o maior valor (2441,11 kg/ha), seguido do genótipo CNPA 04-2080 (2383,31 kg/ha). O menor valor de PRODF foi a combinação: PSC 355 x TAMCOT-CAMD-E (1133,26 kg/ha) e o genótipo TAMCOT-CAMD-E (1140,21 kg/ha).

Na Tabela 7 encontram-se a classificação das médias para as variáveis dos caracteres de fibras estudados. Para comprimento médio de fibras (COMP), os valores médios variaram de 26,73 a 32,70 mm. A combinação FM 993 x TAM B 139-17 apresentou o maior COMP (32,70 mm), seguido pelo genótipo TAM B 139-17 (32,66 mm). O genótipo TAMCOT-CAMD-E apresentou o menor COMP (26,73 mm) acompanhado pela combinação FM 993 x IAC 26 (26,80 mm), conforme a Tabela 7.

As cultivares desenvolvidos pela Embrapa Algodão de algodoeiro herbáceo em sua maioria e de outras instituições agrupam-se na categoria de fibra média (29,00 a 32,00 mm). As combinações CNPA 04-2080 x TAM B 139-17 (30,87 mm), PSC 355 x TAM B 139-17 (31,56 mm), TAM B 139-17 x IAC 26 (31,13 mm) e TAM B 139-17 x TAMCOT-CAMD-E (31,16 mm), enquadram – se na categoria de fibras médias. Com relação a Uniformidade (UNF) todos

os genótipos e combinações apresentaram valores superiores a 83%, sendo considerados valores altos para indústria têxtil, destacando a combinação PSC 355 x TAM B 139-17 com valores de uniformidade de 87,96%.

Com relação à resistência (RES), os genótipos apresentaram valores que variaram de 28,03 a 36,15 gf/tex, com destaque para a combinação CNPA 04-2080 x PSC 355 (36,15 gf/tex). Comercialmente, uma variedade deve ter uma resistência mínima de 28 gf/tex, valores abaixo são refugados para fins de exportação.

O padrão de fibra das cultivares em uso no Brasil é de comprimento médio com valores entre 29 mm e 31 mm e com uma resistência da fibra variando entre 28 gf/tex a 32,2 gf/tex. Resultados de ensaios de cultivares constatados nos programas de melhoramento permitem inferir que em breve estarão disponíveis para uso cultivares com potencial produtivo superior a 2000 kg/ha de algodão em fibra com qualidade de fibra superando 32,5 mm de comprimento e 33 gf/tex de resistência (FARIAS et al., 2015; SILVA NETO et al., 2016).

Para a característica finura (FIN) avaliada pelo índice de micronaire (I.M), os valores obtidos pelos genótipos variaram entre 5,86  $\mu\text{g/in}$  e 4,33  $\mu\text{g/in}$ , sendo considerados valores acima do exigido pela indústria têxtil. O menor valor foi para o genótipo TAM B 139-17 (4,33  $\mu\text{g/in}$ ) e o maior valor foi para PSC 355 x IAC 26 (5,86  $\mu\text{g/in}$ ). Nos programas de melhoramento, os valores aceitáveis são àqueles compreendidos entre 3,9  $\mu\text{g/in}$  a 4,2  $\mu\text{g/in}$  (FARIAS et al., 2015).

## 4.2. Análise Combinatória

Verifica-se na Tabela 8 que as somas de quadrados dos genótipos foram desdobradas, e observa-se que para todas as características estudadas houve variabilidade entre os genótipos, evidenciada pela significância dos quadrados médios. As somas de quadrados dos genótipos foram desdobradas em capacidade geral de combinação (CGC) e específica de combinação (CEC), respectivamente.

Todas as características tiveram significância dos quadrados médios para a capacidade geral de combinação, indicando que pelo menos um genitor era superior aos outros, em relação à média do desempenho em suas combinações híbridas.

Quanto à capacidade específica de combinação, as características ALT, APF, APC e UNF não obtiveram significância dos quadrados médios (Tabela 8). Excetuando a produtividade de algodão em fibra, os quadrados médios da capacidade geral de combinação foram maiores que os da capacidade específica. Carvalho (1993), explica que embora as magnitudes dos quadrados médios não indiquem a importância relativa dos componentes de variação genética, os valores de F, significativos para CGC e CEC, mostram a existência de variabilidade devida à ação aditiva e não aditiva dos genes.

A Tabela 8 mostra as estimativas dos componentes quadráticos referentes à CGC e CEC, verifica-se que houve predominância dos efeitos quadráticos associados à CGC para as seguintes características: ALT, APF, APC, PF, COMP, UNF, RES e FIN. Os efeitos quadráticos associados à CEC foram mais importantes para P1C, PROD e PRODF.

**Tabela 8:** Quadrados médios da Capacidade Combinatória Geral e Específica (Método 2, Modelo 1 de Griffing 1956), para caracteres agronômicos e tecnológicos da fibra.  $\Phi$ CGC – Componente quadrático associado a CGC;  $\Phi$ CEC – Componente quadrático associado a CEC; ALT – Altura; APF - Aparecimento da primeira flor; APC – Aparecimento do primeiro capulho; P1C – Peso de um capulho; PROD – Produtividade; PF – Porcentagem de fibra; PRODF – Produtividade de fibra; COMP - Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; RES – Resistência da fibra e FIN – Índice de micronaire, Patos - PB, 2015.

FV	GL	ALT	APF	APC	P1C	PROD	PF	PRODF	COMP	UNF	RES	FIN
<b>Genótipo</b>	20	153,26**	10,46**	19,14**	0,96**	1939769,94**	4,84**	359938,69**	11,51**	3,46**	17,57**	0,47**
<b>CGC</b>	5	536,22**	36,14**	71,11**	1,88**	2514442,86**	13,75**	556298,70**	40,39**	10,72**	51,24**	1,46**
<b>CEC</b>	15	25,61 <sup>ns</sup>	1,90 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>	0,65**	1748212,31*	1,87**	294485,35*	1,88**	1,05 <sup>ns</sup>	6,35**	0,14*
<b>Resíduo</b>	40	59,39	2,43	2,35	0,07	817494,65	0,71	150671,95	0,63	0,96	2,12	0,07
<b><math>\Phi</math>CGC</b>		19,86	1,40	2,86	0,07	70706,17	0,54	16901,11	1,65	0,40	2,04	0,05
<b><math>\Phi</math>CEC</b>		-11,25	-0,17	-0,17	0,19	310239,21	0,38	47937,80	0,41	0,02	1,41	0,02

<sup>ns</sup> não significativo, \*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

#### **4.2.1. Altura de Plantas**

Verifica-se na Tabela 8 que houve significância do quadrado médio para a altura de plantas entre os genótipos, confirmando a presença de variabilidade genética. O desdobramento da soma de quadrados dos genótipos mostrou significância apenas do quadrado médio da CGC. Nota-se a importância dos efeitos aditivos para esta característica pela predominância do componente quadrático associado a CGC. Patel et al. (2014), estudando a heterose e a capacidade combinatória em diversos ambientes, evidenciou efeitos semelhantes para altura, predominando os efeitos aditivos em relação aos não aditivos. Resultados semelhantes foram encontrados por Waqar et al. (2015) e Usharani et al. (2014). Já Rauf et al. (2005); Rauf et al. (2006); Senthilkumar et al. (2010); Alkudsi et al. (2013); Chapepa et al. (2015) e Pushpam et al. (2015), observaram efeitos não aditivos no controle genético da altura.

#### **4.2.2. Aparecimento da Primeira Flor**

Para esta característica, houve efeitos significativos dos genótipos (Tabela 8). O desdobramento da soma de quadrados dos genótipos mostrou significância para CGC, porém não significativo para CEC. A magnitude do efeito quadrático associado a CGC foi maior em relação a CEC, evidenciando a predominância dos efeitos gênicos aditivos no controle desta característica. Pushpam et al. (2015) e Senthilkumar et al. (2010), estudando a heterose e a capacidade combinatória em algodoeiro, encontraram predominância da variância associada a CEC em relação a CGC, em todas as características, entre elas, dias para o florescimento, evidenciando a predominância dos efeitos não aditivos. Ahuja e Dhayal (2007) e Ashokkumar et al. (2010), ao estudarem os efeitos da CGC e da CEC para características agrônomicas e tecnológicas de fibras, observaram predominância dos efeitos não aditivos para 50% de dias para o florescimento. Méndez-Natera et al. (2012), observaram efeitos aditivos e não aditivos para a característica dias para o florescimento ao estudar as capacidades de combinação em algodoeiro herbáceo. Já Pedrosa et al. (2001) ao estudar as estimativas das capacidades de combinação em híbridos de algodoeiros no nordeste do Brasil, identificaram a predominância dos efeitos quadráticos associados a CGC, bem como os efeitos aditivos no controle da característica em estudo. Resultados semelhantes encontrados por Khan et al. (2011); Alkudsi et al. (2013) e Khan (2013).

### **4.2.3. Aparecimento do Primeiro Capulho**

Houve significância do quadrado médio dos genótipos para APC (Tabela 8), evidenciando variabilidade desta característica. Houve somente significância do quadrado médio da CGC, com o seu componente quadrático maior que o da CEC, afirmando maior importância dos efeitos aditivos. Usharani et al., (2014), estudando as capacidades combinatórias, encontraram predominância dos efeitos aditivos para a característica em questão. Já Pushpam et al. (2015), encontraram predominância dos efeitos não aditivos.

### **4.2.4. Peso de Um Capulho**

Ambos os efeitos genéticos aditivos e não aditivos são importantes para o controle do PIC no algodoeiro, o que fica evidenciado na Tabela 8, em que os quadrados médios da CGC e CEC foram significativos. O componente quadrático associado a CEC foi maior sobre o da CGC, apontando a importância dos efeitos genético não aditivos para o controle da característica em estudo. Estes resultados estão de acordo aos obtidos por Carvalho et al. (1994); Ahuja e Dhayal (2007); Senthilkumar et al. (2010); Ashokkumar et al. (2010); Basal et al. (2011) e Pushpam et al. (2015), que encontraram predominância de efeitos não aditivos no controle desta característica. Já Samreen et al. (2008) e Kothari et al. (2015), observaram tanto efeitos aditivos como não aditivos. Pedrosa et al. (2001); Rauf et al. (2005); Rauf et al. (2006); Méndez-Natera et al. (2012); Usharani et al. (2014) e Chapepa et al. (2015), identificaram efeitos aditivos no controle desta característica. Waqar et al. (2015), utilizando o modelo de Hayman, observaram ação gênica aditiva com dominância parcial no controle genético desta característica.

### **4.2.5. Produtividade**

Constatou-se que para PROD, os efeitos genéticos aditivos e não aditivos foram importantes para o controle da produtividade no algodoeiro, o que fica evidenciado na Tabela 8, em que os quadrados médios da CGC e CEC foram significativos. Entretanto, o componente quadrático da CEC foi maior que o da CGC.

Rauf et al. (2006), observaram resultados semelhantes ao estudar os componentes de produção em algodoeiro, tanto os efeitos aditivos e de dominância estavam no controle da PROD.

Entretanto, alguns autores citam a prevalência da variância da CGC sobre a CEC, entre eles, Costa et al. (1998), estudando a heterose e as capacidades combinatórias. Aguiar et al. (2007), estudando os efeitos da CGC e da CEC para caracteres agronômicos e tecnológicos de fibra em oito genótipos de algodoeiros herbáceo. Hinze et al. (2011), ao selecionar genitores para características agronômicas e tecnológicas da fibra. Khan et al. (2011), ao analisar as capacidades combinatórias em cruzamentos intraespecíficos de algodoeiro herbáceo. Khan (2013), estudando os efeitos genéticos e as capacidades combinatórias em algodoeiro. Patel et al. (2014), ao estudar a heterose e as capacidades combinatória em algodoeiros tetraploides *Gossypium hirsutum* e *Gossypium barbadense*. Zhang et al. (2016), estudando a heterose, as capacidades combinatórias e os efeitos genéticos em introgressão de linhagens a partir de algodoeiros (*Gossypium hirsutum* e *Gossypium barbadense*), observaram a predominância da CGC em relação a CEC para a produtividade e outras características em gerações  $F_1$ ,  $F_2$  e  $F_3$ .

Outros autores em estudos com algodoeiros observaram a prevalência da CEC para PROD, entre eles: Rauf et al. (2005); Ahuja e Dhayal (2007); Ashokkumar et al. (2010); Karamedir e Gençer (2010); Basal et al. (2011); Méndez-Natera et al. (2012); Imran et al. (2012); Alkuddsi et al. (2013); Ekinci e Basbag (2014); Kumar et al. (2014); Kannan e Saravanan (2015); Çoban e Ünay (2015) e Pushpam et al. (2015).

#### 4.2.6. Porcentagem de Fibra

Os quadrados médios da CGC e CEC foram significativos, apontando a importância dos efeitos genéticos aditivos e não aditivos (Tabela 8). Entretanto, observa-se uma predominância do componente quadrático associado a CGC sobre a CEC, indicando uma importância maior dos efeitos aditivos para o controle desta característica. Ekinci e Basbag (2015) evidenciaram tantos efeitos aditivos como os de dominância ao selecionar genitores e combinações híbridas para componentes de produção em algodoeiro. Em trabalhos semelhantes, Pedrosa et al. (2001), Aguiar et al. (2007) e Hinze et al. (2011), observaram efeitos aditivos no controle da PF e de outras características agronômicas e tecnológicas de fibra nos algodoeiros estudados. Enquanto que, Khan et al. (2011) e Khan (2013), identificaram predominância dos efeitos aditivos no controle da PF. Já, Zhang et al. (2016), observaram predominância dos efeitos aditivos tanto na geração  $F_1$ , como em gerações  $F_2$  e  $F_3$ . Outros autores, como Imran et al. (2012), ao estudar a porcentagem de fibra como componente de rendimento, encontraram ação gênica não aditiva no controle da característica, resultado semelhante encontrados por Basal et al. (2011).

Ao selecionar genótipos de algodoeiros para teor de óleos nas sementes, Kothari et al. (2015), observaram para a PF, significância tanto para a variância da CGC como da CEC.

#### 4.2.7. Produtividade de Fibra

Para PRODF o quadrado médio dos genótipos foi significativo. O desdobramento da soma de quadrado dos genótipos revelou serem significativos os quadrados médios da CGC e CEC, indicando controle genético aditivo e não aditivo. Contudo, o componente quadrático da CEC foi maior sobre a CGC, evidenciando uma predominância dos efeitos não aditivos (Tabela 8). Resultados semelhantes foram encontrados por Ashokumar et al. (2010), que ao estudarem a CGC e a CEC em componentes de produção, encontraram a predominância de efeitos não aditivos para a maioria das características, entre elas a PRODF. Já Aguiar et al. (2007), avaliando as capacidades combinatórias e a heterose, encontraram predominância da CGC e dos efeitos aditivos. Zhang et al. (2016), observaram predominância dos efeitos aditivos para a produtividade de fibra em linhagens de introgressão provenientes de cruzamentos interespecífico entre *Gossypium hirsutum* e *Gossypium barbadense*; resultados semelhante encontrado por Kothari et al. (2015), em algodoeiros selecionados para teor de óleo estudados em dois ambientes diferentes. Zeng et al. (2011), ao avaliarem os efeitos das capacidades de combinação e a heterose útil em híbridos F<sub>2</sub> para o rendimento da fibra, identificaram que os efeitos aditivos foram mais importantes que os efeitos não aditivos para o rendimento da fibra.

#### 4.2.8. Comprimento

De acordo com Fonseca e Santana (2002), a medição do comprimento das fibras assume grande importância na avaliação das características que determinaram a sua transformação em fio, assim como suas propriedades finais como fio e tecido. Farias et al. (2008), afirma que os trabalhos de melhoramento do algodoeiro da Embrapa Algodão e de outras instituições buscam desenvolver cultivares que possuam fibras na categoria de fibras médias na faixa de 29 a 32 mm. Assim, observa-se na Tabela 8 que os genótipos mostraram variabilidade para esta característica. O desdobramento da soma de quadrados dos genótipos revelou efeitos significativos para CGC e CEC, evidenciando que há variância genética aditiva e não aditiva no controle da expressão desta característica. Contudo, os efeitos quadráticos associados a CGC foram maiores que os da CEC, indicando predominância dos efeitos aditivos.

Ng et al. (2014), observaram uma predominância dos efeitos da CGC em relação a CEC para o comprimento da fibra ao estudar os efeitos das capacidades combinatórias com ênfase no alongamento da fibra. Pedrosa et al. (2001); Basal e Turgut (2003); Rauf et al. (2006); Aguiar et al. (2007); Smith et al. (2010); Karamedir e Gençer (2010); Hinze et al. (2011) e Zang et al. (2016), também verificaram predominância dos efeitos aditivos para o comprimento. Zeng et al. (2011), identificaram que os efeitos aditivos foram mais importantes que os efeitos não aditivos para o comprimento a 50% e 2,5%. Já Ahuja e Dhayal (2007); Patel et al. (2010); Senthilkumar et al. (2010) e Ashokkumar et al. (2010) observaram que para o comprimento a 2,5%, os efeitos predominantes foram de dominância. Hussain et al. (2010) e Basal et al. (2011) observaram efeitos não aditivos para o comprimento e Kothari et al. (2015), encontraram efeitos aditivos e não aditivos.

#### **4.2.9. Uniformidade**

Houve considerável variabilidade entre os genótipos, evidenciada pelos efeitos significativos do quadrado médio (Tabela 8).

O desdobramento da soma de quadrados dos genótipos revelou significância dos quadrados médios apenas para CGC, mostrando que os efeitos aditivos são importante para esta característica, evidenciado pela magnitude do componente quadrático associado a CGC maior que o da CEC. Aguiar et al. (2007) e Hinze et al. (2011), observaram uma predominância dos efeitos associados a CGC. Hague et al. (2008) e Kothari et al. (2015) encontraram efeitos aditivos e não aditivos. Por outro lado, Pedrosa et al. (2001); Ahuja e Dhayal (2007); Hussain et al. (2010); Karademir e Gençer (2010) e Basal et al. (2011), encontraram efeitos não aditivos no controle desta característica.

#### **4.2.10. Resistência**

A resistência da fibra atualmente é uma das características de grande importância para indústria têxtil (FARIAS et al., 2008). Segundo Fonseca e Santana (2002), a resistência da fibra é considerada como a resistência à ruptura de um feixe fibroso, calculando-se a finura das fibras individuais (tex) a partir do valor micronaire.

Os genótipos mostraram efeitos significativos. O desdobramento da soma de quadrados dos genótipos mostrou significância para CGC e CEC. Contudo o componente quadrático da CGC foi maior que o da CEC, evidenciando a predominância dos efeitos aditivos. Estes

resultados estão de acordo com Pedrosa et al. (2001); Basal e Turgut (2003); Rauf et al. (2005); Rauf et al. (2006); Aguiar et al. (2007); Hinze et al. (2011); Zeng et al. (2011); Patel et al. (2014); Kothari et al. (2015); Ng et al. (2015) e Zang et al. (2016). Entretanto, Ahuja e Dhayal (2007); Ashokkumar et al. (2010); Hussain et al. (2010); Karamedir e Gençer (2010); Senthilkumar et al. (2010) e Basal et al. (2011) encontraram resultados contrários, predominância da CEC e dos efeitos não aditivos.

#### **4.2.11. Finura**

A finura avaliada pelo o índice de micronaire identifica o comportamento e resistência ao ar de uma massa fibrosa em fluxo de ar a uma pressão constante (FONSECA e SANTANA, 2002). Para esta característica observou-se significância entre o quadrado médio dos genótipos. O desdobramento do quadrado médio dos genótipos mostrou significância para a CGC e CEC. O componente quadrático associado a CGC foi maior que o da CEC, indicando predominância dos efeitos aditivos no controle desta característica. Rauf et al. (2006); Aguiar et al. (2007); Karamedir e Gençer (2010); Zeng et al. (2011); Hinze et al. (2011) e Zang et al. (2016), encontraram resultados semelhantes. Já Ahuja e Dhayal (2007); Ashokkumar et al. (2010); Hussain et al. (2010) e Basal et al. (2011), observaram predominância de efeitos não aditivos. Basal e Turgut (2003) e Kothari et al. (2015), observaram efeitos aditivos e não aditivos.

### **4.3. Efeitos da Capacidade Geral de Combinação**

De acordo com Cruz et al. (2012), as estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $g_1$ ), proporcionam informações sobre a concentração de genes predominante aditivos em seus efeitos e têm sido de grande utilidade na seleção de genitores para serem utilizados em programas de melhoramento.

Quando se obtém baixas estimativas de  $g_1$ , seja positiva ou negativa, o valor da CGC do genitor, calculando com base em seus cruzamentos com os demais genitores, não difere muito da média geral dos cruzamentos. Quando as estimativas de  $g_1$  forem altas, positiva ou negativa, o genitor é muito superior ou inferior aos demais genitores incluídos no dialelo, em relação ao comportamento médio dos cruzamentos (CRUZ et al., 2012). Carvalho et al. (2010), explica que a capacidade geral de combinação relaciona-se com os efeitos aditivos dos genes, os genitores com altas estimativas de  $g_1$  deverão ser selecionados para os programas de melhoramento, formando novas populações e propiciando maiores ganhos nos ciclos de seleção.

Na Tabela 9 encontram-se as estimativas para a capacidade geral de combinação para os genótipos avaliados.

Para a altura da planta, a maior estimativa positiva de  $g_1$  foi para o genótipo IAC 26 que obteve também a maior média (83,93 cm), indicando que este genótipo possui uma contribuição genética responsável pelo aumento da altura da planta. Os genótipos TAMCOT-CAMD-E e TAM B 139-17, obtiveram as maiores estimativas negativas de  $g_1$  seguido de menores médias respectivamente (58,56 e 58,23 cm). Segundo Farias et al. (2008), a altura da planta é uma característica de grande importância principalmente para o cerrado, a qual deve ser favorável a colheita mecanizada, variando de 1,30 m a 1,50 m. Entretanto, para as condições de agricultura familiar de colheita manual, a altura deve variar entre 1,50 m a 1,70 m. Dependendo do programa de melhoramento uma altura menor pode ser desejada, sendo assim, os genótipos TAMCOT-CAMD-E e TAM B 139-17, apresentam as maiores estimativas negativas de  $g_1$ , contribuindo com uma redução na altura da planta.

Com relação à característica aparecimento da primeira flor, o genótipo IAC 26 foi o que apresentou a maior estimativa positiva de  $g_1$  e maior média (46,33 dias) e TAMCOT-CAMD-E o que teve a maior estimativa negativa e menor média (39,00 dias). Ressaltando que quanto menor os dias para o aparecimento da primeira flor maior a precocidade. Neste caso, o genótipo com a menor estimativa de  $g_1$  é o recomendado, sendo o TAMCOT-CAMD-E.

Em relação a característica dias para o aparecimento do primeiro capulho, o genótipo FM 993 apresentou a maior estimativa de  $g_1$  e maior média (89,33 dias) e TAMCOT-CAMD-E obteve a maior estimativa negativa e menor média (78,66 dias). Ressaltando que quanto menor o número de dias para o aparecimento do primeiro capulho maior a precocidade, o genótipo TAMCOT-CAMD-E é o mais indicado, possuindo as menores estimativas para dias para o aparecimento da primeira flor e dias para o aparecimento do primeiro capulho (Tabela 9).

Para o peso de um capulho, o genótipo TAM B 139-17 mostrou as maiores estimativas positivas da  $g_1$  e a maior média entre os genótipos (6,23 g), significando que este genitor pode contribuir geneticamente para o aumento do peso do capulho. PSC 355 apresentou a maior estimativa negativa da  $g_1$  para esta característica, significando que as contribuições genéticas deste genitor podem provocar uma diminuição no peso do capulho.

**Tabela 9:** Estimativas dos Efeitos da Capacidade Geral de Combinação (g<sub>i</sub>) de seis genótipos de algodoeiro para caracteres agrônômicos (ALT – Altura; APF - Aparecimento da primeira flor; APC – Aparecimento do primeiro capulho; P1C – Peso de um capulho; PROD – Produtividade; PF – Porcentagem de fibra; PRODF – Produtividade de fibra) e tecnológicos da fibra (COMP - Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; RES – Resistência da fibra e FIN – Índice de micronaire) Patos - PB, 2015.

Genitores	ALT	APF	APC	P1C	PROD	PF	PRODF	COMP	UNF	RES	FIN
FM 993	3,49*	0,11	1,78**	-0,09	180,02	0,87**	110,06	-0,26	-0,29	-0,26	0,09
CNPA 04-2080	-0,80	-0,29	-0,14	0,00	294,18	0,68**	152,46*	-0,42**	-0,02	-0,57*	0,08
PSC 355	-0,87	0,13	-0,42	-0,42**	-89,85	-0,25	-48,14	-0,49**	0,53**	0,55*	0,15**
TAM B 139-17	-4,49**	0,39	0,85**	0,43**	-131,20	-1,24	-107,51	2,62**	1,03**	2,19**	-0,44**
IAC 26	7,43**	1,72**	1,02**	0,12*	290,29	0,03	121,12	-0,76**	-0,52**	0,33	0,22**
TAMCOT-CAMD-E	-4,76**	-2,06**	-3,10**	-0,05	-543,44**	-0,08**	-228,00**	-0,67**	-0,71**	-2,24**	-0,12*
DP (g <sub>i</sub> )	1,43	0,29	0,28	0,05	168,47	0,15	72,33	0,14	0,18	0,27	0,05
DP (g <sub>i</sub> - g <sub>j</sub> )	2,22	0,45	0,44	0,07	261,00	0,24	112,05	0,22	0,28	0,42	0,07

\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste T. Desvio-Padrão DP (g<sub>i</sub>); Desvio-Padrão da diferença dos efeitos de dois genitores DP (g<sub>i</sub> - g<sub>j</sub>).

Quanto à produtividade de algodão em caroço, três genótipos apresentaram estimativas negativas, PSC 355, TAM B 134-17 e TAMCOT-CAMD-E. O genótipo CNPA 04-2080 obteve a maior estimativa positiva, associado a maior média entre os genótipos (5615,00 kg/ha). O genótipo TAMCOT-CAMD-E apresentou as maiores estimativas negativas da  $g_1$  e a menor média para a produtividade (2745,33 kg/ha).

Com relação a porcentagem de fibra, o genótipo FM 993 foi o que apresentou maior estimativa positiva da  $g_1$ , com a maior média entre os genótipos (43,95%) e TAMCOT-CAMD-E e TAM B 139-17, as com maiores estimativas negativas e médias baixas (41,50 e 38,60%). Segundo Farias et al. (2008), essa característica é muito influenciada pelo ambiente. O posicionamento da cápsula na planta, a altura do ramo frutífero e sua posição em relação ao caule influenciam significativamente na porcentagem de fibra. Atualmente os programas de melhoramento selecionam genótipos com porcentagem de fibras igual ou superior a 40% (FARIAS et al., 2015; SILVA NETO et al., 2016).

Quanto à produtividade de fibra, exceto PSC 355, TAM B 139-17 e TAMCOT-CAMD-E, todos os genótipos apresentaram estimativas positivas da  $g_1$ , com destaque para o genótipo CNPA 04-2080 com a maior estimativa positiva e maior média entre os genótipos. Os genótipos FM 993 e IAC 26 obtiveram também médias altas e estimativas positivas da  $g_1$ , significando que trazem contribuições genéticas que podem ocasionar o aumento da produtividade de fibra.

Com relação ao comprimento médio de fibra, apenas TAM B 139-17, apresentou estimativas positivas da  $g_1$ , indicando uma contribuição genética importante para o comprimento médio da fibra. IAC 26 e TAMCOT-CAMD-E apresentaram as maiores estimativas negativas respectivamente, para esta característica, sendo considerados não ideais para participar em programas de melhoramento para esta característica.

As estimativas da  $g_1$  para a uniformidade e resistência da fibra mostram que TAM B 139-17, proporciona as melhores contribuições para o melhoramento desta característica, ou seja, possui uma maior frequência de alelos favoráveis ao melhoramento para uniformidade e resistência da fibra. Já o genótipo TAMCOT-CAMD-E, apresentou as menores estimativas da  $g_1$  para a uniformidade e resistência da fibra.

Com relação a índice de micronaire, apenas TAM B 139-17 e TAMCOT-CAMD-E mostraram estimativas negativas da  $g_1$ , indicando que estes genótipos contribuem positivamente para o melhoramento desta característica. A cultivar IAC 26 apresentou a maior estimativa positiva para o índice de micronaire, significando a presença de contribuições genéticas desfavoráveis para o melhoramento da característica em estudo.

Segundo Vidal Neto e Freire (2013), os programas de melhoramento buscam selecionar características e estabelecer padrões que atendam às exigências da cadeia produtiva. No geral as características de interesse são: aumento da produtividade, adaptação ambiental, aumento da qualidade do produto e resistência a pragas e doenças.

De acordo com Freire et al. (2008), os principais programas de melhoramento do algodoeiro no Brasil, tem por objetivos, cultivares mais produtivos, precoces com altos rendimentos de fibras (superior a 40%), fibras finas (micronaire entre 3,7 e 4,2), resistentes (maior que 28 gf/tex) e uniformes (acima de 84%).

Portanto, tomando por base as características citadas e suas estimativas da  $g_1$ , bem como suas respectivas médias, CNPA 04-2080, IAC 26 e FM 993 apresentaram estimativas positivas para a produtividade, podendo trazer grandes contribuições genéticas para o aumento desta característica. Se o objetivo for o aumento da produtividade, porcentagem de fibra e produtividade de fibra, estes genótipos poderiam ser incluídos em programas de melhoramento visando o melhoramento destas, devido a estes possuírem grande parte de efeitos genéticos aditivos no controle destas características. Em relação a melhoria da fibra, TAM B 139-17 apresentou as melhores estimativas de  $g_1$  para o comprimento da fibra, uniformidade, resistência e finura sendo importante para programas de melhoramento que busquem o incremento destas características.

#### **4.4. Efeitos da Capacidade Específica de Combinação**

Segundo Cruz et al. (2012), o efeito da capacidade específica de combinação ( $s_{ij}$ ) pode ser explicado como o desvio de uma combinação híbrida em relação ao que seria esperado com base na capacidade geral de combinação ( $g_1$ ) de seus genitores. Valores baixos absolutos de  $s_{ij}$  apontam que as combinações híbridas  $F_1$ 's, entre os genitores em estudo, comportaram-se como o que era esperado com base na  $g_1$  dos genitores. Entretanto, altos valores absolutos de  $s_{ij}$  indicam que o comportamento de um cruzamento em particular é melhor ou pior do esperado com base na  $g_1$  dos genitores. As estimativas de  $s_{ij}$  indicam a importância dos genes que exibem efeitos não aditivos.

Para Carvalho (1993), a significância da CEC reflete a ação de efeitos não aditivos dos genes, apontando que há interações intra-alélicas, sendo assim, algumas combinações híbridas desviam de maneira significativa dos valores esperados, com base no comportamento médio dos genitores.

De acordo com Griffing (1956), as estimativas da capacidade específica de combinação estão relacionadas a genes que manifestam efeitos de dominância ou epistasia.

Em relação a altura de plantas (Tabela 10), a combinação CNPA 04-2080 x PSC 355, apresentaram as maiores estimativas positivas da  $s_{ij}$ , mas os dois genitores mostraram estimativas negativas para  $g_i$ . A combinação FM 993 x PSC 355, obteve a estimativa mais baixa da  $s_{ij}$ , com genitores de estimativas da  $g_i$  também baixas. Ressaltando que dependendo dos objetivos do programa de melhoramento, valores baixos para altura da planta são mais importantes.

Considerando o aparecimento da primeira flor (Tabela 10), os híbridos FM 993 x TAM B 139-17 e CNPA 04-2080 x TAMCOT-CAMD-E, apresentaram as maiores estimativas negativas da  $s_{ij}$ , significando que estas combinações são indicadas para explorar a precocidade. Entretanto, apenas CNPA 04-2080 x TAMCOT-CAMD-E possuíam genitores com estimativas da  $g_i$  baixa para esta característica, sendo indicadas quando o objetivo é a precocidade. Para o aparecimento do primeiro capulho, a combinação FM 993 x CNPA 04-2080, mostrou-se com estimativas altas e negativas da  $s_{ij}$  e genitores com estimativas da  $g_i$  negativa, sendo também importante para a obtenção da precocidade.

Com relação ao peso de um capulho (Tabela 10), a combinação PSC 355 x TAM B 139-17, apresentou a maior estimativa positiva para  $s_{ij}$ , com um dos genitores de valor positivo da  $g_i$ , indicando esta combinação para o melhoramento desta característica.

Para a produtividade de algodão em caroço e produtividade de fibra (Tabela 10), a combinação híbrida FM 993 x TAMCOT-CAMD-E, mostrou as melhores estimativas positivas da  $s_{ij}$ , acompanhadas de pelo menos um genitor (FM 993) com estimativas altas e positivas para  $g_i$  e com valores de médias altas, sendo indicadas para a melhoria destas produtividades. Já para a porcentagem de fibras, as melhores combinações foram: PSC 355 x IAC 26 e CNPA 04-2080 x PSC 355, respectivamente que apresentaram pelo menos um dos genitores possuindo estimativas positivas para  $g_i$  e valores de média alta.

**Tabela 10:** Estimativas dos Efeitos da Capacidade Específica de Combinação ( $s_{ij}$ ) entre seis genótipos de algodoeiro para caracteres agronômicos (ALT – Altura; APF - Aparecimento da primeira flor; APC – Aparecimento do primeiro capulho; PIC – Peso de um capulho; PROD – Produtividade; PF – Porcentagem de fibra; PRODF – Produtividade de fibra) e tecnológicos da fibra (COMP - Comprimento da fibra; UNF – Uniformidade da fibra; RES – Resistência da fibra e FIN – Índice de micronaire) Patos - PB, 2015.

Genótipos	ALT	APF	APC	PIC	PROD	PF	PRODF	COMP	UNF	RES	FIN
FM 993	3,71	0,02	0,30	-0,42	-544,27	0,62	-197,36	-0,65	-0,06	1,82**	0,08
CNPA 04-2080	-4,90	-0,47	-0,15	-0,57**	618,40	-0,59	242,83	-0,47	-0,06	-0,93	-0,25*
PSC 355	-0,29	-1,68*	0,05	-0,60**	217,80	-0,96**	44,71	-0,19	-0,90*	-0,08	-0,25*
TAM B 139-17	-1,78	-0,19	-0,83	-0,84**	215,50	-0,47	65,12	-1,69**	-1,05*	-1,28*	-0,05
IAC 26	0,06	-0,19	-1,16	-0,60**	289,84	-0,58	92,68	-0,10	-0,49	1,11	-0,37**
TAMCOT-CAMD-E	-0,90	0,06	-0,57	-0,10	-576,00	0,09	-239,33	-0,62	-0,18	-0,10	-0,07
FM 993 X CNPA 04-2080	-0,12	0,43	-1,09	0,00	-802,43	-0,09	-344,87	0,17	0,07	-0,92	0,03
FM 993 x PSC 355	-4,29	0,15	-0,34	0,00	369,33	-0,63	543,64**	-0,08	0,04	-1,56*	0,05
FM 993 x TAM B 139-17	-0,87	-0,91	0,23	0,41**	-67,71	0,36	-7,97	1,62**	0,18	0,64	-0,16
FM 993 x IAC 26	-2,39	0,41	0,73	0,28*	-794,55	-0,28	-342,38*	-0,87*	-0,21	-1,84*	0,23
FM 993 x TAMCOT-CAMD-E	0,25	-0,14	-0,16	0,13	1383,92**	-0,60	546,32**	0,45	0,04	0,03	-0,32*
CNPA 04-2080 X PSC 355	4,65	0,56	-0,91	0,40**	-662,82	1,10*	-235,40	-0,27	0,07	3,53**	0,26
CNPA 04-2080 X TAM B 139-17	4,65	0,83	0,17	0,36**	140,79	0,52	76,64	-0,04	-0,08	-0,11	0,08
CNPA 04-2080 X IAC 26	1,42	-0,16	0,67	0,48**	-484,70	-1,03*	-246,00	0,60	0,30	-0,21	-0,06
CNPA 04-2080 X TAMCOT-CAMD-E	-0,80	-0,70	1,46	-0,10	572,36	0,69	263,96	0,48	-0,23	-0,41	0,18

Tabela 10, cont.:

PSC 355 X TAM B 139-17	-0,70	0,39	0,78	0,61**	-420,50	0,26	-158,41	0,72	1,08*	-0,31	-0,09
PSC 355 X IAC 26	-1,69	0,72	0,28	0,21	303,32	1,27**	186,73	0,07	0,88	-0,55	0,20
PSC 355 X TAMCOT-CAMD-E	2,63	1,52	0,07	-0,03	-1024,93*	-0,08	-426,13*	-0,04	-0,27	-0,94	0,08
TAM B 139-17 X IAC 26	1,65	0,14	0,66	0,15	46,00	0,60	40,63	0,56	0,04	0,61	0,23
TAM B 139-17 X TAMCOT-CAMD-E	-1,14	-0,06	-0,20	0,14	-129,58	-0,80	-81,14	0,51	0,86	1,75*	0,05
IAC 26 X TAMCOT-CAMD-E	0,89	-0,73	-0,03	0,07	350,24	0,60	175,65	-0,16	-0,03	-0,21	0,14
DP(S <sub>ii</sub> )	3,25	0,65	0,64	0,11	382,07	0,35	164,02	0,33	0,41	0,61	0,11
DP(S <sub>ij</sub> )	3,94	0,79	0,78	0,13	462,71	0,43	198,64	0,40	0,50	0,74	0,13
DP(S <sub>ii</sub> - S <sub>ij</sub> )	4,44	0,90	0,88	0,15	522,01	0,48	224,10	0,45	0,56	0,84	0,15
DP(S <sub>ij</sub> - S <sub>ik</sub> )	5,88	1,19	1,17	0,20	690,55	0,64	296,46	0,60	0,74	1,11	0,20
DP(S <sub>ij</sub> - S <sub>kl</sub> )	5,44	1,10	1,08	0,19	639,33	0,59	274,47	0,56	0,69	1,03	0,19

\*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste T.

Para o comprimento da fibra (Tabela 10), a combinação FM 993 x TAM B 139-17, apresentou a maior estimativa positiva para  $s_{ij}$ , com o genitor TAM B 139-17 de estimativas positivas e altas da  $g_1$ .

Com relação a uniformidade da fibra (Tabela 10), a combinação PSC 355 x TAM B 139-17, obteve a maior estimativa positiva para  $s_{ij}$ , com o genitor TAM B 139-17 possuindo a maior estimativa positiva para  $g_1$ .

Em relação a resistência da fibra (Tabela 10), CNPA 04-2080 x PSC 355, apresentou a maior estimativa positiva da  $s_{ij}$ , com um dos genitores de estimativa da  $g_1$  positiva.

Para o índice de micronaire, a combinação FM 993 x TAMCOT-CAMD-E mostrou a maior estimativa negativa da  $s_{ij}$ , com um dos genitores (TAMCOT-CAMD-E) possuindo estimativa negativa da  $g_1$  (Tabela 10).

## 5. Conclusões

A partir dos resultados das análises genéticas obtidos neste estudo, foi possível obter as seguintes conclusões:

Os genótipos avaliados apresentam variabilidade genética para todas as características (agronômicas e tecnológicas de fibra), fator fundamental para formar populações que maximizem os ganhos genéticos;

Os efeitos aditivos foram predominantes para: ALT, APF, APC, PF, COMP, UNF, RES e FIN. Já os efeitos não aditivos foram para: PROD, PRODF e P1C;

Os genótipos CNPA 04-2080, IAC 26 e FM 993 apresentaram as maiores estimativas da  $g_1$  para a produtividade, porcentagem de fibras e produtividade de fibra, acompanhados de médias altas, sendo indicados para programas de melhoramento visando o aumento destas características. O genótipo TAM B 139-17 obteve as maiores estimativas da  $g_1$  para a maioria das características tecnológicas da fibra;

As melhores combinações híbridas foram: FM 993 x PSC 355, FM 993 x TAMCOT-CAMD-E, CNPA 04-2080 x TAM B 139-17, CNPA 04-2080 x TAMCOT-CAMD-E, PSC 355 x IAC 26 e TAM B 139-17 x IAC 26, pois apresentam estimativas positivas da  $s_{ij}$  e complementaridade para a produtividade, porcentagem de fibra, produtividade de fibra, assim como as características da fibra, possuindo pelo menos um genitor de  $g_1$  positiva e média alta.

## REFERÊNCIAS

ABRAPA - Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. **Estatística – O algodão no mundo.** Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-Mundo.aspx>>. Acesso em: 10 de Novembro 2015.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Chuvas acumuladas no ano 2015.** Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do>>. Acesso em: 27 de Janeiro de 2017.

AGUIAR, P. A.; PENNA, J. C. V.; FREIRE, E. C.; MELO, L. C. Diallel analysis of upland cotton cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 4, p. 353 – 359, 2007.

AHUJA, S. L.; DHAYAL, L. S. Combining ability estimates for yield and fibre quality traits in 4 x 13 line x tester crosses of *Gossypium hirsutum*. **Euphytica**, v. 153, n. 1, p. 87 – 98, 2007.

ALKUDDSI, Y. A.; RAO, M. R. G.; PATIL, S. S.; GOWDA, T. H.; JOSHI, M. Combining ability analysis for seed cotton yield (kapas yield) and its components in intra hirsutum hybrids and heterotic boxes for exploitation in cotton. **Genomics and Applied Biology**, v. 4, n. 5, p. 35 – 49, 2013.

ASHOKKUMAR, K.; RAVIKESAVAN, R.; PRINCE, K. S. J. Combining ability estimates for yield and fibre quality traits in line x tester crosses of upland cotton, (*Gossypium hirsutum*). **International Journal of Biology**, v. 2, n. 1, p. 179 – 183, 2010.

BARROSO, P. A. V.; HOFFMANN, L. V.; BRUNETTA, P. S. F.; FREIRE, E. C. Contenção de cruzamento entre genótipos de algodão por barreiras II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador, BA. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, Fundeagro. 2005. CD ROM.

BASAL, H.; TURGUT, I. Heterosis and combining ability for yield components and fiber quality parameters in a half diallel cotton (*G. hirsutum* L.) population. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 27, n. 4, p. 207 – 212, 2003.

BASAL, H.; CANAVAR, O.; KHAN, N. U.; CERIT, C. S. Combining ability and heterotic studies through line x tester in local and exotic upland cotton genotypes. **Pakistan Journal of Botany**, v. 43, n. 3, p. 1699 – 1706, 2011.

BECHERE, E.; ZENG, L.; HARDIN IV, R. G. Combining ability of ginning rate and net ginning energy requirement in upland cotton. **Crop Science**, v. 56, n. 2, p. 499 – 504, 2016.

BELTRAO, N. E. M; AZEVEDO, D. M. P (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica, v.1, 2008.

BENITES, R. G.; PEDROSA, M. B.; SILVA FILHO, J. L. **Resultados de pesquisa com algodão no estado da Bahia – safra 2008/2009**. Campina Grande – PB: Embrapa Algodão, 2010. 113p. (Documento, 232).

BERGER, G.; HAGUE, S.; SMITH, C. W. Diallel analysis of fiber traits for extra-long staple cotton progeny. **Crop Science**, v. 52, n. 2, p. 683 – 686, 2012.

BONIFÁCIO, D. O. C.; FERNANDA, M. M.; LARISSA, B. S. Variabilidade genética e coeficiente de determinação em genótipos de algodoeiro quanto a qualidade da fibra, **Revista Verde**, v. 10, n.3, p. 66 - 71, 2015.

BOURLAND, F.; MYERS, G. O. Conventional Cotton Breeding. **Crop Science**, v. 57, n. 1, p. 205-228, 2015.

BURKE, J. J. Genetic diversity of natural crossing in six cotton cultivars. **Crop Science**, v. 56, n.3, p. 1059 – 1066, 2016.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n.1, p.17 - 24, 2007.

CARVALHO, L. P. **Divergência genética e análise dialélica de *Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch**. 1993. 203f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

CARVALHO, L. P.; MORAES, C. F.; CRUZ, C. D. Capacidade de combinação e heterose em algodoeiro herbáceo. **Revista Ceres**, v. 41, n. 237, p. 514 – 527, 1994.

CARVALHO, L. P. O gênero *Gossypium* e suas espécies cultivadas e silvestres. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, v. 1, 2008. Cap. 8, p. 253 – 270.

CARVALHO, L. P. Contribuição do melhoramento ao cultivo do algodão. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, v. 1, 2008. Cap. 9, p. 273 – 297.

CARVALHO, L. P.; SILVA, G. E. L.; LIMA, M. M. A.; MEDEIROS, E. P.; BRITO, G. G.; FREIRE, R. M. M. Variabilidade e capacidades geral e específica de combinação para teor de óleo em algodoeiros. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 14, n. 1, p. 19 – 17, 2010.

CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.; RODRIGUES, J. I. S.; TEODORO, P. E. Agronomic and technical fibers traits in elite genotypes of cotton herbaceous. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.53, p. 4882-4887, 2015.

CARVALHO, L. P.; SALGADO, C. C.; FARIAS F. J. C.; CARNEIRO, V. Q. Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de algodão de fibra colorida quanto aos caracteres de fibra. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 598 – 605, 2015.

CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; LELLIS, M. C.; TEODORO, P. E. Uso da metodologia REML/BLUP para seleção de genótipos de algodoeiro com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 314 – 321, 2016.

CARVALHO, L. P. D.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. D. L.; TEODORO, P. E. Selection of cotton genotypes for greater length of fibers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, 340 - 347, 2016.

CHAPEPA, B.; MANJERU, P.; NCUBE, B.; MUDADA, N.; MUBVEKERI. Diallel analysis on variation of *Verticillium* wilt resistance in upland cotton grown in Zimbabwe. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 2, p. 39 - 48, 2015.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2016/2017**. Quarto Levantamento, Janeiro de 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_01\\_11\\_11\\_30\\_39\\_boletim\\_graos\\_janeiro\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf)>. Acesso em: 27 de Janeiro de 2017.

COSTA, J. N.; FREIRE, E. C.; COSTA, M. N.; SANTOS, J. W.; VIEIRA, R. M. Heterose e capacidade geral e específica de combinação em algodoeiro *Gossypium hirsutum* L. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 2, n. 2, p. 151 – 156, 1998.

CRUZ, C. D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**. v. 12, n. 2, p. 425 – 438, 1989.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: biometria**. Viçosa: UFV, 2006.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: estatística experimental e matrizes**. Viçosa: UFV, 2006.

CRUZ, C. D. GENES – a software package for analysis in experimental statistic and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271 – 276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Volume 1, Viçosa: UFV, 2012.

ÇOBAN, M.; ÜNAY, A. Combining ability for yield and fiber qualities in cotton crosses (*Gossypium hirsutum* L.). **Journal of International Scientific Publications: Agriculture & Food**, v. 3, p. 178 – 185, 2015.

D'EECKENBRUGGE, G. C.; LACAPE, J.-M. Distribution and differentiation of wild, feral, and cultivated populations of perennial upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in Mesoamerica and the Caribbean. **PLoS ONE**, v. 9, n. 9, p. 1- 19, 2014.

EKINCI, R.; BASBAG, S. Combining ability for yield and its components in diallel crosses of cotton. **Notulac Scientia Biologicae**, v. 7, n. 1, p. 72 – 80, 2014.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Produção Embrapa – Cultura do Algodão Herbáceo na Agricultura Familiar**. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 27 de Janeiro de 2017.

FAO – Food and agriculture organization of the united nations. **Statistics divison**. Disponível em: < [http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries\\_by\\_commodity/E](http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/E)>. Acesso em: 31 de agosto de 2016.

FARIAS, F. J. C. **Índice de seleção em cultivares de algodoeiro**. 2005. 121f. Tese (Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C.; BELTRÃO, N. E. M.; BÉLOT, J.-L.; CARVALHO, L. P. Caracteres de importância econômica no melhoramento do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, v. 1, 2008. Cap. 13, p. 415 – 429.

FARIAS, F. J. C.; SILVA FILHO, J. L.; MORELLO, C. L.; SUASSUNA, N. D.; PEDROSA, M. B.; LAMAS, F. M.; RIBEIRO, J. L. **Resultados do ensaio nacional de cultivares de algodoeiro herbáceo nas condições do cerrado - safra 2013 - 14**. Campina Grande - PB: Embrapa Algodão, 2015, p. 1 - 51. (Documentos, 257).

FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, J. L.; TEODORO, P. E. Biplot analysis of phenotypic stability in upland cotton genotypes in Mato Grosso. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 2, p. 1 – 10, 2016.

FONSECA, R. G.; SANTANA, J. C. F. **Resultados de ensaio HVI e suas interpretações (ASTM D-4605)**. Campina Grande-PB: Embrapa Algodão, 2002. 13p. (Circular Técnica, 66).

FREIRE, E. C. Fluxo gênico entre algodoeiros convencionais e transgênicos. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 6, n.1, p. 471 – 582, 2002.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; PEDROSA, M. B.; FILHO, J. L. S. Melhoramento do algodoeiro: cultivares convencionais e transgênicas para o cerrado. In: FREIRE, E. C. (Ed.) **Algodão no cerrado do Brasil**. 3 ed. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – ABRAPA, v. 1, 2015. Cap. 6, p. 151 – 201.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; FILHO, J. L. S.; NETO, F. C. V.; PEDROSA, M. B.; SUINAGA, F. A.; COSTA, J. N.; ANDRADE, F. F. Objetivos e métodos usados nos programas de melhoramento do algodão. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, v. 1, 2008. Cap. 10, p. 299 – 324.

FUZATTO, M. G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. (Ed.) **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999, p. 15 – 34.

GRIFFING, B. Concept of general and specific ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.9, n.4, p. 462 - 493, 1956.

HAGUE, S. S.; GANNAWAY, J. R.; BOMAN, R. K.; Combining ability of upland cotton, *Gossypium hirsutum* L., with traits associated with sticky fiber. **Euphytica**, v.164, n. 1, p. 75 – 79, 2008.

HENRIQUE, F. H.; LACA-BUENDÍA, J. P. Comportamento morfológico e agrônômico de genótipos de algodoeiro no município de Uberaba – MG. **FAZU em Revista**, n. 7, p. 32 – 36, 2010.

HINZE, L. L.; CAMPBELL, B. T.; KOHEL, R. J. P. Performance and combining ability in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) populations with diverse parents. **Euphytica**, v. 181, n. 1, p. 115 – 125, 2011.

HOOGERHEIDE, E. S. S. **Estabilidade fenotípica de cultivares de algodoeiro herbáceo em diferentes sistemas de produção no Estado do Mato Grosso**. 2004. 80f. Dissertação (Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

HOOGERHEIDE, E. S. S.; VENCOVSKY, R.; FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C.; ARANTES, E. M. Correlações e análise de trilha de caracteres tecnológicos e a produtividade de fibra de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1401 - 1405, 2007.

HUSSAIN, A.; AZHAR, F. M.; ALI, M. A.; AHMAD, S.; MAHMOOD, K. Genetic studies of quality characters in upland cotton. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 20, n. 4, p. 234 – 238, 2010.

IMRAN, M.; SHAKEEL, F. M.; FAROOQ, J.; SALEEM, M. F.; SAEED, A.; NAZEER, W.; RIAZ, M.; NAEEM, M.; JAVAID, A. Combining ability analysis for within-boll yield components in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Genetics and Molecular Research**, v. 11, n. 3, p. 2790 – 2800, 2012.

JAMES, C. 20th Anniversary (1996 to 2015) of the global commercialization of biotech crops and biotech crop highlights in 2015. **ISAAA Brief**, v. 51, 2015.

KANNAN, N.; SARAVANAN, K. Heterosis and combining ability analysis in tetraploid cotton (*G. hirsutum* e *G. barbadense* L.). **International Journal of Current Research**, v. 7, n. 5, p. 16590 – 16595, 2015.

KARADEMIR, E.; GENÇER, O. Combining ability and heterosis for yield and fiber quality properties in cotton (*G. hirsutum* L.) obtained by half mating desing. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 38, n. 1, p. 222 – 227, 2010.

KHAN, N. U. Combining ability analysis in intra specific F<sub>1</sub> diallel cross of upland cotton. **Scientific Papers Series Agriculture Agonomy**, v. 56, n. 1, p. 289 - 295, 2013.

KHAN, N. U.; HASSAN, G.; MARWAT, K. B.; TULLAH, F.; KUMBHAR, M. B.; PARVEEN, A.; AIMAN, U. E.; KHAN, M. Z.; SOOMRO, Z. A.; Diallel analysis of some quatitative traits in *Gossypium hirsutum* L. **Pakistan Journal of Botany**, v. 41, n. 6, p. 3009 – 3022, 2009.

KHAN, S. A.; KHAN, N. U.; MOHAMMAD, F.; AHMAD, M.; KHAN, I. A.; BIBI, Z.; KHAN, I. U. Combining ability analysis in intraspecific F<sub>1</sub> diallel cross of upland cotton. **Pakistan Journal of Botany**, v. 43, n. 3, p. 1719 – 1723, 2011.

KOTHARI, N.; CAMPBELL, T. B.; DEVER, J. K.; HINZE, L. L. Combining ability and performance of cotton germplasm with diverse seed oil content. **Crop Science**, v. 56, n. 1, p. 19-29, 2015.

KUMAR, K.; ASHOKKUMAR, K.; RAVIKESAVAN, R. Genetic effects of combining ability studies for yield and fiber quality traits in diallel crosses of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 1, p. 119 – 126, 2014.

LUKONGE, E. P.; LABUSCHAGNE, M. T.; HERSELMAN, L. Combining ability for yield and fibre characteristics in Tanzanian cotton germplasm. **Euphytica**, v. 161, n. 3, p. 383 – 389, 2008.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Culturas: Algodão**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/algodao>>. Acesso em: 27 de Janeiro de 2017.

MÉNDEZ-NATERA, J. R.; RONDÓN, A.; HERNÁNDEZ, J.; MERAZO-PINTO, F. Genetic studies in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) II. General and specific ability. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 14, n. 3, p. 617 – 627, 2012.

MORELLO, C. L.; PEDROSA, M. B.; SUASSUNA, N. D.; FARIAS, F. J. C.; SILVA FILHO, J. L.; PERINA, F. J.; FREIRE, E. C.; ALENCAR, A. R.; TAVARES, J. A.; OLIVEIRA, W. P. **Desempenho de Cultivares de Algodoeiro no Cerrado do Estado da Bahia, Safra 2013/2014**. Campina Grande – PB: Embrapa Algodão, 2015, p. 1 – 15. (Documentos, 253).

MORESCO, E. R. **Taxa de cruzamento natural do algodoeiro herbáceo no estado de Mato Grosso**. 2000. 78f. Dissertação (Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

NEVES, O. S. Algodão no mundo. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA (Ed.) **Cultura e adubação do algodoeiro**. 1 ed. São Paulo, SP: Instituto brasileiro de potassa, 1965. Cap. 1, p. 13 – 54.

NG, E.-H.; SMITH, C.W.; HEQUET, E.; HAGUE, S.; DEVER, J. Diallel analysis of fiber quality traits with an emphasis on elongation in upland cotton. **Crop Science**, v.54, n. 5, p. 514 – 519, 2014.

PATEL, D. H.; PATEL, D. U.; KUMAR, V. Heterosis and combining ability analysis in tetraploid cotton (*G. hirsutum* L. and *G. barbadense* L.). **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 5, n. 3, p. 408 – 414, 2014.

PEDROSA, M. B.; FREIRE, E. C.; COSTA, J. N.; ANDRADE, F. P. Estimativas das capacidades combinatórias em híbridos F<sub>1,s</sub> de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) irrigado no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 5, n. 3, p. 439 – 445, 2001.

PENNA, J. C. V. Melhoramento do algodão. In: BORÉM, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 15 - 50.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

PUSHPAM, R.; THANARAJ, K.; RAVEENDRAN, T. S. Heterosis and combining ability studies in upland cotton for yield characters. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 6, n. 2, p. 459 – 463, 2015.

RAUF, S.; KHAN, T. M.; NAZIR, S. Combining ability and heterosis in *Gossypium hirsutum* L. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 7, n. 1, p. 109 – 113, 2005.

RAUF, S.; MUNIR, H.; BASRA, S. M. A.; ABDULLOJON, E. Combining ability analysis in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 8, n. 3, p. 341 – 343, 2006.

RODRIGUES, J. I. S.; CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C. Comparison of wild accessions of *Gossypium barbadense* L. from Peru and Brazil via microsatellite markers. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 5, p. 1352 – 1363, 2016.

SAMREEN, K.; BALOCH, M. J.; SOOMORO, Z. A.; KUMBHAR, M. B.; KHAN, N. U.; KUMBOR, N.; JATOI, W. A.; VEESAR, N. F. Estimating combining ability through line x tester analysis in upland cotton. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 24, n. 4, p. 581 – 586, 2008.

SANTOS, R. F.; KOURI, J.; SANTOS, J. W. O agronegócio do algodão – Crise e recuperação no mercado brasileiro da matéria-prima agrícola. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, v. 1, 2008. Cap. 2, p. 33 – 60.

SEN, I.; OGLAKCI, M.; BOLEK, Y.; CICEK, B.; KISAKUREK, N.; AYDIN, S. Assessing the out crossing ratio isolation distance and pollinator insects in cotton (*Gossypium hirsutum* L ). **Asian Journal of Plant Science**, v.3, n.6, p.724 - 727, 2004.

SENTHILKUMAR, R.; RAVIKESAVAN, R.; PUNITHA, D.; RAJARATHINAM, S. Genetic analysis in Cotton. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v.1, n.4, p. 846-851, 2010.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SILVA, C. R. C. **Análise molecular e de expressão em plantas de algodão contendo o gene *cryIIa* que confere resistência a insetos**. 2011, 50p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2011.

SILVA FILHO, J. L.; PEDROSA, M. B.; SUASSUNA, N. D.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; PERINA, F. J. **Avaliação de cultivares de algodoeiro no cerrado de Bahia – safra 2014/2015**. Campina Grande – PB: Embrapa Algodão, 2016, p. 1 – 14. (Documentos, 260).

SILVA NETO, S. B.; PEREIRA, A. F.; MORELLO, C. L.; SUASSUNA, N. D. Melhoramento clássico e biotecnologia visando a superação de desafios. In: **Desafios do cerrado: Como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitiva**. Associação Mato-grossense dos produtores de algodão, 2016. Cap. 7, p. 215 – 253.

SIMON, S. Y.; KADAMS, A. M.; ALIYU, B. Combining ability analysis in F1 hybrids of cotton (*Gossypium species* L.) by diallel method in northeastern Nigeria. **Greener Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 2, p. 90 – 96, 2013.

SMITH, C. W.; BRADEN, C. A.; HEQUET, E. F. Genetic analysis of fiber length uniformity in upland cotton. **Crop Science**, v. 50, n. 2, p. 567 – 573, 2010.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Agronomy Journal**, v. 34, n. 10, p. 923-932, 1942.

ULLOA, M. The diploid D genome cottons (*Gossypium* spp.) of the new world. **World Cotton Germplasm Resources**, 2014.

USHARANI, K.S.; VINDHIYAVARMAN, P.; AMALA BALU, P. Combining ability analysis in intraspecific F<sub>1</sub> diallel cross of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 5, n. 3, p. 467 – 474, 2014.

VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. Melhoramento genético do algodoeiro. In: VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Ed.) **Melhoramento genético de plantas no nordeste**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, 2013. Cap. 3, p. 49 – 83.

VIDAL NETO, F. C.; CARVALHO, L. P. Cerrado e Semi Árido requerem cultivares diferenciadas. **Visão Agrícola**, v. 6, n. 6, p. 32 – 34, 2006.

XANTHOPOULOS, F. P.; KECHAGIA, U. E. Natural crossing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 51, n. 8, p. 979 - 983, 2000.

YOKOMIZO, G. K.; VELLO, N. A. Coeficiente de determinação genotípica e de diversidade genética em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.11, p. 2223 - 2228, 2000.

ZHANG, J.; WU, M.; YU, J.; LI, X.; PEI, W. Breeding potential of introgression lines developed from interespecific crossing between upland cotton (*Gossypium hirsutum*) and *Gossypium barbadense*: heterosis, combining ability and genetic effects. **PLoS ONE**, v. 11, n. 1, p. 1 – 17, 2016.

ZENG, L.; MEREDITH JR., W.; BOYKIN, D. L. Germplasm potential for continuing improvement of fiber quality in upland cotton: combining ability for lint yield and fiber quality. **Crop Science**, v. 51, n. 1, p. 60 – 68, 2011.

ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; SOFIATTI, V.; BEZERRA, J. R. C.; MEDEIROS, J. C. Irrigation and nitrogen effects on seed cotton yield, water productivity and yield response factor in semi-arid environment. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.1, p.118 - 126, 2016.

WALDHEIM, P. V.; CARVALHO, V. S. B.; CORREA, E.; FRANÇA, J. R. A. Zoneamento climático da cana-de-açúcar, da laranja e do algodão herbáceo para a região nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociência**, v. 29, n. 2, p. 30 – 43, 2006.

WAQAR, I.; KHAN, I. A.; KHAN, A. I.; SHAR, S. S. M.; AFZAL, M. Genetic analysis of morphological and yield contributing traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Science Letters**, v. 3, n. 2, p. 57 – 61, 2015.