



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

JONAS CUNHA NETO

**DIVERGÊNCIA E CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES DE PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE FIBRA DO ALGODÃO COLORIDO**

FORTALEZA

2014

JONAS CUNHA NETO

DIVERGÊNCIA E CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES DE PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE FIBRA DO ALGODÃO COLORIDO

Tese de Doutorado apresentada ao curso de Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Melhoramento Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini.

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

C979d Cunha Neto, Jonas.
Divergência e controle genético de caracteres de produção e qualidade de fibra do algodão
/ Jonas Cunha Neto. – 2014.
66f. il., enc. ; 30 cm.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza, 2014.
Área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.
Orientação: Profa. Dra. Cândia Hermínia Campos de Magalhães Bertini.
Coorientação: Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti.

1. Algodão. 2. Melhoramento genético. 3. Recombinação (genética) – plantas. I. Título.

CDD 632

JONAS CUNHA NETO

DIVERGÊNCIA E CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES DE PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE FIBRA DO ALGODÃO COLORIDO

Tese de Doutorado apresentada ao curso de
Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia da
Universidade Federal do Ceará, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração:
Melhoramento Vegetal.

Aprovada em __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti (Coorientador)
Pesquisador da Embrapa Algodão

Dr. Francisco Vidal das Chagas Neto (Conselheiro)
Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical

Prof. Dr. Júlio César do Vale Silva (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Luiz Paulo de Carvalho (Conselheiro)
Pesquisador da Embrapa Algodão

AGRADECIMENTOS

- À Deus, Autor da Vida. Por conceder força, paz, inteligência, inspiração e saúde.
- À minha esposa, Paulinha, por me dar todos os dias novas razões para continuar amando-a e por ter me dado à honra de entrar em uma família tão maravilhosa.
- Aos meus pais Raimundo e Lindalva. Em especial à mãe que em sua simplicidade conseguiu me conduzir para que eu me tornasse um bom filho, um bom marido e um bom cidadão.
- Aos meus queridos, preciosos e inoxidáveis irmãos: Cleitim e Didi.
- Aos meus queridos vizinhos, os da direita: Aldir, Dora e Mateus, respectivamente meus sogros e meu cunhado. E também aos da esquerda onde fica o restante da família da minha esposa.
- Às minhas cunhadas Michele e Angeline.
- Ao meu grande irmão Emanuel, pela ajuda no Abstract e pelos momentos de diversão matando “ZUMBIS”.
- À minha orientadora, Professora Cândida, por orientar meus passos acadêmicos desde a graduação.
- Aos amigos que conheci durante todo o período acadêmico, em especial: Alex, Fred, Jefté, João (Cajá), Tomil e Tiago. Coloquei em ordem alfabética para ninguém ficar “sentido”.
- Aos integrantes da minha banca: Prof. Júlio César; Dr. Luiz Paulo; Dr. Jaime Cavalcante e Dr. Vidal Neto, por terem aceitado, prontamente, participar do meu trabalho e também pelos preciosos conselhos que com certeza serão valiosos para a melhoria deste trabalho de Tese.
- Aos Professores Márcio Cleber e Ervino Bleicher e ao Secretário do Depto. de Pós-graduação Deocleciano Xavier por todo apoio dado ao longo de todo o curso de Doutorado.
- E a empresa de pesquisa EMBRAPA ALGODÃO, que por meio dos pesquisadores Dr. Luiz Paulo e Dr. Jaime Cavalcante, viabilizaram a obtenção dos genótipos utilizados neste trabalho.

Obrigado a todos!

“Eu penei, mas aqui cheguei.”

Luiz Gonzaga

RESUMO

O algodoeiro é a mais importante fibra têxtil do mundo. Entre os cultivares de algodão obtidos, aqueles com fibra naturalmente coloridas tem tido grande importância como matéria prima para a indústria têxtil, principalmente para atender demandas de tecidos ecológicos e orgânicos. Nesse sentido, o presente trabalho foi conduzido com a finalidade de identificar genótipos de algodão de fibra colorida com boa produtividade e qualidade de fibra. Para tanto os objetivos específicos foram identificar genótipos contrastantes que possam ser utilizados no melhoramento do algodão colorido e também identificar que ações gênicas estão envolvidas no desempenho dos híbridos formados pelo cruzamento entre quatro cultivares de fibra colorida com seis cultivares tradicionais de fibra branca. Na primeira etapa do trabalho conduziu-se estudos de divergência genética nos genitores utilizados, por meio de técnicas multivariadas, e na segunda etapa, foram estimados efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), identificando-se os tipos de ações gênicas envolvidas no controle das características observadas por meio da metodologia REML/BLUP. Os dados foram coletados a partir da condução de um experimento sob o delineamento de blocos casualizados com 24 tratamentos (14 híbridos e 10 genitores), no espaçamento de 1,25 m entre linhas e 0,25 entre plantas e cinco plantas por parcela. Durante a colheita foram coletadas amostras de 20 capulhos de cada tratamento que foram utilizados para avaliação de 12 características tecnológicas da fibra em HVI. As cultivares mais divergentes, envolvendo grupos distintos, foi entre a BRS Verde e BRS Buriti, seguidas da BRS Verde e BRS 293. As menores distâncias foram obtidas entre as cultivares de fibra branca. Destaque para as cultivares BRS 286 e BRS 293. As características CSP, %FIB, PAC e PAP foram mais importantes para a divergência genética entre os genitores. Os efeitos genéticos aditivos têm maior importância para o controle genético das características de produção e qualidade das fibras do algodão.

PALAVRAS-CHAVE. *Gossypium hirsutum* L. Melhoramento genético. Capacidade específica de combinação. Capacidade geral de combinação.

ABSTRACT

Cotton is the most important textile fiber in the world. Among all cotton cultivars released, those with naturally colored fiber has been of great importance as a raw material for the textile industry, mainly to meet demands for ecological and organic fabrics. In this sense, the aim of this study was identify genotypes of colored cotton fiber with good yield and fiber quality. The specific objectives were identify contrasting genotypes that can be used in breeding of colored cotton and also identify gene actions that are involved in the performance of the hybrids formed by crossing between four cultivars of colored fiber with six traditional cultivars of white fiber. In the first stage of the research it was conducted studies over genetic diversity in the parents used by univariate and multivariate techniques, and in the second step, we estimated effects of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA), identifying the types of gene actions involved in the control of the observed features, using the methodology REML/BLUP. The statistical design used in the experimental data was randomized block with 24 treatments (14 hybrids and 10 parents), spaced 1,25 m between rows and 0,25 between plants and five plants per plot. They were collected samples from 20 bolls from each treatment used to evaluate 12 technological characteristics of the fiber in HVI. The most divergent cultivars, involving different groups, was between the BRS Verde and BRS Buriti, followed by BRS 293 and BRS. Smaller distances were obtained between cultivars of white fiber. Highlight for BRS 286 and BRS 293 cultivar. The features CSP,% FIB, PAC and PAP were more important for the genetic divergence between the parents. Additive genetic effects are more important for the genetic control of the characteristics of production and quality of cotton fibers.

Key Words: *Gossypium hirsutum* L. Breeding. Specific combining ability. General combining ability.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 O algodão colorido.....	12
2.2 Divergência genética.....	14
2.3 Análise dialélica univariada.....	15
2.4. Análise por componentes principais	16
2.4.1 Análise por variáveis canônicas	17
2.5. Análise dialélica pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita/ Melhor Preditor Linear Não Viesado (REML/BLUP)	18
REFERÊNCIAS	19
Capítulo I:	24
RESUMO.....	24
1. INTRODUÇÃO	26
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1 Material genético	28
2.2 Caracterização do ambiente	28
2.4 Análise dos dados.....	29
2.4.1. Análise de agrupamento.....	31
2.4.2. Importância relativa dos caracteres	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.1 Análise de divergência univariada	32
3.2. Variáveis canônicas	38
4. CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS	44
Capítulo II:	46
RESUMO.....	46
1. INTRODUÇÃO	48
2. MATERIAL E MÉTODOS	50
2.1 Obtenção dos híbridos.....	50
2.3. Análise dos dados.....	51
2.4. Análise dialélica	52
3. RESULTADOS	54
3.1 Características de produção da fibra	54
3.1.1 Efeitos da CGC e CEC nas características de produção da fibra.....	55

3.2.1 Características de qualidade das fibras.....	58
3.2.2 Efeitos da CGC e CEC nas características de qualidade das fibras.....	60
4. CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS	64

1. INTRODUÇÃO GERAL

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) produz a fibra têxtil mais importante do mundo, o Brasil participa da cadeia produtiva de algodão como o quinto maior produtor mundial (ABRAPA, 2013). O país produziu 1,9 milhões de toneladas de algodão em pluma na safra 2010/2011, distribuída em 16 Estados e captou ou 4º lugar em exportação, em 2012, (CONAB, 2012). O Brasil está na quarta colocação na exportação de algodão, sendo este item o quarto mais exportado por nosso país no ano de 2012, atingindo US\$ 2,104 bilhões em vendas (AGROOLHAR, 2013). Este aumento na produção se deve, em grande parte, ao aumento de produtividade, que passou de 1.025 kg/ha, na safra 2001/2002, para 1.400 kg/ha, na safra 2010/2011. Estes números revelam a importância do algodão para a economia brasileira.

O interesse por uma tendência de redução do impacto ambiental na produção e processamento de têxteis de algodão impulsionou o resgate de fibras naturalmente coloridas, assim como o cultivo da fibra com técnicas da agricultura orgânica, embora o algodoeiro colorido não seja, necessariamente, cultivado com métodos orgânicos (MOHAMMADIOUN; GALLAWAY; APODACA, 1994). Nesses casos, o algodão colorido representa uma opção de produção de matéria-prima para tecidos ecológicos, uma vez que a principal vantagem do emprego da fibra colorida é a eliminação do uso de corantes na fase de acabamento do tecido, o que reduz o impacto ambiental do processo de tingimento. Portanto, a produção do algodão naturalmente colorido é apropriada tanto para a produção de tecidos ecológicos, como também para a produção de tecidos orgânicos (SOUZA, 2000).

Os trabalhos de melhoramento genético realizados pela Embrapa, responsáveis pelo lançamento de cinco cultivares comerciais de algodão colorido (BRS 200, BRS Verde, BRS Rubi, BRS Safira e BRS Topázio), impulsionaram a cadeia produtiva do algodão colorido e também beneficiaram agricultores familiares na região Nordeste do Brasil. Nesta região os agricultores familiares conseguem produzir e comercializar a fibra naturalmente colorida por um preço melhor quando comparado ao algodão de fibra branca. Isso se deve, principalmente pelo fato do algodão colorido ser cultivado em base orgânica e agroecológica nessa região. Dessa forma, gera um produto com apelo ecológico, que estimula o nível de consciência ambiental e beneficia todos os segmentos da cadeia produtiva (CARVALHO *et al.*, 2011).

No entanto, mesmo com o lançamento dessas cultivares é importante que os programas de melhoramento do algodão colorido tenham continuidade. Deste modo será possível identificar e, posteriormente, lançar novos materiais que aliem alta produtividade com

fibras de boa qualidade que atendam as demandas de um mercado cada vez mais exigente e crescente.

Os programas de melhoramento do algodoeiro visam lançar cultivares mais produtivas, precoces, de alto rendimento de fibras, fibras mais finas, resistentes e uniformes (FREIRE *et al.*, 2008). Assim, cruzamentos entre genitores de bases genéticas diferentes podem ser necessários para se atingir tais objetivos (QUEIROZ *et al.*, 2011). Contudo, para a obtenção destes resultados é necessária a identificação das melhores combinações de cruzamentos que irão produzir genótipos superiores. Neste contexto, a escolha de parentais deve ser fundamentada na informação genética e no conhecimento do potencial da capacidade combinatória dos genitores.

No entanto, ao considerar a complexidade do melhoramento do algodoeiro em virtude da seleção simultânea para várias características, estratégias eficientes de avaliação devem ser usadas de modo a escolher as populações e, ou, genitores mais promissores (QUEIROZ *et al.*, 2011). Dentre as metodologias mais usadas estão os estudos de diversidade genética e os cruzamentos dialélicos, termo utilizado para expressar as combinações híbridas de um dado número de genitores (CRUZ; REGAZZI, 2004).

Estudos de divergência genética são importantes para o melhoramento porque fornecem parâmetros úteis na identificação de genótipos superiores para formação de populações segregantes. Além disso, à medida que são obtidos, antes que os cruzamentos sejam efetuados, permitem ao melhorista concentrar esforços nas combinações que possuam maior probabilidade de sucesso (BERTAN *et al.*, 2006; MALUF *et al.*, 1983).

Os cruzamentos dialélicos, por sua vez, também são úteis na escolha das melhores combinações híbridas para a geração de populações de melhoramento. A análise dialélica oferece um grande número de informações e, é frequentemente utilizada em programas de melhoramento de diversas culturas (MIRANDA FILHO e GORGULHO, 2001; SCAPIM *et al.*, 2002; VACARO *et al.*, 2002; BORDALLO *et al.*, 2005). O uso desse procedimento visa de estimar parâmetros genéticos essenciais na seleção de genitores e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres.

Diante do exposto, o presente trabalho foi conduzido com a finalidade de estimar a divergência genética e os parâmetros genéticos obtidos por meio do cruzamento dialélico entre seis cultivares de algodoeiro herbáceo de fibra branca com quatro variedades de fibra colorida.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O algodão colorido

O algodão colorido existe a milhares de anos, sendo tão antigo quanto o branco (BELTRÃO; CARVALHO, 2004). Este é naturalmente pigmentado em diferentes cores, incluindo marrom, verde e vermelho (ZHU *et al.*, 2006). Foi demonstrado experimentalmente que os pigmentos nas fibras naturalmente coloridas são compostos de flavonóides, tais como flavanona, flavonol e antocianidina (HUA *et al.*, 2007). Este caráter é controlado por genes dominantes e por fatores ambientais que influenciam principalmente, sua intensidade (XIAO *et al.*, 2007).

A cor marrom do algodão é determinada por um grupo de genes situados em seis loci, LC1, LC2, LC3, LC4, LC5 e LC6 (SILOW, 1944; ENDRIZZI; KOHEL, 1966), sendo dominante sobre a cor branca (FLETCHER, 1907). Já a cor verde, tanto da fibra quanto do línter, é condicionada por um mutante dominante Lg, conforme relatado por Ware (1932) em *G. hirsutum*. A cor verde é bem visível durante a abertura dos capulhos, podendo desvanecer e perder um pouco do colorido rapidamente.

Algodões coloridos são considerados inferiores ao algodão branco, em virtude do baixo rendimento, por terem as fibras mais curtas e mais fracas (DUTT *et al.*, 2004). Foi verificado que a seleção para maior intensidade da cor resulta em ganhos negativos nas características de qualidade de fibra (CARVALHO; SANTOS, 2003). As razões para esta qualidade inferior em algodão colorido ainda não estão claras, pelo fato de o complexo mecanismo de desenvolvimento da fibra ser afetado por vários fatores fisiológicos e bioquímicos (BAUER *et al.*, 2009).

A fibra de algodão maduro contém, em média, 89% de celulose, que é o componente essencial para o controle da qualidade (MARTIN; HAIGLER, 2004). A qualidade inferior da fibra de algodão colorido pode ser devida ao baixo teor de celulose, que é acompanhado pelo alto teor de flavonóides, baixo teor de sacarose e pela taxa de transformação de sacarose para o desenvolvimento das células da fibra. No entanto, a fibra de algodão colorido apresenta maior teor de sacarose sintase, sacarose fosfato sintase, ácido invertase e co-enzimas do que a fibra branca. Isso indica que a fibra de algodão colorido tem potencial para ter uma elevada concentração de celulose (YUAN *et al.*, 2012).

A glicose é um açúcar chave na biossíntese de celulose. Deve haver um mecanismo especial em cultivares de algodão colorido em que hidratos de carbono totais, especialmente a glicose e sais minerais, sejam consumidos em maiores quantidades na biossíntese e deposição de pigmentos de fibra do que na biossíntese de celulose, o que poderia explicar o baixo teor de celulose em plantas de algodão (ZHANG *et al.*, 2012). Tais diferenças entre algodões brancos e coloridos são acarretadas, em grande parte, pelo fato dos algodões coloridos não terem sido submetidos a intensos trabalhos de melhoramento como foram os de fibra branca.

A menor produtividade deste algodoeiro, em relação ao branco, associada também à sua baixa qualidade da fibra, constitui um entrave à viabilidade do sistema produtivo de algodão colorido. Segundo Santana *et al.* (1997), são desejáveis melhores características da fibra, como maior comprimento, uniformidade, finura, resistência, manutenção da cor, entre outras. Assim, estas características passaram a ser objetivo do melhoramento genético nos últimos anos a fim de desenvolver cultivares de algodoeiro colorido com melhores características agronômicas e com fibras de boa qualidade que atendam as demandas do mercado. Dessa forma, as cultivares modernas de algodão colorido precisam atender às demandas de basicamente três setores da economia: o produtor, as empresas de beneficiamento e a indústria de fiação e tecelagem, que exigem vários atributos da qualidade de fibra.

No entanto, atender os diferentes nichos de mercado do algodão não se trata de uma tarefa simples. Isto porque a existência de fortes correlações negativas entre as várias características desejadas é um problema enfrentado pelos melhoristas na seleção de genótipos superiores em várias características (BORÉM, 2005; CLEMENTE *et al.*, 2012).

No Brasil, a Embrapa Algodão é pioneira no desenvolvimento do algodão colorido e realiza, desde meados de 1980, trabalhos de melhoramento genético com a finalidade de selecionar cultivares de fibra colorida que apresentem boa produtividade e boa característica de fibra. No ano de 2000, foi lançada a primeira cultivar, BRS 200, que teve como fonte de genes para a cor marrom, algodões arbóreos coletados no Nordeste (FREIRE, 2007.). Com a introdução de outros materiais herbáceos com genes para cor marrom escuro e verde foram lançadas, em 2003, a cultivar BRS Verde. Em 2005, as cultivares de fibra marrom escura BRS Rubi e BRS Safira, e em 2010, a cultivar BRS Topázio de cor marrom clara.

Mais trabalhos devem ser desenvolvidos com a finalidade de selecionar novas cultivares que sejam capazes de atender a demanda existente pelo algodão naturalmente colorido, além de materiais com novas colorações.

2.2 Divergência genética

Nos programas de melhoramento genético que envolvem a formação de híbridos é de fundamental importância a identificação de parentais divergentes que promovam a formação de combinações híbridas com elevada heterose. Posteriormente, devem gerar recombinações e podem proporcionar o surgimento de transgressivos. Neste sentido, possibilita a obtenção de ganhos genéticos diretos a partir da utilização imediata das progênes resultantes dos cruzamentos e, posteriormente, a recuperação de genótipos superiores nas gerações segregantes (CRUZ *et al.*, 2011; CRUZ *et al.* 2004).

A divergência genética avaliada com base na distância genética entre os indivíduos constitui um método de natureza preditiva, o que permite a identificação prévia dos cruzamentos com maior probabilidade de sucesso, evitando, assim, a avaliação dos cruzamentos indesejáveis (MIRANDA *et al.*, 1988). O valor da heterose, obtida do cruzamento entre duas linhas ou populações, depende do quadrado da diferença da frequência alélica entre essas populações. Assim, será máximo quando um alelo encontrar-se fixo em uma população e o outro alelo na outra população, ou será inexistente quando alguns locos são dominantes em uma direção e outros em direção contrária. Portanto, a divergência genética entre os parentais é um indicativo da possibilidade da obtenção de híbridos promissores (CRUZ, 1990; FALCONER 1981).

O grau de distanciamento entre populações quanto ao conjunto de suas características relaciona-se com a divergência genética. Na maioria dos casos, essa divergência está correlacionada positivamente com a heterose, sua magnitude é proporcional à distância genética entre os parentais (MOREIRA *et al.*, 1994). Contudo, a associação entre a heterose verificada nos híbridos e a divergência genética dos parentais é função dos desvios de dominância dos genes para uma característica particular e do quadrado da diferença das frequências gênicas de seus genitores, além dos efeitos epistáticos que geralmente são negligenciados (FALCONER, 1981).

A aplicação de técnicas multivariadas, como análises por componentes principais, variáveis canônicas e os métodos aglomerativos, no estudo da divergência genética, podem ser utilizadas de acordo com a precisão, facilidade de análise e natureza dos dados (COSTA, 2006). Os métodos aglomerativos dependem, fundamentalmente, de medidas de dissimilaridade como, por exemplo, a distância euclidiana e a distância generalizada de Mahalanobis. As técnicas de componentes principais e variáveis canônicas, contudo, permitem avaliar a similaridade entre

genitores através de dispersão gráfica, geralmente por dois eixos cartesianos (CRUZ, 1990; CRUZ *et al.* 2004).

2.3 Análise dialélica univariada

No melhoramento da cultura do algodoeiro, utilizam-se tanto as metodologias aplicadas a plantas autógamas, quanto a alógamas, contudo, com algumas particularidades, as quais se devem à morfologia da flor (FREIRE, 2007). Na planta de algodão, o pistilo projeta-se acima dos estames, sendo exposto ao contato de insetos atraídos pelo pólen, pelos nectários e pelas estruturas frutíferas jovens (BORÉM, 1999). Portanto, a fertilização do algodoeiro resulta da combinação da autofecundação e do cruzamento natural, gerando taxas variáveis de alogamia, e influenciando nos métodos para desenvolvimento de cultivares. Por essas características, cruzamentos artificiais são facilmente executados em programas de melhoramento dessa cultura.

Os cruzamentos dialélicos têm sido largamente utilizados por melhoristas. Isso porque possibilitam a obtenção de informações com base no comportamento “per se” de um grupo de genitores e, principalmente, por considerar sua capacidade de combinação ao formar híbridos (LEDO *et al.*, 2003). Por esses motivos é uma técnica confiável e eficiente para a identificação, seleção de genótipos superiores e entendimento das ações gênicas envolvidas em diferentes características (KHAN; HASSAN, 2011).

As expressões capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) foram primeiramente propostas por Sprague e Tatum (1942) para designar, respectivamente, as ações gênicas aditivas (CGC), além dos efeitos epistáticos aditivos x aditivos, e os efeitos dominantes e epistáticos (CEC) (BASAL *et al.*, 2011; LU e MYERS, 2011; ZENG *et al.*, 2011). Desde então surgiram diferentes modelos de análise dialélica que possibilitam estimar parâmetros úteis na seleção de genitores e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres, maximizando a eficiência na obtenção de genótipos superiores (HAYMAN, 1954; GRIFFING, 1956; KASHIF; KHALIQ, 2003).

Entre as metodologias de escolha de genitores as mais comumente utilizadas são as propostas por Griffing (1956) e por Gardner e Eberhart (1966). De acordo com Ledo *et al.* (2003), para o estudo mais detalhado da heterose, a metodologia desenvolvida por Gardner e Eberhart é mais utilizada, por permitir o desdobramento desse efeito em heterose média, heterose do genitor e heterose específica.

Verhalen e Murray (1967) sugerem que em programas de melhoramento do algodoeiro a CGC é mais facilmente utilizada do que a CEC em seleções de linhas puras. Wu *et al.* (2010) mostraram que os genitores com efeitos aditivos desejáveis para as características de qualidade de fibra e/ou produção, podem ser utilizados como boas combinações gerais para o desenvolvimento de cultivares. Berger *et al.* (2012) ao avaliarem as características da qualidade da fibra em genótipos de algodoeiros observaram que o desempenho dos genitores em cruzamentos dialélicos forneceram bom indicativo do potencial de suas combinações híbridas F₁.

Cheatham *et al.* (2003) ao avaliarem a CGC em cultivares Australianas e acessos selvagens de *Gossypium hirsutum* L., observaram a predominância de efeitos aditivos significativos nas características percentagem de fibra e firmeza da fibra. Os efeitos da CEC representam efeitos genéticos não aditivos, tais como dominância (intra-alélico) ou epistasia (interalélico). São ações gênicas multiplicativas ou de interações que são vistas como desvios no desempenho dos indivíduos que podem ser previstos por meio de modelos aditivos simples (HENDERSON, 1952; GRIFFING, 1956).

Vale ressaltar que essas metodologias consideram uma característica de cada vez, em análise. A análise dessas variáveis isoladamente poderá não ser suficiente para modelar o fenótipo, pois não consideram as correlações existentes entre elas. O fato é que, para a obtenção de materiais genéticos superiores, os melhoristas necessitam avaliar vários caracteres simultaneamente para melhor inferir sobre a superioridade relativa dos mesmos (LEDO *et al.*, 2003).

Na aplicação de técnicas biométricas, o que se utiliza normalmente é a análise univariada, sendo as análises combinadas, em geral, restritas a procedimentos bivariados. Dessa forma, a utilização da teoria de análise multivariada permite combinar as múltiplas informações contidas na unidade experimental, de modo a facilitar a execução da seleção com base na combinação de características. Além disso, possibilita discriminar as populações mais promissoras, principalmente no contexto genético (LEDO *et al.*, 2003).

2.4. Análise por componentes principais

A análise de componentes principais (ACP) é um método estatístico multivariado que foi inicialmente proposto por K. Pearson em 1901 (MORRISON, 1976), mediante exames visuais de dispersão gráfica em espaços bidimensional ou tridimensional. É de fácil interpretação geométrica e maximizam-se as informações contidas em uma matriz de dados.

Além disso, possibilita a visualização das proximidades entre os indivíduos e os vínculos entre as variáveis. Sua matriz de dados é constituída por n linhas que correspondem a n indivíduos, sobre os quais são medidas p variáveis quantitativas, dispostas em colunas. As componentes principais devem caracterizar da melhor forma possível os fenômenos que se pretende estudar, ou seja, simplificar os dados pela redução do número de variáveis (CRUZ *et al.*, 2004; DROESBEKE e FINE, 1995; MANLY, 1986).

Com essa técnica procura-se encontrar combinações entre p variáveis, que possam produzir z índices que não sejam correlacionados. A ausência de correlação é uma propriedade útil, pois significa que os índices estão medindo diferentes dimensões dos dados. Dessa maneira, o primeiro componente é uma variável adicional, que possui a maior variância. De modo análogo, o segundo componente é uma variável não correlacionada ao primeiro, que detém a segunda maior variância, e assim por diante (DIAS, 1998). A importância de cada componente principal é dada pela porcentagem de variância total explicada por cada componente.

Quando pelo menos 80% da variância total for atribuída aos dois primeiros componentes principais, as variáveis originais poderão ser substituídas por esses componentes sem grandes perdas de informações. Do contrário, recomenda-se que a análise seja complementada com a dispersão gráfica para o terceiro e quarto componentes (CRUZ, 1990). O autor ressalta que quando poucos componentes são suficientes para explicar a variação existente, principalmente nos casos em que o número de indivíduos é relativamente grande, a técnica de componentes principais permite maior simplificação nos cálculos estatísticos e na interpretação dos resultados em relação aos demais métodos alternativos.

2.4.1 Análise por variáveis canônicas

A análise de variáveis canônicas, a semelhança da ACP, é uma técnica multivariada que possibilita a simplificação estrutural nos dados amostrais. As diferenças entre tratamentos, em princípio influenciadas por um conjunto maior de variáveis, podem ser avaliadas de forma resumida em espaços bidimensional ou tridimensional, de fácil interpretação geométrica e possibilita a identificação de grupos similares em estudos de divergência genética (CRUZ, 1990; CRUZ *et al.*, 2004). Isto é alcançado por meio de matrizes de variâncias e covariâncias residuais, bem como a partir de matrizes de variâncias e covariâncias entre médias fenotípicas dos caracteres avaliados de dados provenientes de experimentos com repetições. Comumente, as variáveis originais são transformadas em variáveis padronizadas e não-correlacionadas

igualando-se a matriz de dispersão residual à matriz identidade. A partir de então, o procedimento para a obtenção das variáveis canônicas equivale ao utilizado para a obtenção dos componentes principais (CRUZ, 1990; CRUZ *et al.*, 2004; LIBERATO *et al.*, 1995).

2.5. Análise dialéctica pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita/ Melhor Preditor Linear Não Viesado (REML/BLUP)

O procedimento BLUP (melhor predição linear não viesada) permite estimar valores genéticos dos efeitos aleatórios do modelo estatístico, associado às observações fenotípicas, ajustando-se os dados aos efeitos fixos, por meio de metodologia de modelos mistos (ROCHA *et al.*, 2007). A predição do BLUP presume o conhecimento dos verdadeiros valores dos componentes de variância (GARCIA; NOGUEIRA, 2005). Entretanto, isso não é possível, via equações de modelos mistos. Neste caso, dentre os principais procedimentos para estimação dos componentes de variância, destaca-se o de máxima verossimilhança restrita (REML), proposto por Patterson e Thompson (1971).

O método REML/BLUP permite comparar indivíduos ou variedades através do tempo (gerações, anos) e espaço (locais, blocos). Permite a correção dos efeitos ambientais, a estimação dos componentes da variância e predição de valores genéticos. Além disso, lida com estruturas complexas de dados (medidas repetidas, diferentes anos, locais e delineamentos) e pode ser aplicado a dados desbalanceados e a delineamentos não ortogonais (RESENDE, 2004). A aleatoriedade dos efeitos genotípicos é uma das principais vantagens da metodologia REML/BLUP (RESENDE *et al.*, 2001; YANG, 2007), pois é a única forma de se fazer seleção genética. Caso contrário, se o efeito de genótipo for fixo, faz-se seleção fenotípica (RESENDE, 2004; BORGES *et al.*, 2010), ou seja, com influência dos efeitos do ambiente. Além disso esse método proporciona melhor ponderação para dados desbalanceados, permite melhor ajuste ao conjunto de dados analisados e não é generalizado

Portanto, devido sua versatilidade os procedimentos REML/BLUP podem ser utilizados em várias situações, associadas a diferentes delineamentos experimentais. Também podem ser utilizados em delineamentos mais complexos, como é o caso da análise dialéctica. Isto porque permitem inferências sobre os efeitos aditivos (capacidade geral de combinação) e não aditivos (capacidade específica de combinação), bem como considera o efeito de genótipo como aleatório, o que é essencial ao melhoramento genético (RESENDE, 2004; RESENDE *et al.*, 2001).

REFERÊNCIAS

- ABRAPA. **Estatísticas, o algodão no Brasil**. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-Brasil.aspx>>. Acesso:10/11/2013.
- AGROOLHAR. Exportação de algodão cresce 32,3% em 2012 e Estado ocupa 4ª lugar no ranking. **Agroolhar**. Disponível em:< http://agro.olhardireto.com.br/noticias/exibir.asp?noticia=Exportacao_de_algodao_cresce_323_em_2012_e_ocupa_4_colocacao_com_US_2104_bi&id=3343>. Acesso: 04/02/2013
- BASAL, H., *et al.* Combining ability and heterotic studies through line × tester in local and exotic upland cotton genotypes. **Pakistan Journal of Botany**, v.43, p.1699-1706, 2011.
- BAUER, P. J; FOULK, J. A.; GAMBLE, J. R.; SADLER, E. J. A comparison of two cotton cultivars differing in maturity for within-canopy fiber property variation. **Crop Science**, v.49, p. 651–657, 2009.
- BELTRÃO, N.E. de M.; CARVALHO, L.P. de. **Algodão colorido no Brasil, e em particular no Nordeste e no Estado da Paraíba**. 2004. 18p. Campina Grande: Embrapa Algodão. (Documentos, 128).
- BERGER, G.; HAGUE, S.; SMITH, C. W. Diallel Analysis of Fiber Traits for Extra-Long Staple Cotton Progeny. **Crop Science**, v. 52, p.683–689, 2012.
- BERTAN, I. *et al.* Dissimilaridade genética entre genótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. **Bragantia**, v. 65, p. 55-63, 2006.
- BORDALLO, P. N. *et al.* Análise dialélica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, p.123-127, 2005.
- BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 969 p
- BORGES, V. *et al.* Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, p.643-649, 2010.
- CARVALHO, L. P.; ANDRADE, F. P.; SILVA FILHO, J. L.; Cultivares de algodão colorido no Brasil (Nota Científica). **Revista Brasileira de oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.15, p.37-44, jan./abr. 2011
- CARVALHO, L. P.; SANTOS, J. W. Respostas correlacionadas do algodoeiro com a seleção para a coloração de fibras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 79-83, 2003
- CHEATHAM, C. L. *et al.* Genetic variances and combining ability of crosses of American cultivars, Australian cultivars, and wild cottons. **The Journal of Cotton Science**, v. 7, p.16–22, 2003.

CLEMENT, J. D. *et al.* Negative associations still exist between yield and fibre quality in cotton breeding programs in Australia and USA. **Field Crops Research**, v. 128, p. 1-7, 2012.

CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso: 04/02/2013.

COSTA, M. N. **Análise dialélica das capacidades geral e específica de combinação utilizando técnicas uni e multivariadas e divergência genética em mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

CRUZ C. D.; FERREIRA F. M; PESSONI L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética** . Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620p.

CRUZ, C. D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. Cap. VII, p. 223-375.

DIAS, L. A. S. Análises multidimensionais. **In:** ALFENAS, A.C. (ed.). Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos. Viçosa:UFV, 1998, p. 405-475.

DROESBEKE, J. J.; FINE, J. Analisis en componentes principales. **In:** II Seminario de capacitacion de docentes. 1995. Bruxelles. Anais... Bruxelles: Universidade Central de Venezuela. 1995

DUTT. Y. *et al.* Breeding for high yield and fibre quality in colored cotton. **Plant Breed** n.123, p.145–151, 2004.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV. Imp. Univ. p. 279, 1981.

FREIRE, C. E. Objetivos e métodos usados nos programas de melhoramento do algodão. **In:** O agronegócio do algodão no Brasil. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. cap. 10, p. 299-323.

FREIRE, E. C. Algodão no cerrado do Brasil. Brasília: **Associação Brasileira dos Produtores de Algodão**, 2007. 918 p.

FREITAS, R. T. F. *et al.* Análises dialélica de características de leitegadas de suínos usando-se variáveis canônicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, p. 700-706, 1998.

GARCIA, C. H.; NOGUEIRA, M. C.S. Utilização da metodologia REML/BLUP na seleção de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, p.107-112, 2005.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, v.22, p.439-452, 1966.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**. v. 9, n. 3, p. 463-493, 1956

HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Bethesda, v. 39, p. 789-809, 1954.

HENDERSON, C. R. 1952. Specific and general combining ability. p.352–370. In J.W. Gowen (ed.) *Heterosis: A record of researches directed toward explaining and utilizing the vigor of hybrids*. Iowa State College Press, Ames, IA.

HUA, S., *et al.* Characterization of pigmentation and cellulose synthesis in colored cotton fibers. **Crop Science**, v. 47, p. 1–7, 2007.

KASHIF, M.; KHALIQ, I. Determination of general and specific combining ability effects in a diallel cross of spring wheat. **Pakistan Journal of Biological Sciences**. v.6, n.18, p.1616-1620, 2003.

KHAN, N. U; HASSAN, G. "Genetic effects on morphological and yield traits in cotton (*Gossypium hirsutum* L.)". **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 9, p.460-472, 2011.

LEDO, C. A. da S. **Análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos**. 2002. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

LEDO, C. A. S.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.1214-1221, 2003.

LIBERATO, J. R., *et al.* Técnicas estatísticas de análise multivariada aplicada à fitopatologia. I. Análise de componentes principais, análise canônica e “cluster análise”. **Revisão anual de patologia de plantas**, Passo Fundo, RS, v.3, p.227-281, 1995.

LU, H.; MYER, G. O. Combining abilities and inheritance of yield components in influential Upland cotton varieties. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, p. 384-390, 2011.

MALUF, W. R.; FERREIRA, P. E.; MIRANDA, J. E. C. Genetic divergence in tomatões and its relationship with heterosis for yield in F₁ hybrids. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.3, p.453-460, 1983.

MANLY, B. F. J. **Multivariate statistical methods**. London:Chapman and Hall.1986.

MARTIN, L. K.; HAIGLER, C. H. Cool temperature hinders flux from glucose to sucrose during cellulose synthesis in secondary wall stage cotton fibers. **Cellulose**, v.11, p. 339-349, 2004.

MIRANDA FILHO, J. B. de; GORGULHO, E. P. Cruzamentos com testadores e dialelos. In: NASS *et al.* (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, p.649-671, 2001.

- MIRANDA, J. E. C. de; COSTA, C. P. da; CRUZ, C. D. Análise dialélica em pimentão. I. Capacidade combinatória. **Revista Brasileira de genética**, Ribeirão Preto, v. 11, p. 431- 440, 1988.
- MOHAMMADIOUN, M.; GALLAWAY, M.; APODACA, J. K. An economic analysis of organic cotton as a niche crop in Texas. Austin, TX: Bureau of Business Research, Jan. 1994. 56p.
- MORRISON, D.F. **Multivariate statistical methods**. New York:McGraw-Hill. 1976.
- PATTERSON, H.D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, v.58, p.545-554, 1971.
- QUEIROZ, N. L. *et al.* Capacidade de combinação entre genótipos de algodoeiro de diferentes bases genéticas para características de fibra. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 8.; cotton expo, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, p.1321-1325, 2011.
- RESENDE, M. D.V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas. 2004. (Documentos / Embrapa Florestas; ISSN 1517-526x. ISSN 1679-2599 (CD-ROM); 100).
- RESENDE, M. D.V. *et al.* Estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**, v.60, p.185- 193, 2001.
- ROCHA, M. G. B. *et al.* Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p. 977-987. 2007.
- SAKAGUTI, E. S. **Utilização de técnicas de análise multivariada na avaliação de cruzamentos dialélicos em coelhos**. 1994. 181 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.
- SANTANA, J. C. F. *et al.* O potencial de novas linhagens do algodoeiro arbóreo de fibras coloridas selecionadas no Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro De Algodão, 1., Fortaleza, CE, 30 set.-3 out. 1997. Anais... p.407-410.
- SCAPIM, C. A. *et al.* Análise dialélica e heterose de populações de milho-pipoca. **Bragantia**, Campinas, v.61, p.219-230, 2002
- SILOW, R. A. The inheritance of lint colour in Asiatic cotton. *J. Genet.* v. 46, p. 78 - 115. 1944.
- SOUSA, M. C. M. Produção de algodão orgânico colorido: possibilidades e limitações. *Informações Econômicas*, SP, v.30, n.6, jun. 2000.
- SPRAGUE, G. F.; TATUM, L.A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v.34, p.923-932, 1942.

- VACARO, E. *et al.* Combining ability of twelve maize populations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.37, p.67-72, 2002.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. [Ed.]. **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, p.137-214, 1987.
- VERHALEN, L.M., MURRAY, J.C. A diallel analysis of several fiber property traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Crop Science**, v. 7, p.501-505, 1967.
- WARE, J. O. Inheritance of lint colors in upland cotton. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 24, p. 550-562, 1932.
- WU, J. *et al.* Breeding potential of introgressions into upland cotton: Genetic effects and heterosis. **Plant Breed**, v. 129, p. 526-532, 2010.
- XIAO, Y. H. *et al.* Cotton flavonoid structural genes related to the pigmentation in brown fibers. **Biochem Biophys Res Commun**, v. 358, p. 73-78, 2007.
- YANG, R. C. Mixed-model analysis of crossover genotype environment interactions. **Crop Science**, v.47, p.1051-1062, 2007.
- YUAN, S. *et al.* Physiological and biochemical dissection of fiber development in colored cotton. **Euphytica**, v. 187, p. 215 -226, 2012.
- ZENG, L. *et al.* Germplasm potential for continuing improvement of fiber quality in upland cotton combining ability for lint yield and fiber quality. **Crop Science**, v.51, p.60-68, 2011.
- ZHANG, M. L. *et al.* The relationship between cellulose content and the contents of sugars and minerals during fiber development in colored cotton cultivars. **Cellulose**, v. 19, p. 2003 - 2014, 2012.
- ZHU, S. W. *et al.* Genetic transformation of green-colored cotton. **In Vitro Cellular & Developmental Biology –Plant** , v. 42, p. 439-444, 2006.

Capítulo I:

Identificação de genitores de algodoeiro para produção e qualidade de fibras.

RESUMO

A presença de variabilidade genética é a premissa fundamental para o sucesso de qualquer programa de melhoramento genético. Nesse sentido, a adoção de métodos que sejam capazes de identificar populações divergentes é de suma importância. Desta forma, o presente trabalho foi conduzido com a finalidade de identificar dentro de dois grupos formados por cultivares de algodoeiro de fibra branca e cultivares de fibras coloridas quais são os materiais mais divergentes, qual a contribuição de cada característica para a variabilidade genética disponível e por fim a eficiência das técnicas multivariadas em estudos de divergência genética. O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, sob o delineamento de blocos casualizados com 10 tratamentos, no espaçamento de 1,25 m entre linhas e 0,25 entre plantas e cinco plantas por parcela. Durante a colheita foram coletadas amostras de 20 capulhos de cada tratamento que foram utilizados para avaliação de 12 características tecnológicas da fibra em HVI. Os dados foram submetidos a ANOVA e posteriormente procedeu-se as análises de divergência por meio da D^2 , Tocher e Variáveis canônicas. As cultivares mais divergentes, envolvendo grupos distintos, foi entre a BRS Verde e BRS Buriti, seguidas da BRS Verde e BRS 293. As menores distâncias foram obtidas entre as cultivares de fibra branca. Destaque para as cultivares BRS 286 e BRS 293. As características CSP, %FIB, PAC e PAP foram mais importantes para a divergência genética entre os genitores.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L. Mahalanobis. Variáveis Canônicas.

CHAPTER I

Identification of parents for cotton production and fiber quality.

ABSTRACT

The presence of genetic variability is critical to the success of any breeding program premise. In this sense, the adoption of methods which are able to identify different populations is of paramount importance. Thus, this study was conducted to identify within two groups formed by fiber cotton cultivars and cultivars of white colored fibers which are the most divergent materials, the contribution of each characteristic to the genetic variability available and order efficiency of multivariate techniques in studies of genetic divergence. The experiment was conducted in the experimental field of the Plant Science Department, Federal University of Ceará, Fortaleza, in a randomized complete block design with 10 treatments, spaced 1.25 m between rows and 0.25 between plants and five plants per plot. During harvesting samples from 20 bolls from each treatment were used to evaluate the technological characteristics of the fiber 12 in HVI were collected. Data were analyzed by ANOVA and subsequently proceeded to the analysis of divergence by D^2 , Tocher and canonical variables. The most divergent cultivars, involving different groups, was between the BRS Verde and BRS Buriti, followed by BRS 293 and BRS. Smaller distances were obtained between cultivars of white fiber. Highlight for BRS 286 and BRS 293. CSP. The features CSP, % FIB, PAC and PAP were more important for the genetic divergence between the parents

Key Words: *Gossypium hirsutum* L. Mahalanobis. Canonical variables.

1. INTRODUÇÃO

Os trabalhos de melhoramento genético em algodoeiros com fibras naturalmente coloridas, desenvolvidos pela Embrapa, propiciaram o lançamento de cinco cultivares comerciais (BRS 200, BRS Verde, BRS Rubi, BRS Safira e BRS Topázio). Como resultado, impulsionaram a cadeia produtiva do algodão colorido e beneficiaram agricultores familiares na região Nordeste do Brasil. Nesta região, os agricultores familiares produzem, e comercializam a fibra naturalmente colorida por um preço melhor quando comparado ao algodão branco, uma vez que o colorido é cultivado em base orgânica e agroecológica nessa região. Por esta razão, gera um produto com apelo ecológico, que estimula o nível de consciência ambiental de maneira geral, beneficiando a todos os segmentos da cadeia produtiva (CARVALHO *et al.*, 2011).

No entanto, para que novos cultivares de fibras naturalmente colorida sejam lançados, devem atender as demandas do produtor, das empresas de beneficiamento e da indústria de fiação e tecelagem. Para o produtor, os cultivares devem ser produtivos, uniformes quanto ao porte e ciclo, além de resistentes às principais pragas e doenças. Já para a indústria, o rendimento da pluma extraída do algodão em caroço, deve ser levado em consideração. Para atender tais objetivos, os programas de melhoramento preconizam um rendimento no beneficiamento superior a 40%, peso do capulho superior a 7g e peso de 100 sementes acima de 12g. Já a indústria de fiação e tecelagem exige uma série de atributos físicos da fibra, tais como, comprimento da fibra entre 32 a 34 mm, uniformidade no comprimento acima de 83%, resistência das fibras no mínimo de 27 gf tex⁻¹ (gramas - força por tex) em aparelho HVI (“High Volume Instrument”), finura das fibras na faixa de 3,6 a 4,2 µg/pol² e maturidade das fibras no mínimo de 77% (PENNA, 2005).

Para alcançar tais objetivos, Juhasz *et al.* (2013) mencionaram o uso de cultivares da espécie *G. barbadense* L., como um dos parentais em hibridações específicas. Isso porque é uma espécie de importância na produção de fibras especiais, de alta qualidade. No entanto, isso será possível quando os genitores forem geneticamente divergentes. Assim, os estudos de divergência genética são fundamentais para a identificação dos genitores que poderão produzir as melhores combinações híbridas

Estudos de divergência genética fornecem parâmetros úteis à identificação de genótipos superiores para formação de populações segregantes antes que os cruzamentos ocorram permitindo aos melhoristas concentrarem esforços nas combinações que apresentam maior probabilidade de sucesso (BERTAN *et al.*, 2006; MALUF *et al.*, 1983).

Entre os métodos preditivos de divergência genética que utilizam medidas de dissimilaridade, a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e a distância euclidiana são as mais utilizadas. A primeira necessita de repetições para ser estimada, condição não exigida pela segunda. Por essa razão, a distância euclidiana é bastante utilizada em hibridações de algodoeiro. Isso ocorre devido ao grande número de híbridos avaliados, os dados são coletados, geralmente no campo, em fileiras simples e sem repetições, como é o caso de dados oriundos de banco ativos de germoplasma (CARVALHO *et al.*, 2003).

Outras técnicas de análise multivariada, tais como, análise de componentes principais e variáveis canônicas, também são opções viáveis em estudos de diversidade genética. Permitem múltiplas combinações de informações dentro de uma unidade experimental (MOREIRA *et al.*, 2009). Além disso podem ser associadas a métodos preditivos de divergência genética, tais como, a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e a distância euclidiana. A associação entre essas técnicas multivariadas está sendo bastante utilizada no melhoramento de plantas, principalmente por se basear em características morfológicas e fisiológicas dos genótipos e, especialmente, quando o número de genitores é elevado (CARVALHO, *et al.*, 2003). O uso destas técnicas facilita a visualização da divergência genética através da projeção das distâncias genéticas em espaços n-dimensionais (2D e 3D). Possibilita também a avaliação da importância de cada caráter estudado sobre a variação total disponível entre os genótipos estudados (CRUZ *et al.*, 2011).

Diante do exposto, o presente trabalho foi conduzido com a finalidade de identificar entre genitores de algodoeiro de fibra branca e colorida aqueles com potencial para produção de híbridos de fibras coloridas promissores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material genético

Foram utilizados dez cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) como parentais. Estes foram divididos em dois grupos: o primeiro composto por seis cultivares de fibra branca e o segundo por quatro cultivares de fibra colorida (TABELA 1). Essas cultivares foram obtidas por meio da cooperação entre a Universidade Federal do Ceará (UFC) e a Embrapa Algodão. Foram escolhidos por apresentarem diferentes origens genéticas e características agronômicas e de qualidade de fibra distintas.

Tabela 1 – Identificação e cor da fibra das cultivares de algodoeiro herbáceo utilizadas no experimento. Fortaleza-CE, 2013.

Tratamento	Identificação	Cor da fibra
1	BRS Verde	Verde
2	BRS Rubi	Marrom
3	BRS Safira	Marrom
4	BRS Topázio	Marrom
5	BRS Acácia	Branca
6	BRS Araripe	Branca
7	BRS Buriti	Branca
8	BRS Seridó	Branca
9	BRS 286	Branca
10	BRS 293	Branca

2.2 Caracterização do ambiente

O experimento foi instalado no mês de novembro de 2012, conduzido em sistema de irrigação por aspersão, em solo arenoso, no *Campus* do Pici, da UFC, município de Fortaleza-CE. O clima da região é do tipo Aw (tropical chuvoso), conforme classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26 °C, sendo a máxima de 34 °C e a mínima de 21 °C. A precipitação média anual é de 1.600 mm, com época mais seca ocorrendo no inverno, verificando-se o máximo de chuvas no outono (INMET, 2008).

2.3 Caracterização do experimento

Utilizou-se o delineamento em blocos completos casualizados, com cinco repetições, 10 tratamentos (genitores) e 5 plantas por parcelas, no espaçamento de 1,25 m entre linhas e 0,25 m entre plantas. Durante o período da colheita foram coletados 20 capulhos por tratamento, todos retirados na região mediana das plantas. Após a colheita as amostras foram identificadas e encaminhadas ao laboratório de tecnologia de fibras da Embrapa Algodão, localizado em Campina Grande, Paraíba. Foram avaliados os caracteres agrônômicos e tecnológicos das fibras em HVI: Peso do Algodão em Carotoço (PAC), Peso do Algodão em Pluma (PAP) em gramas, Percentagem de fibras (%FIB), Peso Médio do Capulho (PMC) em gramas, Comprimento de fibra (UHM) em milímetros, Uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI) em percentagem, Resistência de fibra (STR) em gf/tex, Elongamento (ELG) em percentagem, Micronaire (MIC) em $\mu\text{g/in}$, Maturidade (MAT) e Índice de fiabilidade (CSP).

2.4 Análise dos dados

Primeiramente os dados foram submetidos ao teste de Lilliefors, que verifica a normalidade da distribuição dos erros e ao teste de Bartlett, para verificar a homogeneidade das variâncias residuais entre as cultivares (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Todas as análises genético-estatísticas utilizadas neste trabalho foram realizadas com a utilização do programa GENES (CRUZ, 2011).

O modelo estatístico empregado foi o seguinte:

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

onde:

Y_{ij} : valor observado na i-ésima cultivar no j-ésimo bloco;

μ : média geral do ensaio;

g_i : efeito da i-ésima cultivar;

b_j : efeito do j-ésimo bloco;

ε_{ij} : efeito residual da i-ésima cultivar no j-ésimo bloco.

O esquema da análise de variância pode ser observado na Tabela 2. Os valores de cada parcela para a análise de variância correspondem aos dados de cinco plantas amostradas por parcela.

Tabela 2. Esquema da análise de variância segundo delineamento de blocos casualizados, com respectivas esperanças dos quadrados médios, ao nível de média por parcela.

F V	G L	S Q	Q M	F	E (Q.M.)
Bloco	r - 1	SQB	QMB	QMT/QMR	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Genótipo	g - 1	SQT	QMT		$\sigma^2 + r\phi_g$
Resíduo	(r - 1)(g - 1)	SQR	QMR		σ_e^2
Total	Gr - 1	SQT _o			
Média	M				
CV %	$(100\sqrt{QMR})/m$				

$\phi_g = \frac{\sum_i g_i^2}{t} - 1$: diferencial genético; σ_e^2 : variância do erro experimental; obs: o efeito devido a repetição foi considerado aleatório e o efeito de tratamento, fixo.

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey e os parâmetros genéticos estimados a partir das equações:

$$\phi_f = \frac{QMT}{r}$$

$$\phi_g = \frac{QMR - QMT}{r}$$

$$\sigma_e^2 = QMR$$

$$H^2 = \left(\frac{\hat{\phi}_g}{\hat{\phi}_f}\right) \cdot 100$$

$$CV_g \% = \frac{(100\sqrt{\hat{\phi}_g})}{m}$$

$$CV_e \% = \frac{(100\sqrt{\sigma_e^2})}{m}$$

$$b = \frac{CV_g}{CV_e}$$

Onde: ϕ_f – componente quadrático associado aos efeitos fenotípicos; QMT – quadrado médio do tratamento; r – número de blocos; ϕ_g – componente quadrático associado aos efeitos genotípicos; QMR – quadrado médio do resíduo; σ^2_e – variância ambiental; H^2 – coeficiente de determinação genotípico; CV_g – coeficiente de variação genética; CV_e – coeficiente de variação experimental; m – média; b – relação entre o CV_g e o CV_e .

2.4.1. Análise de agrupamento

Para a formação de grupos com diferentes graus de dissimilaridades, foi utilizado o método de agrupamento por otimização de Tocher a partir da matriz de dissimilaridade, com base na distância generalizada de Mahalanobis. Foi realizada também a dispersão gráfica dos genitores em relação as variáveis canônicas envolveram um mínimo de 80% da variação disponível, conforme Cruz *et al.* (2004).

2.4.2. Importância relativa dos caracteres

A identificação das características com maior contribuição para a divergência genética entre os genótipos, foi realizada segundo o método de Singh (1981) e pelo método das variáveis canônicas. O primeiro método, considera de menor importância as características que apresentam menor variabilidade ou que estão correlacionadas com outras. Pelo segundo método, as características consideradas de menor importância para o estudo da divergência genética são aquelas que apresentam os maiores pesos nos últimos autovetores (CRUZ *et al.*, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de divergência univariada

Foram detectadas diferenças significativas entre os genitores em todas as características avaliadas. Na Tabela 3, verificou-se que todos os genitores produtores de fibras brancas foram superiores àqueles de fibras coloridas em toda as características de produção. Todavia, verificou-se também que os genitores de fibras coloridas BRS Verde e BRS Topázio apresentaram desempenho semelhante ao observado nos genitores de produtores de fibras brancas.

Em todas as características de produção verificou-se baixos valores dos coeficientes de variação experimental (CV%), isto demonstra uma boa precisão dos dados experimentais. Principalmente para a característica percentagem de fibra (%FIB), a qual apresentou o menor valor de CV%. Com relação aos parâmetros genéticos estimados, verificou-se a presença de valores de variabilidade genética (CVg%) acima de 10%. Destaque para a características peso de algodão em pluma (PAP) com valor de CVg% acima de 30%.

A superioridade da variabilidade genética (ϕ_g), frente a variabilidade ambiental (σ_e^2), indica que o desempenhos dos genitores é decorrente de sua carga genética, o que é comprovado pelos valores da relação CVg/CVe superiores a uma unidade, e pelos elevados valores do coeficiente de determinação genotípico (H_g^2). Assim, é possível que o cruzamento dos melhores genitores de fibra branca com os de fibras coloridas mais divergentes poderá gerar híbridos produtores de fibras coloridas superiores.

Tabela 3 – Média, Coeficiente de variação (CV), Coeficiente de variação genético (CVg), e razão CVg/CVe; Componente quadrático associado aos efeitos genéticos (ϕ_g); Variância ambiental (σ_e^2) e Coeficiente de determinação genotípico (H_g^2) das variáveis das características de produção do algodão: Peso de algodão em caroço (PAC); Peso médio de algodão em pluma (PAP); Percentagem de fibra (%FIB); Peso médio de capulho (PMC), avaliadas em dez cultivares de algodão. Fortaleza-CE, 2013.

Genitor	PAC (g)	PAP (g)	%FIB	PMC (g)
BRS Verde	80,48ab	21,94b	27,42d	4,02ab
BRS Rubi	51,86c	16,9b	33,18c	2,56c
BRS Safira	65,48bc	21,52b	33,20 c	3,28bc
BRS Topázio	82,42ab	33,36a	40,46a	4,12ab
BRS Acácia	95,70a	34,02a	35,50 b	4,78a

Continua

Tabela 3 – Média, Coeficiente de variação (CV), Coeficiente de variação genético (CVg), e razão CVg/CVe; Componente quadrático associado aos efeitos genéticos (ϕ_g); Variância ambiental (σ_e^2) e Coeficiente de determinação genotípico (H_g^2) das variáveis das características de produção do algodão: Peso de algodão em caroço (PAC); Peso médio de algodão em pluma (PAP); Percentagem de fibra (%FIB); Peso médio de capulho (PMC), avaliadas em dez cultivares de algodão. Fortaleza-CE, 2013.

Genitor	PAC (g)	PAP (g)	%FIB	PMC (g)
BRS Araripe	93,16a	36,28a	38,98a	4,64a
BRS Buriti	96,26a	38,38a	39,94a	4,80a
BRS Seridó	90,70a	32,98a	36,34b	4,52a
BRS 286	91,40a	35,84a	39,22a	4,0 a
BRS 293	89,84a	36,24a	40,40a	4,48a
CV(%)	10,70	9,89	2,04	10,82
CVg(%)	16,66	24,37	11,59	16,79
CVg/CVe	1,56	2,47	5,67	1,55
ϕ_g	194,51	56,15	17,85	0,50
σ_e^2	80,22	9,24	0,56	0,20
H_g^2	92,38	96,81	99,38	92,33

*Médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4, verificou-se uma maior variabilidade nas características de qualidade da fibra, no entanto, todos os genitores produtores de fibras brancas também foram superiores àqueles de fibras coloridas. Em todas as características de qualidade foram observados baixos valores nos coeficientes de variação experimental (CV%), inferiores a 10%. Isto demonstra uma boa precisão dos dados experimentais, segundo Pimentel Gomes (2000).

Com relação aos parâmetros genéticos estimados, percebeu-se a superioridade da variabilidade genética (ϕ_g), frente a variabilidade ambiental (σ_e^2), isto indica que o desempenho dos genitores em relação as características avaliadas é decorrente de sua carga genética, comprovado pelos valores da relação CVg/CVe superiores a uma unidade, e pelos elevados valores do coeficiente de determinação genotípico (H^2). Deste modo, o cruzamento dos melhores genitores de fibra branca com os de fibras coloridas mais divergentes poderá melhorar as características qualitativas das fibras de algodoeiros produtores de fibras coloridas.

Tabela 4 – Média, coeficiente de variação (CV), Coeficiente de variação genético (CVg), e razão CVg/CVa; Componente quadrático associado aos efeitos genéticos (ϕ_g); Variância ambiental (σ_e^2) e Coeficiente de determinação genotípico (H_g^2) das 10 características tecnológicas da fibra do algodão em HVI: Comprimento da fibra, em mm, (UHM); Uniformidade das fibras (UNF); Índice de fibras curtas (UNF); Resistência das fibras (STR); Alongamento à ruptura da fibra (ELG); Índice de micronaire (MIC); Maturidade da fibra (MAT); Índice de fiabilidade (CSP), avaliadas em dez cultivares de algodão. Fortaleza-CE, 2013.

Genitor	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	CSP
BRS Verde	25,26d	81,08b	10,48b	21,24d	4,38bc	2,66d	0,8b	2044,42c
BRS Rubi	21,40e	81,26b	12,66a	21,12d	5,06ab	4,24ab	0,9a	1498,78d
BRS Safira	22,14e	80,52c	12,06a	24,92c	5,60a	3,46c	0,82b	1862,84cd
BRS Topázio	27,32c	82,06b	9,74c	24,82c	4,08cd	3,84bc	0,9a	2215,68c
BRS Acácia	32,62a	84,96a	6,14d	35,38a	3,56ef	3,60bc	0,88a	3469,26a
BRS Araripe	28,68b	84,60a	7,26d	31,52b	3,78de	4,24ab	0,9a	2839,04b
BRS Buriti	29,70b	84,54a	7,18d	33,48a	3,24f	4,72a	0,9a	2913,78b
BRS Seridó	29,38b	85,50a	6,76d	34,02a	3,48ef	3,94bc	0,9a	3184,26ab
BRS 286	28,42b	85,08a	6,84d	33,08a	4,8bc	3,96bc	0,9a	3031,42b
BRS 293	28,18b	84,76a	6,96d	33,32a	4,9ab	4,24ab	0,9a	2944,56b
CV(%)	3,44	0,71	7,96	4,62	6,73	7,21	2,24	6,40
CVg(%)	12,59	2,31	27,78	19,04	18,06	14,1	4,17	24,72
CVg/CVe	3,66	3,26	3,49	4,12	2,68	1,96	1,86	3,86
ϕ_g	11,81	3,71	5,72	31,10	0,56	0,30	0,00	413332,96
σ_e^2	0,88	0,35	0,47	1,83	0,08	0,78	0,00	27710,34
H_g^2	98,53	98,16	98,38	98,84	97,3	95,04	94,53	98,68

*Médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

As estimativas da distância generalizada de Mahalanobis (D^2), entre as cultivares, encontram-se na Tabela 5. Verifica-se uma ampla variabilidade genética, e as distâncias apresentaram magnitude de 17,87 a 893,64 para as cultivares estudadas.

Tabela 5 – Estimativas das distâncias de Mahalanobis entre 10 cultivares de algodão herbáceo dos grupos branco e grupo colorido. Fortaleza-CE, 2013.

Cultivar	Rubi	Safira	Topázio	Acácia	Araripe	Buriti	Seridó	286	293
Verde	174,42	282,36	620,16	528,31	640,20	893,64	503,72	648,77	806,06
Rubi	-	95,71	350,50	348,45	343,24	515,91	280,34	341,76	427,53
Safira		-	235,54	313,48	260,55	396,75	277,67	250,54	293,30
Topázio			-	181,79	63,50	111,74	163,27	133,90	123,74
Acácia				-	69,34	120,05	38,59	112,20	140,35
Araripe					-	33,07	41,34	47,27	43,30
Buriti						-	98,94	124,75	86,07
Seridó							-	82,54	117,92
286								-	17,87
293									-

As cultivares mais divergentes, envolvendo grupos distintos, foi entre a BRS Verde e BRS Buriti, seguidas da BRS Verde e BRS 293. As menores distâncias foram obtidas entre as cultivares de fibra branca. Destaque para as cultivares BRS 286 e BRS 293, seguida pelas BRS Araripe e BRS Buriti, o que indica maior similaridade entre estas cultivares. Esses resultados indicam que os cruzamentos entre cultivares de fibra branca e de fibras coloridas poderão gerar populações com um bom nível de variabilidade genética e, conseqüentemente, aumentar a probabilidade de ganhos genéticos com a seleção de genótipos de fibra colorida de boa qualidade.

Uma vantagem adicional do estudo da divergência genética por meio da técnica multivariada de quantificação da distância de Mahalanobis (D^2), é a possibilidade de quantificar a importância relativa de cada característica avaliada para a diversidade genética. Isto é feito pela avaliação da contribuição destes para os valores de D^2 (TABELA 6), segundo o método proposto por Singh (1981).

Tabela 6 – Importância relativa das características agrônômicas e de qualidade de fibra de algodão para estudo da diversidade genética entre 10 genitores de algodão herbáceo. Fortaleza-CE, 2013

Características*	Sj	Sj(%)
PAC	7186,07	12,70
PAP	7124,76	12,59
%FIBR	8857,02	15,66
PMC	2801,96	4,95
UHM	3213,99	5,68
UNF	2785,36	4,92
SFI	770,54	1,36
STR	5167,02	9,13
ELG	1050,09	1,86
MIC	2631,62	4,65
MAT	532,09	0,94
CSP	14451,36	25,55

*Peso do Algodão em Carço (PAC), Peso do Algodão em Pluma (PAP) em gramas, Percentagem de fibras (%FIB), Peso Médio do Capulho (PMC) em gramas, Comprimento de fibra (UHM) em milímetros, Uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI) em percentagem, Resistência de fibra (STR) em gf/tex, Elongamento (ELG) em percentagem, Micronaire (MIC) em $\mu\text{g/in}$, Maturidade (MAT) e Índice de fiabilidade (CSP)

De modo geral, observa-se que as características tecnológicas da fibra apresentaram baixas contribuições para a divergência entre os genótipos. Exceção para as características CSP e STR que representam 34% da variação total. Essas características da fibra são importantes para a indústria têxtil, pois segundo Santana *et al.* (1998), estão correlacionadas com as características físicas do fio. O índice de fiabilidade é uma característica da resistência dos fios, em especial de fios de rotor open-end, que depende, essencialmente, da resistência das fibras individuais.

Entre as características de produção, a porcentagem de fibra (FIB%), peso de algodão em carço (PAC) e peso de algodão em pluma (PAP) apresentaram contribuições relevantes para a divergência genética, juntas respondem por 40,95% da variação total. Entre estas a FIB% é a característica mais importante para o produtor, pois é o componente da produção comercializado com maior valor econômico (CARVALHO *et al.*, 2005). Assim, entre as características estudadas, a %FIB, a PAC, a PAP, a CSP e a STR são as mais eficientes para explicar a dissimilaridade entre as cultivares. Neste sentido, devem ser priorizadas em estudos de dissimilaridade cujo objetivo seja o desenvolvimento de cultivares de algodão de fibra

colorida que atendam tanto as necessidades dos produtores como também das indústrias de fiação.

A análise de agrupamento pelo método de Tocher, baseada na matriz da distância generalizada de Mahalanobis, separou os 10 cultivares em três grupos distintos (TABELA 7). A formação desses grupos representa uma valiosa informação na escolha de genitores dentro de um programa de melhoramento, pois as novas combinações híbridas a serem estabelecidas devem ser embasadas na magnitude de suas dissimilaridades (BERTAN *et al.* 2006; BERTINEZ *et al.* 2011). Assim, a realização de novos cruzamentos entre os genótipos identificados como mais divergentes, poderá trazer resultados mais expressivos, visto que permitirão a capitalização da variabilidade genética em populações segregantes.

Tabela 7 – Grupos das cultivares estabelecidas pelo método de agrupamento de Tocher, com base na dissimilaridade expressa pela distância de Mahalanobis (D^2). Fortaleza-CE, 2013.

Grupos	Cultivares
1	BRS 286, BRS 293, BRS Araripe, BRS Seridó, BRS Buriti, Acácia e BRS Topázio
2	BRS Rubi, BRS Safira
3	BRS Verde

O grupo 1 é composto quase que exclusivamente pelos genótipos de fibra branca, com exceção da cultivar de fibra marrom BRS Topázio. Nesse grupo é observado também o menor valor de dissimilaridade ($D^2 = 17,87$). Este grupo é composto de cultivares superiores quanto as característica de fibra, em relação às coloridas. Isso porque foram submetidas ao processo de melhoramento genético por mais tempo. A BRS Topázio, apesar de possuir fibras coloridas, também é muito superior às outras coloridas, permanecendo, portanto, no grupo I.

O grupo 2 por sua vez é composto pelas cultivares de fibra marrom (BRS Rubi e BRS Safira) que apresentaram o valor de D^2 igual a 95,71. Esses dois cultivares apresentam comportamentos semelhantes possivelmente por terem sido derivadas de uma cultivar de fibra marrom oriunda dos EUA (EMBRAPA, 2009). O grupo 3 é composto apenas pela cultivar BRS Verde. Essa cultivar apresentou os maiores valores de divergência genética entre todas as combinações envolvendo as cultivares de fibra branca com as cultivares de fibra colorida. Portanto, entre todas as cultivares de fibra colorida, o cruzamento dessa cultivar as cultivares

de fibra branca poderá gerar populações com elevada variabilidade genética, principalmente quando cruzado com o BRS Buriti ($D^2 = 893,64$).

3.2. Variáveis canônicas

Os escores das cinco primeiras variáveis canônicas e a percentagem de sua variância acumulada, encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Escores dos progenitores em relação às cinco primeiras variáveis canônicas. Fortaleza-CE, 2013.

Genitor	Variável canônica				
	1	2	3	4	5
BRS Verde	-171,85	71,01	235,80	-35,22	-860,24
BRS Rubi	-164,38	64,36	239,08	-28,06	-862,78
BRS Safira	-160,57	59,96	237,97	-31,76	-856,28
BRS Topázio	-148,99	62,94	230,83	-34,54	-861,87
BRS Acácia	-149,66	73,43	237,69	-32,57	-857,68
BRS Araripe	-147,04	67,25	236,27	-32,11	-860,78
BRS Buriti	-142,84	67,37	234,49	-29,26	-859,06
BRS Seridó	-150,15	71,90	238,43	-30,56	-861,12
BRS 286	-147,78	65,62	241,90	-35,20	-861,45
BRS 293	-144,91	63,86	240,92	-34,11	-860,33
Variância ^a	68,64	82,71	90,55	95,29	98,28

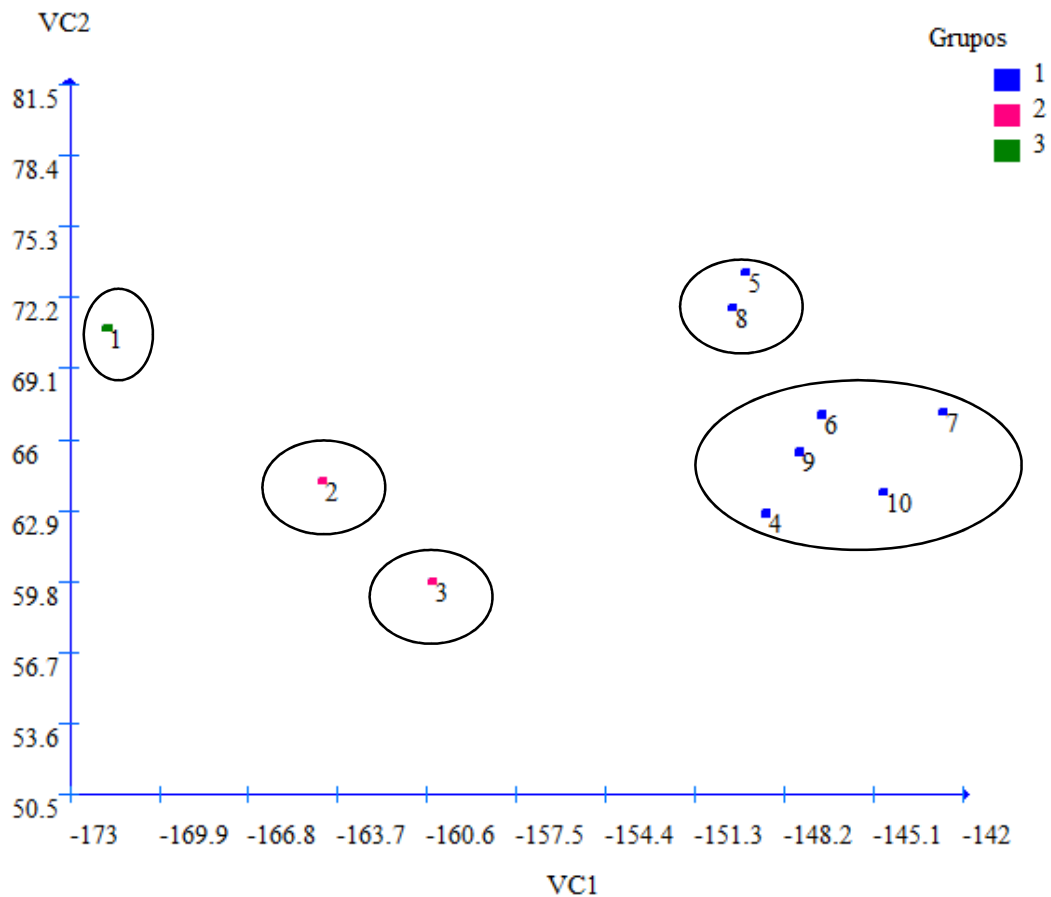
Distorção da projeção $1 - \alpha = 17,29\%$

a – Percentual de variância acumulada nas primeiras variáveis canônicas;

α – Percentual de variância acumulada na segunda variável canônica.

Verifica-se que as duas primeiras variáveis canônicas explicam 82,71% da variação total. Cruz *et al.*, (2011) recomendam a dispersão gráfica bidimensional quando um mínimo de 80% da variância total for atribuída às primeiras variáveis canônicas. Assim as variáveis originais poderão ser substituídas por esses componentes sem grandes perdas de informações. O baixo valor de distorção da projeção da dissimilaridade (17,29%) confirma a viabilidade do estudo de dissimilaridade das 10 cultivares com base nos escores das duas variáveis canônicas (Figura 1).

Figura 1. Dispersão dos escores dos genitores de algodão em relação às duas primeiras variáveis canônicas, associada aos grupos formados pelo método de aglomeração de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis



É possível verificar o grau de distorção das distâncias gráficas em relação ao eixo que representam as duas primeiras variáveis canônicas, comparando o seu total com o total das distâncias D^2 . Considera-se que a projeção de medidas de dissimilaridade com base nos escores das duas variáveis canônicas em espaços dimensionais (2D ou 3D) é satisfatória quando seu grau de distorção e estresse são inferiores a 20% (CRUZ *et al.*, 2011).

Nesse sentido, houve uma ligeira diferença nos grupos formados, quando comparado ao método de aglomeração de Tocher. Isso porque foram formados cinco grupos ao invés de três. Nesse caso, verificou-se uma divisão dos genitores do grupo I em 2 novos grupos, bem como a separação dos genitores do grupo II. Notou-se que, à semelhança do resultado encontrado pelo método de Tocher, nessa nova formação o cultivar BRS Topázio foi mantida no mesmo grupo das cultivares de fibra branca.

A cultivar BRS Topázio encontra-se muito próximo dos cultivares de fibra branca possivelmente em função do seu alto desempenho comparável aos cultivares de fibra branca utilizado neste ensaio. Este cultivar apresenta fibra marrom-clara, é derivada do cruzamento entre as cultivares Suregrow 31 e Delta Opal. Além do mais, destaca-se por possuir alta porcentagem de fibra (43,5%), alta uniformidade (85,2%) e alta resistência (31,9 gf/tex), conferindo excelentes características, comparável às cultivares de fibras brancas e superior às demais cultivares de fibras coloridas (EMBRAPA, 2009). Percebe-se então que a técnica multivariada das variáveis canônicas foi mais eficiente do que a D^2 o método de aglomeração de Tocher para discriminar a divergência genética entre as cultivares de fibras brancas e coloridas utilizadas nesse ensaio.

À semelhança do que foi observado usando D^2 como medida de dissimilaridade e o método de Tocher, o cultivar BRS verde foi o genitor que mais se distanciou dos grupos, principalmente do grupo formado pelos genótipos de fibra branca (Figura 1). Por outro lado, as cultivares de fibra colorida BRS Rubi e BRS Safira mesmo permanecendo isoladas ainda ficaram próximas, uma da outra. Possivelmente por terem o mesmo genitor, um material dos EUA que apresenta fibra de cor marrom escura. Esse genótipo foi cruzado com dois cultivares de fibra branca do Brasil, CNPA 87-33 e CNPA7.

A partir desses cruzamentos iniciou-se um programa de seleção genealógica com o objetivo de identificar linhagens possuidoras de fibra de coloração marrom escura ou marrom telha com boas características tecnológicas de fibra e com boa produtividade. Após vários ciclos, foram selecionadas algumas linhagens com fibra marrom escura que participaram de ensaios comparativos de rendimento em vários locais da região Nordeste, por dois anos (EMBRAPA, 2009).

De modo geral, ao avaliar a divergência genética das dez cultivares, com base nos escores das duas primeiras variáveis canônicas, verifica-se que os cruzamentos entre cultivares de fibra branca com cultivares de fibra colorida com maior possibilidade de ganho genético, serão aqueles realizados entre as cultivares BRS Araripe, BRS Buriti, BRS 286 e BRS293 com as cultivar BRS Verde.

A importância relativa das variáveis canônicas para a divergência é observada na Tabela 9. Adotando a metodologia de Cruz *et al.* (2011), ou seja, descartar com base nas últimas variáveis canônicas que representam menos de 10% da variação total, constata-se que seria recomendado o descarte destas cinco características, a seguir: CSP, PAP, PAC e PMC. Dessa forma, percebe-se que as referidas características não são importantes para o estudo de divergência genética entre os genitores utilizados no presente trabalho. A seleção destas

características poderá ser efetuada indiretamente, pois segundo a metodologia aplicada o seu descarte ocorre em função da correlação dessas características com as demais que apresentam maiores contribuições para a divergência genética entre os genitores. Assim, é possível a seleção dos melhores genitores de maneira mais simples com um menor número de características a serem avaliadas.

Comparando a importância desses caracteres com os dados da Tabela 6, percebe-se que não há concordância entre as metodologias no que se refere ao descarte das características de menor importância para a diversidade genética entre os genitores. Percebeu-se que, a exceção da %FIB, na metodologia das variáveis canônicas as características de menor importância para o estudo da divergência, foram aquelas que apresentaram as maiores contribuições para a divergência genética, pela metodologia de Singh (1981).

Carvalho (1993) ao avaliar a divergência genética de diferentes genótipos de algodão também constatou desarmonia ao estimar a importância relativa das características avaliadas em seu experimento, com as metodologias em questão. Para determinar quais características poderiam realmente ser descartadas, o autor adotou como critério o descarte das características com menor contribuição para variabilidade genética e que estavam correlacionadas com outras características já previamente descartadas.

Então, utilizando esse critério, verificou-se que no CSP não será descartada, pois apresentou o maior valor de variabilidade genética entre as demais características (TABELA 4). Além do mais, o CSP é uma importante característica, pois representa os índices de fiabilidade das fibras e o índice de resistência e tecibilidade dos fios a serem fiados e tecidos (SESTREM, 2007; LIMA *et al.*, 2007). Dessa forma, essa característica não deve ser descartada.

A característica PMC poderá ser descartada, uma vez que apresentou um dos menores valores de variabilidade genética (TABELA 3) e baixa contribuição para divergência genética (TABELA 6). Isto quer dizer que a sua utilização para caracterizar a divergência entre as cultivares avaliadas nesse experimento seria redundante. Já as características PAC e PAP podem ser mantidas, pois mesmo sendo sugeridas para descarte pela metodologia das variáveis canônicas, as referidas características apresentaram valores elevados de Φ_g (TABELA 3). Desta forma, para estudar a divergência genética dos cultivares avaliados neste ensaio, a utilização das características: CSP, PAC, PAP e %FIB, será suficiente.

Tabela 9 – Estimativas dos coeficientes que expressam a importância relativa das características: Peso do Algodão em Carvão (PAC), Peso do Algodão em Pluma (PAP) em gramas, Percentagem de fibras (%FIB), Peso Médio do Capulho (PMC) em gramas, Comprimento de fibra (UHM) em milímetros, Uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI) em percentagem, Resistência de fibra (STR) em gf/tex, Elongamento (ELG) em percentagem, Micronaire (MIC) em µg/in, Maturidade (MAT) e Índice de fiabilidade (CSP), para estudo da divergência entre cultivares de algodoeiro de fibra branca e colorida. Fortaleza-CE, 2013.

VC	PAC	PAP	%FIBR	PMC	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	CSP
VC1	6,69	-3,52	1,88	-2,64	-1,34	-1,90	0,47	-1,50	-0,20	2,38	-0,53	5,15
VC2	2,35	-1,87	-0,28	-1,08	0,33	0,54	-0,05	-1,26	-0,48	0,65	0,06	1,59
VC3	-11,29	3,65	-1,21	6,56	1,13	2,09	-1,01	2,17	1,05	-1,19	0,24	-4,32
VC4	5,09	-2,90	0,27	-2,62	-0,55	-0,50	0,65	0,40	-0,63	1,32	0,17	0,89
VC5	0,94	-1,16	0,11	0,56	-4,64	-6,46	0,59	-6,28	0,07	5,87	-0,41	15,64
VC6	-0,99	-0,22	-0,18	0,57	-3,95	-6,25	0,69	-8,69	0,77	6,82	0,51	17,70
VC7	-5,86	-2,44	0,61	8,18	1,66	2,29	0,48	2,85	-0,25	-2,36	-0,03	-5,56
VC8	-16,46	2,61	-0,59	13,79	1,49	1,51	0,21	1,57	0,03	-0,94	-0,23	-3,73
VC9	6,11	-2,15	0,50	-3,91	5,55	6,07	0,09	7,99	0,12	-5,86	-0,42	-16,99
VC10	3,48	-2,89	0,50	0,16	-0,53	-0,53	0,41	-0,90	0,13	0,86	0,14	1,92
VC11	0,80	-4,77	0,86	4,18	-0,33	-0,59	-0,51	-0,24	-0,01	0,52	0,15	0,54
VC12	1,88	2,02	-0,54	-3,25	2,93	2,77	-0,25	5,29	0,03	-3,97	0,81	-10,27

4. CONCLUSÕES

1. As cultivares mais divergentes, envolvendo grupos distintos, foram a BRS Verde e BRS Buriti, seguidas da BRS Verde e BRS 293.

2. As menores distâncias foram obtidas entre as cultivares de fibra branca

3. As características: Índice de fiabilidade (CSP), Percentagem de fibra (%FIB), Peso de algodão em caroço (PAC) e Peso do algodão em pluma (PAP) foram mais importantes para a divergência genética entre os genitores avaliados.

REFERÊNCIAS

- BERTAN, I. *et al.* Dissimilaridade genética entre genótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. **Bragantia**, v. 65, p. 55-63, 2006.
- BENITEZ, L. C. *et al.* Análise multivariada da divergência genética de genótipos de arroz sob estresse salino durante a fase vegetativa. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 409-416, 2011
- CARVALHO, L. P. *et al.*. Seleção massal e porcentagem de fibra em cultivar de algodoeiro colorido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, 2005.
- CARVALHO, L. P.; ANDRADE, F. P.; SILVA FILHO, J. L.; CULTIVARES DE ALGODÃO COLORIDO NO BRASIL (NOTA CIENTÍFICA). **Revista brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.15, p.37-44, 2011.
- CARVALHO, L.P.; LANZA, M.A.; FALLIERI, J.; SANTOS, J.W. Análise da diversidade genética entre acessos de banco ativo de germoplasma de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1149-1155, 2003.
- CARVALHO, L. P.; SANTOS, J. W. Respostas correlacionadas do algodoeiro com a seleção para a coloração de fibras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 79-83, 2003.
- CARVALHO, L. P. **Divergência genética e análise dialéctica em *Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.** 1993. 203 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Viçosa, 1993
- CRUZ C .D; FERREIRA FM; PESSONI LA. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética** . Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. Cap. VII, p. 223-375.
- EMBRAPA. **Algodão colorido**: "Tecnologia Embrapa para a geração de emprego e renda na agricultura familiar do Brasil" (folder). 2009. Disponível em: [http:// www. infoteca. cnptia. embrapa. br /handle/doc/906449](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/906449). Acessado em: 15/09/2013.
- MALUF, W. R.; FERREIRA, P. E.; MIRANDA, J. E. C. Genetic divergence in tomatoes and its relationship with heterosis for yield in F₁ hybrids. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.3, p.453-460, 1983.
- MOREIRA, R. M. P et al. Potencial agrônomico e divergência genética entre genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, suplemento 1, p. 1051-1060, 2009.
- INSTITUTO NACIONAL De METEOROLOGIA - Inmet. **Clima. Normais climatológicas**. Fortaleza -2008. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em 13 de janeiro de 2014.

JUHASZ *et al.* Variabilidade genética de populações oriundas do cruzamento de algodão branco e colorido para melhoria de qualidade de fibra no norte de Minas Gerais.

Revista Agrarian, Dourados, v.6, p.368-375, 2013.

PENNA, J.C.V. Melhoramento do algodão. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2 ed. Viçosa: UFV, p.15-54, 2005.

SANTANA, João C. Farias de *et al.* Características tecnológicas da fibra com ênfase na fiabilidade de cultivares de algodão herbáceo do Mercosul. **Revista brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, PB, v. 2, p. 157-161, 1998.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

SESTREN, J. A.; LIMA, J. J. Característica e classificação da fibra de algodão. In: FREIRE, E.C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: ABRAPA, 2007. p.765-82

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, New Delhi, v. 41, n. 1, p. 237–245, 1981.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3rded. New York: McGraw Hill Book, 666 p.,1997.

Capítulo II:

Controle genético dos componentes da produção e qualidade de fibra do algodoeiro por meio da metodologia REML/BLUP.

RESUMO

Nos últimos anos a produção de algodão colorido ganhou destaque com a abertura de um nicho de mercado por produtos ecologicamente corretos, passando a ser uma alternativa rentável para produtores em algumas regiões do Nordeste, principalmente no Estado da Paraíba. Contudo, os cultivares que já existem no Brasil ainda são inferiores aos cultivares de fibras brancas. Esse trabalho foi conduzido com o propósito de estimar os componentes de variância e os parâmetros genéticos gerados pela análise dialélica parcial envolvendo o cruzamento de cultivares de fibras coloridas com cultivares de fibras brancas pelo método REML/BLUP. O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, sob o delineamento de blocos casualizados com 14 tratamentos, no espaçamento de 1,25 m entre linhas e 0,25 entre plantas e cinco plantas por parcela. As seguintes características foram avaliadas: peso do algodão em caroço (PAC), peso do algodão em pluma (PAP), percentagem de fibras (%FIB), peso médio do capulho (PMC), comprimento de fibra (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência de fibra (STR), alongamento (ELG), micronaire (MIC), maturidade (MAT) e índice de fiabilidade (CSI). Os dados foram submetidos a análises por meio do método da Máxima Verossimilhança Restrita/ Melhor Preditor Linear Não Viesado utilizando o software SELEGEM-REML/BLUP. Os efeitos genéticos aditivos têm maior importância para o controle genético das características de produção e qualidade das fibras do algodão.

Palavras-chave. *Gossypum hirsutum*. Capacidade geral de combinação. Ações gênicas.

CHAPTER II:

Genetic control of yield components and fiber quality of cotton through the methodology REML/ BLUP

ABSTRACT

In recent years, the production of colored cotton gained prominence with the opening of a niche market for environmentally friendly products, becoming a profitable alternative for producers in some regions of the Northeast, especially in the state of Paraíba. However, cultivars that already exist in Brazil are still inferior to cultivars of white fibers. This work was performed in order to estimate the variance components and genetic parameters generated by partial diallel analysis involving the crossing of varieties of colorful fibers with cultivars of white fibers by REML / BLUP method. The experiment was conducted in the experimental field of the Plant Science Department, Federal University of Ceará, Fortaleza, in a randomized complete block design with 14 treatments, spaced 1.25 m between rows and 0.25 between plants and five plants per plot. The following characteristics were evaluated : weight cotton (PAC) , weight of cotton lint (PAP), fiber content (% FIB), average boll weight (PMC), fiber length (UHM), uniformity (UNF), index of short fibers (SFI), strength of fiber (STR) , elongation (EL), micronaire (MIC), maturity (MAT) And reliability index (CSI). Data were subjected to analysis by the Restricted Maximum Likelihood / Best Linear Predictor SELEGEM-REML/BLUP not biased using the software method. Additive genetic effects are more important for the genetic control of the characteristics of production and quality of cotton fibers.

Key Words. *Gossypum hirsutum* L. General combining ability. Gene actions.

1. INTRODUÇÃO

Na condução de um programa de melhoramento de plantas, um dos desafios é identificar os melhores genitores, visando à obtenção de populações segregantes com um maior número de recombinantes superiores. Os programas de melhoramento do algodoeiro visam lançar cultivares mais produtivas, precoces, de alto rendimento de fibras, com fibras mais finas, resistentes e uniformes (FREIRE *et al.*, 2008). Cruzamentos entre genitores de bases genéticas diferentes são necessários para se atingir tais objetivos (QUEIROZ *et al.*, 2011). No caso do melhoramento do algodão colorido, o cruzamento das cultivares já disponíveis com cultivares de fibra branca que tem boas características de produção e tecnológicas, possivelmente é o caminho mais rápido para melhorar as características do algodão naturalmente colorido, de maneira a atender as demandas dos produtores e das indústrias têxteis.

Entre as principais dificuldades encontradas no melhoramento genético, estão o conhecimento e a caracterização dos genitores a serem utilizados em blocos de cruzamentos (PAGLIOSA, 2012). A partir da metodologia de análise de cruzamentos dialélicos, proposta por Sprague e Tatum (1942), é possível estimar parâmetros para a escolha dos melhores genitores e combinações híbridas. Por essa metodologia os melhores genitores são identificados com base em seus próprios valores genéticos e, principalmente, pelas suas capacidades de se combinarem em híbridos que produzem populações segregantes promissoras (GONÇALVES e VIDIGAL *et al.*, 2008).

Segundo Cruz (2010), o esquema dialélico é um delineamento genético no qual é possível quantificar a variabilidade genética do caráter, avaliar o valor genético dos genitores e a heterose manifestada em cruzamentos específicos. Assim, a seleção de genitores baseada na capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), permite a seleção das melhores combinações, ainda em gerações iniciais, e auxilia na escolha de genitores com melhor capacidade de combinação em cruzamentos futuros (KASHIF & KHALIQ, 2003). Entre os vários métodos usados na análise de cruzamentos dialélicos, o método de Griffing (1956), é o mais empregado (PFANN *et al.*, 2009; VIANA, 2000). Por este método, são estimados os efeitos da CGC, em função da concentração de genes predominantemente aditivos, e da CEC, resultante da concentração de genes de efeitos não aditivos (FRANCO *et al.*, 2001).

O estudo de grande número de genitores em todas as suas combinações, proporciona algumas limitações em análises dialélicas, tais como, espaço físico para realizar os

cruzamentos e também maior probabilidade de erros na manipulação de muitas características. Segundo Cruz *et al.* (2004), para viabilizar o estudo da capacidade combinatória nesses casos, os dialelos parciais, que envolvem genitores dispostos em dois grupos pertencentes ou não a um conjunto comum, pode ser utilizado para tal fim. Neste procedimento, os parâmetros genéticos são estimados a partir de adaptações dos modelos de Griffing (1956) ou de Gardner e Eberhart (1966), bem como a partir do modelo utilizado no Sistema Estatístico de Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos (SELEGEN-REML/BLUP) que é equivalente ao modelo de Griffing, porém no nível genético, e não fenotípico. O modelo de Griffing considera os efeitos fixos e, portanto, no nível fenotípico (RESENDE, 2007).

A metodologia REML/BLUP utilizada no aplicativo SELEGEN-REML/BLUP, merece destaque, pois permite a estimação dos componentes de variância por máxima verossimilhança restrita (REML) e a predição de valores genéticos pela melhor predição linear não viesada (BLUP) (RESENDE, 2002). Os preditores BLUP e estimadores REML são utilizados em várias situações, associadas a diferentes delineamentos, inclusive genéticos mais complexos, como é o caso da análise dialélica. Isso é possível, pois permitem inferências sobre os efeitos aditivos (capacidade geral de combinação), efeitos de dominância e epistáticos (capacidade específica de combinação), assim como considera o efeito de genótipo como aleatório, essencial ao melhoramento genético (RESENDE *et al.*, 2001; RESENDE, 2004).

Desta forma, esse trabalho foi realizado com o propósito de identificar o controle genético para os componentes de produção e qualidade da fibra em análise dialélica parcial, realizada em híbridos de algodoeiro herbáceo, pelo método REML/BLUP.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos híbridos

No primeiro semestre de 2012, foram utilizados dois grupos de cultivares de algodoeiros provenientes da EMBRAPA ALGODÃO. O primeiro grupo (G1) foi constituído por seis cultivares de fibras brancas (BRS Acácia, BRS Araripe, BRS Buriti, BRS Seridó, BRS286 e BRS 293) e o segundo (G2) por quatro cultivares de fibras coloridas (BRS Verde, BRS Rubi, BRS Safira, BRS Topázio). Foram realizados todos os cruzamentos possíveis em campo e em casa de vegetação entre os dois grupos, sem os recíprocos, obtendo-se um total de 14 F1s. Cada genitor do grupo de fibras brancas (♀) foi plantado em seis fileiras de 12 m no espaçamento de 1,00 m x 0,25 m. Os genitores do grupo colorido (♂) foram plantados em quatro fileiras de 12 m no espaçamento de 1,00 m x 0,25 m. Durante o período de floração, procedeu-se a emasculação no final da tarde de cada dia. Após esse procedimento, os estigmas das flores emasculadas foram identificados e protegidos com canudo de papel para evitar contaminação. No dia seguinte, as flores masculinas foram recolhidas e armazenadas em recipiente plástico antes de sua abertura, a fim de evitar polinizadores naturais e, conseqüentemente, contaminações. Em seguida, foram realizados os cruzamentos logo após a abertura plena dos estames.

Foram obtidas 14 das 24 combinações híbridas possíveis. As sementes de cada cruzamento foram descaroçadas manualmente e semeadas em campo juntamente com seus genitores (TABELA 1).

Tabela 1 – Identificação dos genótipos de algodão herbáceo utilizados no experimento. Fortaleza-CE, 2013.

Tratamento	Identificação	Tratamento	Identificação
1	BRS 286 X BRS Rubi	7	BRS Acácia X BRS Verde
2	BRS 286 X Safira	8	BRS Araripe X BRS Verde
3	BRS 286 X BRS Verde	9	BRS Buriti X BRS Rubi
4	BRS 293 X BRS Verde	10	BRS Buriti X BRS Safira
5	BRS Acácia X BRS Rubi	11	BRS Buriti X BRS Verde
6	BRS Acácia X BRS Safira	12	BRS Seridó X BRS Rubi

Continua

Tabela 1 – Identificação dos genótipos de algodão herbáceo utilizados no experimento. Fortaleza-CE, 2013.

Tratamento	Identificação	Tratamento	Identificação
13	BRS Seridó X BRS Verde	-	-
14	BRS Seridó x BRS Topázio	-	-

O experimento foi instalado no mês de novembro de 2012, conduzido em sistema de irrigação por aspersão, em solo arenoso, no *Campus* do Pici, da UFC, município de Fortaleza-CE. O clima da região é do tipo Aw (tropical chuvoso), conforme classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26 °C, sendo a máxima de 34 °C e a mínima de 21 °C. A precipitação média anual é de 1.600 mm, com época mais seca ocorrendo no inverno, verificando-se o máximo de chuvas no outono (INMET, 2008).

2.2 Caracterização do experimento

Utilizou-se o delineamento em blocos completos casualizados, com cinco repetições, 11 tratamentos (híbridos F1) e 5 plantas por parcelas, no espaçamento de 1,25 m entre linhas e 0,25 m entre plantas. Durante o período da colheita foram coletados 20 capulhos por tratamento, todos retirados na região mediana das plantas. Após a colheita as amostras foram identificadas e encaminhadas ao laboratório de tecnologia de fibras da Embrapa Algodão, localizado em Campina Grande, Paraíba. Foram avaliados os caracteres agrônômicos e tecnológicos das fibras em HVI: Peso do Algodão em Caroço (PAC), Peso do Algodão em Pluma (PAP) em gramas, Percentagem de fibras (%FIB), Peso Médio do Capulho (PMC) em gramas, Comprimento de fibra (UHM) em milímetros, Uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI) em percentagem, Resistência de fibra (STR) em gf/tex, Elongamento (ELG) em percentagem, Micronaire (MIC) em µg/in, Maturidade (MAT) e Índice de fiabilidade (CSP).

2.3. Análise dos dados

Primeiramente os dados foram submetidos ao teste de Lilliefors, que verifica a normalidade da distribuição dos erros e ao teste de Bartlett, para verificar a homogeneidade das variâncias residuais entre as cultivares (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997). Posteriormente, os

dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Todas as análises genético-estatísticas utilizadas neste trabalho foram realizadas com a utilização do programa GENES (CRUZ, 2011).

2.4. Análise dialélica

A análise dialélica, foi realizada por meio de um fatorial interpopulacional desbalanceado, envolvendo os dois grupos de genitores em 14 combinações híbridas experimentais.

O efeito da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC), bem como os parâmetros genéticos, foram estimados por meio de modelos mistos. Neste caso, os efeitos do modelo não são testados via teste F , como se faz no método da análise de variância. Para os efeitos aleatórios é recomendado o teste da razão de verossimilhança (LRT), no qual um quadro similar ao da análise de variância é elaborado e denominado por Análise de Deviance (ANADEV), estabelecida pelos seguintes passos (RESENDE, 2007):

- a) obter o ponto de máximo do logaritmo da função de verossimilhança residual (Log L) para modelos com e sem o efeito a ser testado;
- b) obter a deviance $D = -2 \text{ Log L}$ para modelos com e sem o efeito a ser testado;
- c) obter a diferença entre as deviances para modelos com e sem o efeito a ser testado, obtendo a razão de verossimilhança (LR);
- d) testar, via LRT, a significância dessa diferença usando o teste qui-quadrado com 1 grau de liberdade.

Os dados foram analisados por meio do método da Máxima Verossimilhança Restrita/ Melhor Preditor Linear Não Viesado (REML/BLUP), conforme descrito por Resende (2002), considerando o seguinte modelo:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xr} + \mathbf{Zm} + \mathbf{Wf} + \mathbf{Tc} + \mathbf{e}$$

onde: \mathbf{y} é o vetor de dados, \mathbf{r} é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, \mathbf{m} é o vetor do efeito da CGC dos genitores do grupo I (GI), assumido como aleatório, em que, $m \sim N(0, M)$, sendo $M = I\sigma_m^2$; \mathbf{f} é o vetor do efeito da CGC dos genitores do grupo II (GII), assumidos como aleatórios, em que, $f \sim (0, F)$, sendo $F = I\sigma_f^2$; \mathbf{c} é o vetor dos efeitos aleatórios da capacidade específica de combinação dos genitores GI com os genitores do GII, em que $c \sim N(0, C)$, sendo $C = I\sigma_c^2$; \mathbf{e} é o vetor de erros (aleatórios), em que $e \sim N(0, E)$,

sendo $E = I\sigma_e^2$. \mathbf{X} , \mathbf{Z} e \mathbf{W} são matrizes de incidência que relacionam, respectivamente, os efeitos de \mathbf{r} , \mathbf{g} e \mathbf{p} ao vetor \mathbf{y} .

Para a resolução das equações de modelos mistos e a obtenção dos valores genéticos, os componentes de variância genéticos e não genéticos foram assumidos desconhecidos. Estes foram estimados pelo método REML, utilizando o pacote estatístico computacional SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007).

3. RESULTADOS

3.1 Características de produção da fibra

Por meio das análises de deviances para as características de produção (TABELA 2), observou-se um comportamento semelhante entre os dois grupos de genitores. Nos dois grupos, não ocorreram diferenças significativas dos efeitos da CGC. Isto indica a ausência de variabilidade genética aditiva, bem como que nenhum dos genitores diferiu dos demais em relação à concentração de alelos favoráveis, para o aumento das características de produção da fibra, independentemente do tipo de dominância desses alelos (VENCOVSKY e BAARIGA, 1992).

Esses resultados diferem dos encontrados por Carvalho *et al.* (2005). Estes autores observaram a predominância de efeitos aditivos ao realizarem a seleção massal na cultivar BRS Verde para a característica %FIB. Segundo esses autores, os efeitos aditivos dos genes são mais importantes para explicar a variabilidade genética da produção de fibras, assim como a maior proporção da variabilidade genética da percentagem de fibra, peso de capulho e produção de fibras, sendo estas de natureza aditiva dos genes.

Por outro lado, os genitores dos dois grupos diferiram significativamente para o efeito da capacidade específica de combinação (CEC). Isto indica que pelo menos uma combinação híbrida apresentou, desvio significativo em relação ao comportamento médio dos genitores para as características de produção da fibra. Bem como, a presença significativa de complementação, entre os genitores, em relação à frequência dos alelos, nos locos com alguma dominância.

Tabela 2 – Efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) dos grupos I (GI) e II (GII) e efeitos de capacidade específica de combinação (CEC) entre os dois grupos de genitores. Herdabilidade no sentido restrito (h^2_a), herdabilidade no sentido amplo (h^2_g), razão entre a variância dos desvios de dominância e a variância aditiva ($\hat{\sigma}_d/\hat{\sigma}_a$), coeficientes de variação (CV) e médias para as características de produção de fibra avaliadas em 14 combinações híbridas de algodão branco e colorido, Fortaleza-CE, 2013.

	PAC	PAP	%FIB	PMC
CGC I ¹	1,36 ^{NS}	1,67 ^{NS}	0,74 ^{NS}	1,36 ^{NS}
CGC II ¹	1,36 ^{NS}	1,67 ^{NS}	2,33 ^{NS}	1,36 ^{NS}
CEC (GI X G2) ¹	3,00*	3,28*	29,73***	3,00*
h^2_a	0,17	0,17	0,64	0,17
h^2_g	0,21	0,19	0,78	0,21

Continua

Tabela 2 – Efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) dos grupos I (GI) e II (GII) e efeitos de capacidade específica de combinação (CEC) entre os dois grupos de genitores. Herdabilidade no sentido restrito (h^2_a), herdabilidade no sentido amplo (h^2_g), razão entre a variância dos desvios de dominância e a variância aditiva ($\hat{\sigma}_d/\hat{\sigma}_a$), coeficientes de variação (CV) e médias para as características de produção de fibra avaliadas em 14 combinações híbridas de algodão branco e colorido, Fortaleza-CE, 2013

$\hat{\sigma}_d/\hat{\sigma}_a$	0,19	0,16	0,23	0,19
CV (%)	19,62	19,02	3,58	19,62
Média	92,71	32,63	36,27	4,64

¹ Valores obtidos pelo teste da razão de verossimilhança (*Likelihood Ratio Test* - LRT). Significativo a ***P = 0,01, **P = 0,05 *P = 0,10 e NS - não-significativo pelo teste χ^2 com 1 grau de liberdade

Mesmo sem a manifestação de efeitos significativos para CGC, é possível verificar a predominância dos efeitos aditivos sobre os não aditivos, para as características de produção. Pois, foram observadas pequenas diferenças entre as magnitudes das estimativas de herdabilidades no sentido amplo e restrito. Assim, baseando-se nos baixos valores da razão $\hat{\sigma}_d/\hat{\sigma}_a$, verificou-se que a variância genotípica é explicada, em grande proporção, pela variância aditiva. Dessa forma, fica evidente que os efeitos aditivos também são importantes para as características de produção da fibra dos cultivares de algodoeiro utilizados neste estudo, como já relatado por Carvalho *et al.* (2005).

A estimação desses parâmetros é importante para a definição das estratégias de melhoramento que proporcionem maior ganho genético (LAVIOLA *et. al.*, 2011). Assim, considerando os genitores do presente estudo, para otimizar a expressão das características de produção da fibra, a seleção deverá ser realizada baseada no desempenho das melhores combinações híbridas.

3.1.1 Efeitos da CGC e CEC nas características de produção da fibra

As estimativas dos efeitos da CGC proporcionam informações sobre a concentração de genes de efeitos aditivos. Dessa maneira, ao se avaliar as características de interesse dos produtores, como por exemplo, a percentagem de fibras (%FIB), em que os produtores obtêm os maiores lucros (CARVALHO *et al.*, 2005), os genitores com estimativas de CGC altas e positivas devem ser selecionados, pois são os que mais contribuem para o aumento da expressão do caráter. Por outro lado, aqueles com valores altos e negativos contribuem para a redução de sua manifestação (CRUZ; REGAZZI, 1997). Portanto, para as características de produção da fibra, os genitores que apresentarem os maiores valores de CGC serão os mais favoráveis para

uso em programas de melhoramento genético do algodoeiro cujo objetivo seja a seleção de híbridos, ou de novas linhagens puras em gerações avançadas, no caso de espécies autógamas (CARVALHO *et al.*, 2005; MARCHESAN, 2008).

A magnitude dos efeitos da CGC no Grupo I indica que os cultivares de fibra branca apresentaram as maiores contribuições para a melhoria das características de produção da fibra, pois as cultivares do Grupo II apresentaram valores de CGC negativos ou iguais a 0, exceção apenas para a cultivar BRS Topázio com elevado valor de CGC na características %FIB (TABELA 3). Esses maiores efeitos das cultivares de fibras brancas é decorrência do longo período de melhoramento genético pelo qual esses materiais foram submetidos, então não é surpresa uma maior concentração de alelos favoráveis nessas cultivares.

Tabela 3 – Estimativa do efeito genético aditivo dos grupos (g_i) de genitores utilizados: Grupo I - Algodão branco; Grupo II – Algodão colorido. Fortaleza-CE, 2013.

Grupo I	PAC	PAP	%FIB	PMC
BRS 286	-9,47	-2,75	0,55	-0,47
BRS 293	-5,76	-2,16	-0,05	-0,29
BRS Acácia	2,52	0,17	-0,73	0,13
BRS Araripe	7,29	1,33	-0,63	0,36
BRS Buriti	-0,31	0,40	0,50	-0,02
BRS Seridó	5,73	3,01	0,34	0,29
Grupo II				
BRS Rubi	-0,04	-0,02	-1,11	0,00
BRS Safira	0,00	0,01	-0,12	0,00
BRS Verde	0,04	0,00	-1,47	0,00
BRS Topázio	0,00	0,01	2,70	0,00

Os genitores BRS Seridó e BRS Araripe apresentaram as maiores estimativas da CGC para peso de algodão em caroço (PAC) e peso do algodão em pluma (PAP). Isto quer dizer que foram os genitores que mais contribuíram nos cruzamentos em que participaram. Os demais apresentaram baixos valores positivos e também valores negativos para as duas características em questão. Assim, contribuíram muito pouco ou negativamente para a expressão das mesmas. Para a característica %FIB, apenas a cultivar BRS Topázio contribuiu substancialmente nos cruzamentos em que participou. Em relação à característica peso médio de capulho (PMC) destacaram-se novamente as cultivares BRS Seridó e BRS Araripe.

As capacidades específicas de combinação (CEC), observadas na Tabela 4, mostram a importância dos efeitos gênicos não aditivos, o que caracteriza a complementação entre os genitores em relação às frequências dos alelos nos locos com alguma dominância.

Valores de CEC próximos de zero indicam que as combinações híbridas envolvendo os genitores comportam-se, conforme o esperado na CGC de seus genitores (Cruz e Regazzi, 1997). Os altos valores, positivos ou negativos, indicam que o desempenho da combinação híbrida é relativamente superior ou inferior ao esperado, com base na CGC (BENIN *et al.*, 2009).

Tabela 4 – Efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) dos cruzamentos para as características de produção qualidade da fibra, avaliados em 14 híbridos (F1). Fortaleza-CE, 2013.

Cruzamentos	PAC	PAP	%FIB	PMC
BRS 286 x BRS Rubi	-0,60	-0,18	0,25	-0,03
BRS 286 x BRS Safira	-0,41	-0,06	0,03	-0,02
BRS 286 x BRS Verde	-0,81	-0,21	0,60	-0,04
BRS 293 x BRS Verde	-1,11	-0,36	-0,07	-0,06
BRS Acácia x BRS Rubi	-0,98	-0,46	-1,27	-0,05
BRS Acácia x BRS Safira	0,79	0,22	-0,66	0,04
BRS Acácia x BRS Verde	1,40	0,22	-0,99	0,07
BRS Araripe x BRS Verde	0,67	0,26	0,78	0,03
BRS Buriti x BRS Rubi	-1,88	-0,44	0,93	-0,09
BRS Buriti x BRS Safira	-0,46	0,04	0,60	-0,02
BRS Buriti x BRS Verde	2,28	0,47	-0,73	0,11
BRS Seridó x BRS Rubi	1,74	0,37	-0,20	0,09
BRS Seridó x BRS Verde	-0,57	-0,33	0,03	-0,03
BRS Seridó x BRS Topázio	-0,06	0,45	0,71	0,00

Para as características peso de algodão em caroço (PAC), peso do algodão em pluma (PAP) e peso médio de capulho (PMC) os cruzamentos BRS Buriti x BRS Verde e BRS Seridó x BRS Rubi destacaram-se com valores da CEC positivos e de elevada magnitude. Isto indica que os maiores ganhos, para as referidas características, poderão ser obtidos por meio do cruzamento entre esses genitores. Essa mesma possibilidade também pode ser aplicada aos cruzamentos BRS Buriti x BRS Rubi e BRS Araripe x BRS Verde, considerando a característica percentagem de fibras (%FIB).

Baseado nesses resultados presume-se que aumentos na média nas características de produção da fibra a partir de novas populações, poderão ser obtidos no cruzamento BRS Buriti x BRS Verde e BRS Seridó x BRS Rubi, pois nestes foram observados os maiores efeitos positivos da CEC na maioria das características de produção.

3.2.1 Características de qualidade das fibras

Considerando a significância do efeito da CGC (TABELA 5), observa-se que os dois grupos (GI e GII) apresentaram diferença significativa para este efeito entre as características resistência da fibra à ruptura (STR), índice de micronaire (MIC), maturidade (MAT) e índice de fiabilidade (CSP). Essas diferenças indicam a existência de variabilidade genética aditiva e que pelo menos um genitor dentro de cada grupo foi superior aos outros em relação às suas médias de desempenho em combinações híbridas (AGUIAR, *et al.*, 2007) e que há variabilidade genética aditiva (DO_VALE e FRITSCHÉ-NETO, 2013) na transmissão de alelos que controlam a expressão das características em questão, independentemente do tipo de dominância existente nesses alelos.

Em relação aos efeitos CEC (TABELA 5), também foram observadas diferenças significativas para a maioria das características, exceção apenas para índice de uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI) e alongamento (ELG). Isto indica a ocorrência de desvios significativos das combinações híbridas, em relação ao comportamento médio dos genitores.

Adicionalmente foram constatadas diferenças de pequena magnitude entre as estimativas de herdabilidades nos sentidos amplo e restrito. Assim para a maioria das características, pode-se verificar que a variância genotípica foi explicada, principalmente, pela variância dos efeitos aditivos, comprovado pelos baixos valores da razão $\hat{\sigma}_d/\hat{\sigma}_a$. Exceção para a característica comprimento de fibra (UHM) em que essa razão foi superior a uma unidade (1,16). Assim, é possível inferir que os efeitos não aditivos exerceram maior influência na manifestação dessa característica.

De modo geral, os baixos valores da razão $\hat{\sigma}_d/\hat{\sigma}_a$, indicam que para otimizar a expressão das características de qualidade da fibra, a seleção com base no desempenho individual dos melhores genitores, proporcionará ganhos satisfatórios. No entanto, em virtude da significância dos efeitos da CEC, deve-se priorizar a seleção das combinações híbridas com efeitos mais favoráveis da CEC, que envolvam pelo menos um dos genitores com efeito mais favorável da CGC.

Tabela 5 – Valores dos efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) dos grupos I (GI) e II (GII) e efeitos de capacidade específica de combinação (CEC) entre os dois grupos de genitores, herdabilidade no sentido restrito (h2a), herdabilidade no sentido amplo (h2g), razão entre a variância dos desvios de dominância e a variância aditiva ($\hat{\sigma}_d/\hat{\sigma}_a$), coeficientes de variação (CV) e médias das características tecnológicas da qualidade da fibra, em HVI avaliadas em 14 combinações híbridas de algodão branco e colorido. Fortaleza-CE, 2013.

Efeitos	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	CSP
CGC II	0,00 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,52 ^{NS}	4,33 ^{**}	0,07 ^{NS}	4,39 ^{**}	5,19 ^{**}	2,17 ^{NS}
CGC III	0,22 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,52 ^{NS}	4,34 ^{**}	0,27 ^{NS}	9,81 ^{***}	9,41 ^{***}	3,17 [*]
CEC (GI X GII) 1	13,95 ^{***}	0,07 ^{NS}	0,52 ^{NS}	5,53 ^{**}	1,82 ^{NS}	18,90 ^{***}	16,97 ^{***}	6,80 ^{**}
h2a	0,25	0,03	0,06	0,29	0,14	0,43	0,42	0,32
h2g	0,55	0,03	0,07	0,29	0,20	0,43	0,43	0,33
$\hat{\sigma}_d/\hat{\sigma}_a$	1,16	0,16	0,07	0,01	0,47	0,01	0,01	0,01
CV (%)	3,95	1,69	14,56	7,76	9,84	12,15	1,38	10,23
Média	27,59	83,91	7,75	29,21	4,21	3,86	0,87	2680,90

1 Valores obtidos pelo teste da razão de verossimilhança (Likelihood Ratio Test - LRT). Significativo a ***P = 0,01, **P = 0,05, *P = 0,10 e NS não-significativo pelo teste χ^2 com 1 grau de liberdade

3.2.2 Efeitos da CGC e CEC nas características de qualidade das fibras

Observando as estimativas dos efeitos da CGC, percebe-se que os ganhos com a seleção baseados nos desempenhos individuais dos genitores não representarão grandes avanços nas novas populações, pois os valores de g_i estimados, na maioria das características são próximos a zero (TABELA 6). Apenas na característica índice de fiabilidade (CSP) é que há possibilidade de grandes avanços na seleção individual dos melhores genitores, pois foram estimados substanciais efeitos da CGC nessa característica.

Na característica comprimento de fibra (UHM) a seleção é conduzida para aumentá-la, assim apenas a cultivar BRS Topázio apresentou contribuição favorável ao melhoramento dessa característica. Para a característica CSP a seleção também deverá ser efetuada para aumentá-la. No entanto, apenas as cultivares do GI BRS Araripe e BRS Seridó, bem como as cultivares do GII BRS Verde e BRS Topázio apresentaram ganhos significativos e favoráveis à seleção da característica em questão. Visto que as demais cultivares apresentaram valores negativos.

Ao estimar os efeitos da CEC foi detectada a ocorrência de valores positivos e negativos (Tabela 7). Isso indica que há desvios de dominância bidirecionais regulados por genes que aumentam a expressão do caráter e por outros, igualmente dominantes, que a reduzem. Como o efeito da CEC é o desvio de um híbrido em relação ao que seria esperado com base na CGC de seus genitores, o híbrido mais favorável será aquele com maior estimativa de CEC, na qual um dos genitores apresente a maior CGC (CRUZ; VENCOVSKY, 1989; GOMES, 2000). Portanto, baseado nos efeitos de CEC, verifica-se que só ocorrerão ganhos satisfatórios nas características UHM e CSP. Nas demais, os efeitos estimados foram em sua grande maioria próximos a zero ou negativos.

Assim, para a característica UHM os cruzamentos entre BRS Acácia x BRS Verde, BRS Seridó x BRS Topázio e BRS Buriti x BRS Verde foram os mais promissores, em relação aos efeitos da CEC. Para a característica CSP destacam-se os cruzamentos entre BRS Acácia x BRS Verde, BRS Buriti x BRS Verde e BRS Seridó x BRS Topázio. A partir desses resultados verifica-se que os cruzamentos efetuados nesse trabalho proporcionarão poucos ganhos ao melhoramento do algodão colorido. Assim, nas populações formadas pelos referidos cruzamentos provavelmente não será possível selecionar genótipos capazes de atenderem às demandas das indústrias têxteis, tais como: a seleção de genótipos com fibras mais longas (UHM) que geram fios menos “peludos”; redução no índice de fibras curtas (SFI) que tendem

a formar falhas; e redução do Rd para produzir fibras mais escuras (FBT, 2001; SESTREM e LIMA, 2007).

De maneira geral, verificou-se que a maioria das características avaliadas nas diferentes combinações híbridas são controladas por ações gênicas aditivas. Portanto, populações segregantes de algodões de fibra naturalmente colorida podem ser melhoradas por meio da seleção dos melhores genitores do grupo de fibra colorida e do grupo de fibra branca, baseada, aparentemente, no desempenho individual de cada genitor, ou seja, a adoção de métodos de melhoramento que priorizem a recombinação dos indivíduos com os maiores valores de variabilidade genética aditiva propiciará resultados promissores. Porém, é recomendada a repetição desse estudo em ambientes e anos diferentes, bem como a utilização de todas as combinações híbridas possíveis dentro dos grupos de genitores utilizados neste experimento para confirmar esses resultados.

Tabela 5 – Estimativa do efeito genético aditivo (gi) dos grupos de genitores utilizados: Grupo I- Algodão branco; Grupo II – Algodão colorido. Fortaleza-CE, 2013.

Grupo I	UHM	UNF	SFI	STR	ENLG	MIC	MAT	CSP
BRS 286	-0,01	-0,09	0,14	-1,54	-0,05	-0,10	0,00	-136,97
BRS 293	0,00	-0,09	0,17	-0,51	0,04	-0,23	-0,01	-53,53
BRS Acácia	0,00	-0,06	0,16	-0,69	0,06	-0,07	0,00	-69,45
BRS Araripe	0,01	0,10	-0,13	1,97	-0,02	-0,10	0,00	274,97
BRS Buriti	0,00	0,06	-0,15	-0,07	-0,03	0,38	0,01	-76,98
BRS Seridó	0,01	0,09	-0,20	0,85	0,00	0,13	0,00	61,97
Grupo II								
BRS Rubi	-0,40	0,01	0,00	-0,01	0,14	0,27	0,00	-44,84
BRS Safira	-0,53	-0,01	0,00	0,00	-0,05	0,07	0,00	-40,55
BRS Verde	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,38	-0,01	49,22
BRS Topázio	0,87	0,00	0,00	0,01	-0,10	0,04	0,00	36,17

Tabela 6 – Efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) dos cruzamentos para as características de produção e tecnológicas de qualidade da fibra, avaliados em 14 híbridos (F1). Fortaleza-CE, 2013.

Cruzamento	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	CSP
BRS 286 x BRS Rubi	-0,27	0,01	-0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,17
BRS 286 x BRS Safira	-0,21	-0,01	0,01	0,00	-0,06	0,00	0,00	-0,19
BRS 286 x BRS Verde	-0,48	-0,02	0,01	-0,01	-0,04	0,00	0,00	-1,86
BRS 293 x BRS Verde	-0,51	-0,02	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00	-0,74
BRS Acácia x BRS Rubi	-0,18	0,00	0,00	-0,01	0,02	0,00	0,00	-0,69
BRS Acácia x BRS Safira	-0,13	-0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	-1,58
BRS Acácia x BRS Verde	1,22	0,02	-0,01	0,02	-0,03	0,00	0,00	3,78
BRS Araripe x BRS Verde	-0,21	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	1,32
BRS Buriti x BRS Rubi	-0,81	0,00	0,01	-0,01	-0,04	0,00	0,00	-2,88
BRS Buriti x BRS Safira	-0,28	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	-1,04
BRS Buriti x BRS Verde	0,85	0,01	-0,01	0,00	-0,05	0,00	0,00	2,86
BRS Seridó x BRS Rubi	0,79	0,01	-0,01	-0,01	0,08	0,00	0,00	0,30
BRS Seridó x BRS Verde	-0,79	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,00	-1,95
BRS Seridó x BRS Topázio	1,01	0,00	0,00	0,02	-0,06	0,00	0,00	2,50

4. CONCLUSÕES

1. Os efeitos genéticos aditivos têm maior importância para o controle genético das características de produção e qualidade das fibras do algodão.
2. A seleção dos genitores para a melhoria das características de produção da fibra deve ser realizada apenas nas melhores combinações híbridas.
3. A seleção dos genitores para a melhoria das características de qualidade da fibra deve ser realizada tanto individualmente como também nas melhores combinações híbridas.
4. Os cruzamento BRS Buriti x BRS Verde e BRS Seridó x BRS Rubi são recomendados para melhoria das características de produção da fibra.
5. Os cruzamentos BRS Acácia x BRS Verde, BRS Buriti x BRS Verde e BRS Seridó x BRS Topázio são recomendados para melhoria das características de qualidade da fibra.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR *et al.* Diallel analysis of upland cotton cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.7, p. 353-359, 2007.
- BENIN, G. *et al.* Capacidade de combinação em genótipos de trigo estimada por meio de análise multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1145-1151, 2009.
- CARVALHO, L. P. *et al.* Seleção Massal e porcentagem de fibra em cultivar de algodoeiro colorido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n.9, p. 895-898, 2005.
- CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: Editora UFV, 2010.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. Cap. VII, p. 223-375.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV. 1997. 390p.
- CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.425-438, 1989.
- DOVALE, J. C.; FRITSCHÉ-NETO, R. Genetic control of traits associated with phosphorus use efficiency in maize by REML/BLUP. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.3, p. 554-563, 2013.
- FRANCO, M. C.; *et al.* Combining ability for nodulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L) genotypes from Andean and Middle American gene pools. **Euphytica**, v.118, p.265–270, 2001.
- FREIRE, C.E. Objetivos e métodos usados nos programas de melhoramento do algodão. In: **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 10, p. 299-323, 2008.
- FUNDAÇÃO BLUMENAUENSE DE ESTUDOS TÊXTEIS (FBT). **HVI: análises dos resultados**. Blumenau, 17p, 2004.
- GONÇALVES-VIDIGAL, M C.; *et al.* Combining ability and heterosis in common bean cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1143-1150, 2000.
- GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, v.22, p.439-452, 1966.
- GOMES, M.S.; *et al.* Estimativas da capacidade de combinação de linhagens de milho tropical para qualidade fisiológica de sementes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.41-49, 2000.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, v. 9, p. 463-493, 1956

INSTITUTO NACIONAL De METEOROLOGIA - INMET. **Clima. Normais climatológicas**. Fortaleza -2008. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em 13 de janeiro de 2014

KASHIF, M.; KHALIQ, I. Determination of general and specific combining ability effects in a diallel cross of spring wheat. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.6, p.1616-1620, 2003.

LAVIOLA *et al.* Cruzamentos dialélicos e capacidade combinatória em pinhão-manso na fase jovem. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA EM PINHÃO-MANSO**, 2., 2011, Brasília, DF. Pinhão-manso: focando em soluções sustentáveis para produção de biocombustíveis: anais. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia: ABPPM, 2011. 1 CD-ROM. (Embrapa Agroenergia. Documentos, 005), 2011.

MARCHESAN, C B. **Análise genética de um cruzamentodialélico parcial em pimentão visandoresistência ao oídio [*Leveillula taurica* (Lév.)] Arn.** 2008 70 f Dissertação (Mestrado em Agronomia) 70 f. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas-SP, 2008.

PAGLIOSA, E. S. **Metodologias de análise dialélica como critério para a seleção de genitores de trigo.** 2012. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

PFANN, A. Z.; *et al.* Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialélico circulante. **Ciência Rural**, v.39, p.635-641, 2009.

QUEIROZ, N. L. *et al.* Capacidade de combinação entre genótipos de algodoeiro de diferentes bases genéticas para características de fibra. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO**, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, p.1321-1325, 2011.

RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos.** Colombo : Embrapa Florestas, 359p, 2007.

RESENDE, M. D.V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo.** Colombo: Embrapa Florestas. 2004. (Documentos / Embrapa Florestas; ISSN 1517-526x. ISSN 1679-2599 (CD-ROM); 100).

RESENDE, M. D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes.** Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p.975, 2002.

SETREM, J. A; LIMA, J. J. Características e classificação da fibra do algodão. **In:O algodão no cerrado do Brasil.** FREIRE. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. p.765-819, 2007.

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

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3rded. New York: McGraw Hill Book, p. 666, 1997.

VENKOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 486p,1992. 486p

VIANA, J.M.S. The parametric restrictions of the Griffing diallel analysis model: combining ability analysis. **Genetics and Molecular Biology**, v.23, p.877-881, 2000.