

**ANÁLISE DIALÉLICA EM ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum*L.) PARA
TOLERÂNCIA À SECA**

UBIELI ALVES ARAÚJO VASCONCELOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA

CAMPINA GRANDE-PB

FEVEREIRO, 2016

ANÁLISE DIALÉTICA EM ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum*L.) PARA TOLERÂNCIA À SECA

UBIELI ALVES ARAÚJO VASCONCELOS

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roseane Cavalcanti dos Santos

Coorientador: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti

CAMPINA GRANDE-PB

FEVEREIRO, 2016

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

V331a Vasconcelos, Ubieli Alves Araújo.
Análise dialética em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) para tolerância à seca [manuscrito] / Ubieli Alves Araújo Vasconcelos. - 2016.
45 p. : il. color.

Digitado.
Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2016.
"Orientação: Profa. Dra. Roseane Cavalcanti dos Santos, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa".
"Co-Orientação: Prof. Dr. José Jaime Cavalcanti Vasconcelos, EMBRAPA/Algodão".
1. Algodão. 2. Melhoramento genético. 3. Ação gênica. 4. Capacidade combinatória. I. Título.

21. ed. CDD 633.51

**ANÁLISE DIALÉTICA EM ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* L.)
PARA TOLERÂNCIA À SECA**

UBIELI ALVES ARAÚJO VASCONCELOS

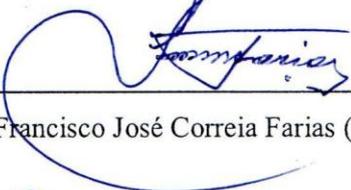
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em Ciências Agrárias/Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Aprovado em 24 de Fevereiro de 2016

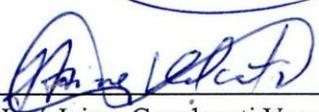
Banca Examinadora



Prof. Dr. Mailson Monteiro do Rego



Prof. Dr. Francisco José Correia Farias (EMBRAPA/Algodão)



Prof. Dr. José Jaime Cavalcanti Vasconcelos (EMBRAPA/Algodão)

Coorientador



Prof. Dr. Roseane Cavalcanti dos Santos (EMBRAPA/Algodão)

Orientadora

A Deus, por todas as oportunidades; aos meus pais e a minha esposa, por tudo

OFEREÇO

AGRADECIMENTO

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da UEPB e à EMBRAPA-Capes, pela oportunidade na realização do Curso e concessão de bolsa, respectivamente.

À Embrapa Algodão, pelo apoio de toda infraestrutura disponível para condução da pesquisa.

A equipe de orientação, Dr^a Roseane Cavalcanti dos Santos, Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti e Dr. Francisco José Correia Farias, pela dedicação e ensinamentos repassados durante o treinamento.

Aos Professores Drs. Alberto Soares de Melo, Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses, José Germano Vêras Neto, pelos ensinamentos no decorrer do curso.

A minha esposa Marcela Nobre Oliveira, pela força, atenção e companheirismo nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais José Ubirajara Cavalcante Vasconcelos e Josefa Eliezeth Alves Araújo Vasconcelos por sempre depositarem sua confiança em mim.

A minha irmã Eliubi Alves Araújo Vasconcelos, pelo seu companheirismo e autoestima.

Aos amigos e colegas da Embrapa Algodão do campo experimental de Barbalha, CE, pela receptividade, dedicação e empenho na condução dos experimentos.

Aos amigos e colegas da Pós-graduação que contribuíram, de forma direta ou indireta, para realização desse trabalho.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
Objetivo Geral	14
2.REVISÃO DE LITERATURA	15
Origem e botânica do algodoeiro	15
Melhoramento do algodão	16
Efeito do estresse hídrico na fisiologia do algodão	17
Análise dialélica	19
3.MATERIAL E MÉTODOS	23
Material vegetal	23
Delineamento experimental	26
Análise estatístico-genética	26
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.CONCLUSÃO	40
6.REFERÊNCIAS	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos germoplasmas utilizados nos cruzamentos dialélicos.....	21
Tabela 2. Esquema do dialelo parcial envolvendo genitores com características de produtividade (G1), tolerantes a seca (G2) e seus respectivos híbridos (F1's), segundo metodologia de dialelos parciais, proposta por Geraldi e Miranda Filho (1988).....	21
Tabela 3. Esquema da análise de variância individual segundo Cruz et al. (2012).....	23
Tabela 4. Esquema da análise de variância conjunta G (fixo) x A (aleatório) segundo Cruz et al. (2012).....	24
Tabela 5. Esquema da análise dialelica parcial envolvendo apenas os híbridos F1's.....	25
Tabela 6. Resumo da análise de variância individual para os tratamentos Controle (A), Estressado (B) e Conjunta (C) de 20 híbridos F1's com irrigação convencional. Barbalha, 2014.....	28
Tabela 7. Classificação das médias das variáveis obtidas nos ensaios individuais, sem efeito de interação Genótipo x Tratamento hídrico. Barbalha-CE, 2014.....	29
Tabela 8. Classificação das médias das variáveis entre os ensaios individuais. Barbalha-CE, 2014.....	32

Tabela 9. Quadrados médios da análise dialélica para características agronômicas do algodoeiro no tratamento estressado. Barbalha-CE, 2014.....34

Tabela 10. Estimativas da capacidade geral de combinação do grupo I e grupo II dos caracteres agronômicas. Barbalha-CE, 2014.....35

Tabela 11. Estimativa da capacidade específica de combinação (CEC) de 20 híbridos F¹'s em condições de estresse hídrico. Barbalha-CE, 2014.....37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estruturas reprodutivas do algodoeiro. A- botão floral; B- flor não fecundada; C- flor fecundada; D- maçã; E- capulho.....13

RESUMO

O algodão é uma cultura de grande importância econômica mundialmente. No Brasil a produção encontra-se na faixa de 1,5 milhões de toneladas, oriundas principalmente das regiões Centro - Oeste, Sudeste e Nordeste, com maior área situada nos Cerrados. Apesar do crescimento da cultura em nível nacional, há necessidade de investimento na área de melhoramento genético com fins de selecionar genótipos promissores para produção e adaptação regional. Para tanto, os programas de melhoramento têm focalizado na geração de linhagens divergentes, por meio de hibridações com progenitores robustos, de modo a ampliar a base genética das linhagens e favorecer os procedimentos de seleção. Nesse trabalho utilizou-se uma população composta de 20 híbridos de algodão, obtida via cruzamentos dialelicos com genitores dos tipos arbóreo e herbáceo, objetivando estimar as CGC e CEC dos materiais tolerantes a seca, focalizando em caracteres agrônômicos. O trabalho foi conduzido em ambiente semiárido, em Barbalha, CE, em regime de sequeiro com complementação hídrica. Após o surgimento dos primeiros botões florais, as plantas foram submetidas a 23 dias de supressão hídrica, sendo restabelecidas as regas após esse período. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com 20 tratamentos, com esquema fatorial 20 x 2, e três repetições. As variáveis avaliadas foram: Altura de planta, Produtividade, Percentagem de fibras, Peso de um capulho, Surgimento da primeira flor e Surgimento da primeira maçã. Adicionalmente, determinou-se o teor de Clorofila total nas folhas. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa GENES. As análises das capacidades combinatórias foram realizadas de acordo com o modelo adaptado por Griffing (1956), que estima os efeitos da capacidade geral de combinação CGC de cada parental e os efeitos da capacidade específica de combinação CEC. Verificou-se ampla variabilidade entre os genitores para as variáveis analisadas. Os genitores que apresentaram as melhores estimativas de CGC e com maior número de alelos favoráveis para as principais características estudadas foram BRS 286, CNPA 5M e CNPA 7MH, enquanto que para CEC, os híbridos BRS 286 X CNPA 5M, BRS RUBI X CNPA 5M e BRS 286 X BRS SERIDO destacaram-se por demonstrar melhores estimativas de CEC e complementaridade para ALT e PROD em condições de estresse hídrico. As estimativas de CGC e CEC ofereceram contribuições valiosas no processo de seleção no melhoramento genético, tanto de genitores como de combinações híbridas.

Palavras-chave: Melhoramento, Ação gênica, Capacidade combinatória

ABSTRACT

Cotton is a crop of large economic value at worldwide. The Brazilian production is around 1.5 million tons, coming mainly from the Mid West, Southeast and Northeast region, specially Cerrado areas. Despite to importance of crop to Brazil, there is a broad demand to investment in breeding area focusing on selection of promising genotypes as to yield and regional adaptation. In order to attend this demand, breeding programs have focused on generation of different lines by hybridization, using robust genitors, aiming broaden the genetic background of the lines and to favor the selection procedures. In this study we used 20 cotton lines, obtained through diallel crosses with parents of Moco and herbaceous types, aiming to estimate the GCC and SCC in materials tolerant to drought, based on agronomic traits. The study was carried out in semiarid environment, at Barbalha Station, CE, in dry season, using water supplementation. After the appearance of the first buds, plants were subjected to 23 days of water suppression, and re-established watering thereafter. The experimental design was randomized blocks, with 20 treatments and factorial scheme (20 x 2), and three replications. The variables evaluated were: plant height, Productivity, fiber percentage, Boll weight, Rising of first flower and Rising of first boll. Additionally, total chlorophyll content in leaves was determined. The statistical analysis was performed by GENE program. Analyses of combinatorial capacities were performed according to the method adapted by Griffing (1956), which estimates the effects of GCC of each parent and the effects of SCC. There was wide variation between the parents for the analyzed variables. The follow parents showed best estimates of GCA, and therefore, have more favorable alleles, based on traits studied: BRS 286, CNPA 5M and CNPA 7MH. To SCC, the hybrids BRS 286 X CNPA 5M, BRS RUBI X CNPA 5M and BRS 286 X BRS Serido demonstrated complementarity Plant hight and porductivity. The estimates of GCC and SCC presented in this paper provided valuable inputs to cotton improvement, as to both parents and hybrid selections.

Keywords: Improvement, gene action, Combining ability

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum*, L.) é conhecido pela produção da fibra têxtil de maior importância mundial, onde aproximadamente 60 países consomem e produzem, gerando emprego e renda. Trata-se da fibra vegetal mais utilizada pelo homem, cujo comprimento pode atingir 38 mm, podendo ser produzida em várias partes do mundo, devido às poucas exigências em solo e clima (RICHETTI e MELO FILHO, 2001). A lavoura é cultivada em cerca de 35 milhões de hectares, gerando uma produção mundial de 24 milhões de toneladas de fibra (ABRAPA, 2016). Os maiores produtores de algodão são China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil (FAO, 2016). De acordo com dados da Abrapa (2016), a lavoura cotonícola movimentou cerca de US\$ 12 bilhões e envolve mais de 350 milhões de pessoas na cadeia produtiva, desde as fazendas até a logística, envolvendo descaroçamento, processamento e embalagem.

Na área industrial, a fibra do algodoeiro possui mais de 400 aplicações, sendo utilizadas em vários segmentos, como tecelagem, hospitalar, celulose, óleo químico, alimentar, entre outros (EMBRAPA, 2016).

No Brasil, a espécie mais cultivada é *G.hirsutum* L., var. *latifolium*, que se adequa aos manejos de sequeiro e irrigado, sendo o estado do Mato Grosso responsável por 60% da produção nacional, seguido da Bahia, ambos com manejos estabelecidos na região de Cerrados. A produção anual gira em torno de 1,5 milhões de toneladas, em uma área de 1 milhão de hectares (CONAB,2016). Trata-se de uma fibra de alto valor comercial na indústria têxtil e de alto valor agregado com os subprodutos, como torta, farelo e o óleo, de alto valor alimentar.

No aspecto de manejo, a planta tem um ciclo fenológico que varia de 120 a 200 dias, dependendo da cultivar, com respostas diferenciadas em relação a fatores climáticos, especialmente necessidades hídricas, para garantir elevadas produtividades. As fases de maior demanda são as que envolvem as fases de floração e estabelecimento das maçãs. Beltrão e Souza

(1999) relatam que o estresse hídrico nessa fase pode reduzir o crescimento e acelerar o seu ciclo, afetando a produtividade.

No Brasil, as principais cultivares comerciais tem limitação a ambientes com irregularidades hídricas. Considerando-se as mudanças climáticas que vem ocorrendo nas últimas décadas, especialmente as relacionadas com escassez hídrica, a indicação de materiais que tenha capacidade de tolerar ambientes com limitação hídrica é uma valiosa estratégia adotada em vários programas de melhoramento.

Para tanto, é necessário que se invista em populações de ampla base genética, por meio de cruzamentos, de modo a se elevar as chances de sucesso na identificação de materiais superiores nos processos seletivos.

Neste trabalho são apresentados resultados de uma população constituída de 20 materiais gerados por cruzamentos dialélicos, envolvendo parentais de larga variabilidade para produção e qualidade de fibras, além de adaptação ao ambiente semiárido. Essas populações foram testadas quanto à tolerância ao estresse hídrico e avaliadas quanto à produtividade e qualidade de fibra.

Objetivo Geral

Selecionar genitores e suas combinações híbridas para caracteres relacionados à tolerância a seca, por meio de análise dialélica e suas estimativas da CGC e CEC entre genótipos de algodoeiro herbáceo e arbóreo

2. REVISÃO DE LITERATURA

Origem e botânica do algodoeiro

O algodão é uma planta dicotiledônea, pertencente a família *Malvaceae*, gênero *Gossypium*, de origem tropical, entre o México e a América Central, mas também cultivada economicamente em países subtropicais e na maioria das regiões de clima quente. O gênero *Gossypium* contém 45 espécies diplóides ($2n=2x=26$) e seis tetraplóides ($2n=4x=52$), entre espécies selvagens e cultivadas. As espécies cultivadas do gênero *Gossypium* são quatro, duas diplóides (*G. herbaceum* e *G. arboreum*), originárias do Velho Mundo, e duas tetraplóides (*G. hirsutum* e *G. barbadense*), originária do Novo Mundo (BELTRÃO e SOUZA, 1999). As espécies *G. hirsutum* e *G. barbadense* são as mais exploradas mundialmente, sendo a primeira responsável por 90% da produção mundial (FREIRE, 2014).

A planta é anual de porte subarborescente e crescimento indeterminado, com produção variável de capulhos. Uma peculiaridade de algumas espécies é a presença de nectários na face inferior e na base das flores. Trata-se de uma glândula responsável pela produção de néctar. Essa glândula libera um odor característico que atrai alguns tipos de insetos, especialmente melíferos.

As flores são completas e com os gametófitos masculinos e femininos na mesma flor, o que favorece a autofecundação. O ovário é multiovular, contendo de três a cinco lóculos; cada um contém entre 20 a 40 óvulos, as quais darão origem as sementes, depois da fertilização. Depois desse processo, o fruto é formado (maçã) e iniciará o processo de desenvolvimento das fibras, que são tricomas da semente, formados por uma única célula que se projeta para fora da epiderme e apresentam paredes secundárias celulósicas espessadas. As fibras contêm mais de 95% de celulose, além de proteínas, substâncias pécicas e cera. Quando a maçã se encontra completamente madura, as fibras já estão completamente desenvolvidas e passa a ser chamada de capulho. Na Figura 1 se encontram-se as estruturas reprodutivas do algodoeiro.



Figura 1. Estruturas reprodutivas do algodoeiro. A- botão floral; B- flor não fecundada; C- flor fecundada; D- maça; E- capulho.

No aspecto reprodutivo, o algodoeiro é considerada uma planta com sistema reprodutivo intermediário, pois, dependendo das condições ambientais, especialmente ventos e insetos melíferos, a planta também pode ser reproduzir também por autofecundação (LIMA, et al., 2014). Alguns autores reportam taxas de cruzamento variando de 6,54% a 68,83%, em Mato Grosso (MORESCO et al, 1999), 33,5% em Campinas, SP (CRISÓSTOMO et al., 1983) e 25 % em Uberaba, MG (PENNA et al., 1991). Essas informações são relevantes quando se deseja definir o método de melhoramento mais apropriado para a cultura, considerando-se que a taxa de alogamia no algodão é muito variável (VIDAL NETO e FREIRE 2013).

Melhoramento do algodão

Os trabalhos de melhoramento genético de algodão no Brasil foram iniciados em 1921, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), e em 1975, na Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (FREIRE, 2014). As primeiras sementes melhoradas de algodão foram liberadas em 1926, oriundas das cultivares americanas Texas Big Boll, Express e Stoneville, introduzidas no Brasil. A partir destas variedades, e com o progresso do melhoramento genético, a Embrapa e o IAC desenvolveram várias cultivares. Atualmente está disponível no mercado 66 cultivares oriundos de empresas públicas a privadas (MAPA, 2016).

A Embrapa Algodão iniciou as pesquisas com algodão em 1975, focalizando no desenvolvimento de cultivares de fibra branca, de larga adaptação ambiental e com propriedades da fibra com alto valor para a indústria têxtil. No final da década de 1980, ocorreu uma séria crise econômica no mercado de fibras afetando drasticamente a área cultivada. Associado a isto, ocorreu no Brasil, especialmente nas principais regiões produtoras, em Campina Grande, PB e Campinas, SP, um evento entomológico de larga repercussão sócio econômica: a introdução de um coleóptero, denominado bicudo (*Anthonomus grandis*), que dizimou várias lavouras,

especialmente as situadas na região Nordeste (FREIRE, 2014). Como estratégia de defesa, a Embrapa investiu no desenvolvimento de cultivares precoces, de frutificação concentrada, para evitar os picos de infestação do inseto, lançando, nessa ocasião a CNPA Precoce I, de adaptação ao semiárido e ciclo curto. Outras cultivares precoces vieram a seguir, mas a praga se disseminou rapidamente em todas as zonas produtoras de algodão no Brasil.

A partir de 1989 foi estabelecido um convênio entre a Embrapa e o Itamarati Norte, com o objetivo de gerar tecnologias para exploração do algodão na região dos Cerrados, cuja estratégia favoreceu o soerguimento nacional da cotonicultura, e, desde então, essa região é o principal pólo de produção de fibras de algodão (FREIRE, 2014; VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Na década de 90, a Embrapa deu início ao programa de melhoramento de algodão colorido, focalizando nos produtores da região Nordeste, como forma de oferecer outra oportunidade agrícola, especialmente aos agricultores sediados na região semiárida. A primeira cultivar de algodão colorido lançada 2002 pela Embrapa foi a BRS 200, que possui uma cor marrom claro, hoje a Embrapa algodão já dispõe de cinco cultivares coloridas, que são: a BRS 200 Marrom, BRS Topázio, com fibra marrom-clara e alta percentagem de fibra (43,5%), BRS Rubi, de fibra marrom-escura, BRS Verde, de fibra de verde clara e potencial de produtividade de 3.000 kg ha⁻¹, BRS Safirade fibra marrom-escura a avermelhada e resistência ao pulgão do algodoeiro (MAPA, 2016).

Atualmente, a Embrapa dispõe de dezesseis cultivares, todas de elevada produtividade e com características agrônômicas que se adéquam as demandas de mercado. Entre as mais recentes, citam-se as primeiras cultivares transgênicas desenvolvidas pela Embrapa Algodão BRS 371RF, BRS 370RF, e BRS 369RF desenvolvidas para os cerrados e tem como característica alta produtividade, boa qualidade de fibra e resistente as principais doenças (MAPA, 2016).

Efeito do estresse hídrico na fisiologia do algodão

A planta do algodão tem ciclo em torno de 120-200 dias dependendo da precocidade do genótipo e da disponibilidade hídrica requerida pela planta durante sua fenologia. O ciclo do algodoeiro é dividido em cinco fases: A) emergência, que dura entre 4 e 10 dias; B) surgimento do primeiro botão floral, que ocorre entre 40-45 dias, dependendo do ciclo do genótipo; C) aparecimento da primeira flor, que ocorre a partir dos 45-50 dias; D) aparecimento do primeiro capulho, que ocorre aos 90 dias; E) maturação completa da planta, que sé considerado quando 80% dos capulhos estão abertos, o que ocorre na faixa de 140-150 dias nas condições de

semiárido (BELTRÃO e SOUZA, 1999). Em condições de deficiência hídrica, a planta do algodoeiro responde diferentemente em função do período e nível de tolerância. Contudo, um dos sintomas rapidamente observado é a redução de crescimento e de área foliar em função do ajuste celular que a planta desenvolve em resposta ao estresse.

Baldo et al., (2009) conduziram um estudo sobre o efeito do déficit hídrico em diferentes fases do algodoeiro, avaliando as principais características de crescimento, e constataram que a falta de água durante 45 dias induziu redução na altura, diâmetro da haste e no número de folhas, além de restringir a formação de estruturas reprodutivas, principalmente quando a falta de água ocorreu durante o desenvolvimento dos capulhos. Segundo os autores, a produtividade foi reduzida em 25%. Batista et al., (2010) trabalhando também com crescimento, verificaram que, além de redução na altura, o estresse hídrico durante 23 dias promoveu redução nos números de botões e capulhos, além do rendimento das fibras. Os autores complementam que, as plantas que sofreram com o estresse hídrico aumentaram o sistema radicular, como resposta de defesa a dissecação.

Araújo et. al. (2013) estudando o efeito de diferentes laminas de irrigação (283,11; 335,61; 423,48; 532,48 e 641,98 mm) em três cultivares de algodão herbáceo (BRS 8H, BRS Araripe e BRS Aroeira), constataram uma queda na produção na cultivar BRS Aroeira de 45% quando submetida ao maior nível de estresse; a cultivar BRS 8H se comportou como mais tolerante.

Em nível molecular, varios trabalhos tem reportado sobre a supressão ou indução de novos genes em plantas de algodão sob estresse hidrico. Uribe et al., (2014) investigaram os efeitos da supressão hidrica em plantas de algodãosubmetidas a 9 dias de estresse hídrico, estabelecido no inicio de formação dos botões florais. Segundo os autores, a deficiencia hidrica resultou em 10% a 15% de redução no crescimento. Cerca de 110 genes foram identificados, 79% deles foram reprimidos, em função do estresse e 21% foram induzidos.

Deeba et al., (2012) investiram no estudo de proteômica a fim de investigar as respostas de plantas estressadas em nível molecular. Inicialmente, tomaram uma série de descritores fisiologicos e verificaram que a fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração mostraram tendência decrescente à medida que a intensidade da seca aumentou, além da fluorescência, rendimento quântico efetivo de PSII e as taxas de transporte de elétrons. Como a intensificação do estresse, as células entraram em estresse oxidativo. Em nível protéico, os autores detectaram mais de 550 proteínas diferentes, sendo 16 superreguladas e 6 reguladas negativamente. Tais resultados, contribuíram para a aquisição de informações adicionais para melhor compreensão da base molecular da tolerancia a seca no algodão.

Análise dialélica

As estratégias adotadas nos programas de melhoramento dependem da análise genética dos caracteres de interesse, favorecendo um melhor conhecimento das relações genéticas dos indivíduos envolvidos nos cruzamentos, desta forma os cruzamentos dialélicos são úteis para estimação das melhores combinações entre os genitores e das populações segregantes (BALDISSERA et al., 2012).

O uso de cruzamentos dialélicos consiste em uma técnica utilizada para expressar um conjunto de $p(p-1)/2$ combinações híbridas, resultante do acasalamento entre “p” progenitores (linhagens, variedades, clones etc), podendo incluir, além dos respectivos pais, os híbridos e recíprocos e, ou, outras gerações relacionadas como F₂'s, e os retrocruzamentos.

A análise dialélica tem como objetivo analisar o delineamento genético, provendo estimativas de parâmetros úteis na seleção de progenitores para a hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação de caracteres (CRUZ et al., 2012).

Relatos de Kempthorne e Curnow (1961) citado por Cavalcanti (1997) mencionam que o uso dos esquemas dialélicos iniciou-se após a definição dos conceitos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), por Sprague e Tatum (1942), definindo que a CGC expressa o comportamento médio de um genitor em combinações híbridas, e a CEC como sendo o comportamento de combinações híbridas específicas, independente do que se poderia esperar com base na CGC dos genitores envolvidos.

O termo CGC está relacionada ao efeito aditivo dos genes influenciando um determinado caráter. As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) fornecem informações a respeito das potencialidades do parental em gerar combinações favoráveis à formação de genes predominantemente aditivos em seus efeitos. Quanto mais altas forem essas estimativas, positivas ou negativas, determinado parental será considerado muito superior ou inferior aos demais incluídos no dialelo, e, se próximas a zero, seu comportamento não difere da média geral dos cruzamentos. Já o efeito da CEC está relacionado a efeitos de dominância dos genes, que influencia determinado caráter, enfatizando a importância de interações não aditivas resultantes da complementação gênica entre os parentais, possibilitando antever respostas de ganho genético, com isso a combinação híbrida mais favorável deve ser, portanto, aquela que apresentar maior estimativa de capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ij}) e que seja resultante de um cruzamento em que pelo menos um dos parentais apresente elevada capacidade geral de combinação (CRUZ et al., 2012).

Dessa forma deve ressaltar, que dois genitores de elevada CGC nem sempre proporcionam a formação da melhor combinação do dialelo (CRUZ, TORRES, e VENCOVSKY, 1989). A significância dos quadrados médios para CEC é indicativa da manifestação de genes de efeitos não aditivos para o caráter, ao passo que as magnitudes de variâncias (ou componentes quadráticos) associadas aos efeitos da capacidade específica de combinação revelam a predominância ou não deste tipo de ação gênica (CRUZ et al., 2012). A ausência de significância, no entanto, sinaliza que os genitores não apresentam entre si um apreciável grau de complementação gênica em relação às frequências dos alelos nos locos que apresentam dominância (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

Desta forma, após o conhecimento dos conceitos e ações de CGC e CEC, os métodos de análise dialélica passaram a ser estudados e aplicadas, desta forma três metodologias foram descritas para constituir a base de estudos, a metodologia mais utilizada é a proposta por Griffing (1956), pela qual estima os efeitos da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC), e a proposta por Gardner e Eberhart (1966), na qual é avaliado os efeitos das variedades e heterose varietal, e a proposta por Hayman (1954), que proporciona informações sobre o mecanismo básico de herança do caráter em estudo, dos valores genéticos dos progenitores utilizados e do limite de seleção (CRUZ et al., 2012).

Griffing (1956) desenvolveu uma metodologia de análise em que os 'p' possíveis genótipos podem ser reunidos em uma tabela $p \times p$ e divididos em três grupos: (a) p progenitores, (b) $p(p-1)/2$ híbridos F1's, e (c) $p(p-1)/2$ F1's recíprocos. De acordo com a inclusão ou não dos genitores e, ou, híbridos F1's recíprocos, esta metodologia pode ser classificada em quatro métodos experimentais. Onde o método 1, são incluídas as p^2 combinações, ou seja todos os progenitores, os híbridos e os recíprocos, o método 2, são incluídos todos os progenitores e F1's, no método 3, são incluídos todos os F1's e os recíprocos, e o método 4, que foi o método utilizado no estudo, são incluídos apenas os híbridos F1's, (CRUZ et al., 2012).

A análise dialélica é muito importante para o melhoramento genético de plantas, uma vez que possibilita a recombinação da variabilidade genética disponível, permitindo a obtenção de novos genótipos (GERALDI e MIRANDA FILHO, 1988), e investigação do controle genético de caracteres quantitativos, onde é possível estimar a habilidade de combinação dos genitores (SPRAGUE e TATUM, 1942), facilitando a escolha correta dos mesmos, com características necessárias para obtenção de linhagens superiores (RÊGO et al. 2012).

De acordo com Cavalcanti (1997) a utilização dos cruzamentos dialélicos é limitada na prática a um pequeno número de pais, onde além de um grande número de polinizações manuais exigidos quando são envolvidos muitos pais, ainda existe as dificuldades de operação no campo,

tornando assim, impraticável estimação da capacidade combinatória de grande número de acessos por meio de cruzamentos dialélicos. Ao reduzir o número de acessos e combinações híbridas, reduz-se a probabilidade de serem encontradas as melhores combinações. Isso porque, a estimativa da capacidade geral de combinação fica sujeita à grande variação residual e ao número reduzido de graus de liberdade, dificultando os testes estatísticos (RUSSEL e EBEHART, 1975). Dessa forma, com essas limitações surgiu uma série de alternativas para viabilizar o processo, e uma dessas alternativas foi a utilização de cruzamentos dialélicos parcial (CAVALCANTI, 1997).

Por meio da análise de uma amostra de todos os possíveis cruzamentos entre os genitores, o dialelo parcial permite o estudo da capacidade geral e específica de combinação de um conjunto elevado de genitores, ao contrário dos dialelo completo, em que todas as combinações entre genitores são incluídas, genitores e híbridos recíprocos (CRUZ et al., 2012). O dialelo parcial consiste no cruzamento entre dois grupos de genitores distintos, inicialmente proposto por Comstock e Robinson (1948), tendo sido posteriormente adaptado por Griffing (1956), Kempthorne e Curnow (1961) e Gardner e Eberhart (1966). A aplicação do dialelo parcial, denominado também delineamento II ou delineamento em esquema fatorial, permite analisar maior número de acessos, com menor número de polinizações e menores recursos.

Híbridos com estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) favoráveis, boa média e que envolvam pelo menos um genitor com boa capacidade geral de combinação (CGC) são os mais indicados para utilização em programas de melhoramento (NASCIMENTO et. al. 2010). Pedrosa et.al. (2001) estudando populações F_1 's de híbridos de algodão, verificou efeito significativo da CEC para as variáveis surgimento do primeiro capulho, peso de um capulho e percentagem de fibras, destacando o cruzamento CNPA 5M x CS 50.

Khan et al., (2011) estudando a capacidade geral e específica, em esquema dialélico de 12 cultivares de algodão herbáceo, verificou diferença significativa entre todos os híbridos para produtividade, peso de capulho e número de capulho, verificando também que tanto a capacidade geral como a específica apresentaram diferença altamente significativa, verificando variâncias genéticas maiores da CEC em relação a CGC, ou seja mostrando a predominância da ação gênica não aditiva. Esses autores também constataram que a cultivar CIM-1100 é a melhor para ser utilizada como genitor, para a produção de híbridos, e o híbrido CIM-1100 x CRIS-9, CIM-1100 x FH-68 foram os que apresentaram melhor desempenho de média para peso médio de capulhos, % de fibras, número de maçãs por planta e rendimento do algodão em caroço.

Baloch et al., (2014) trabalhando com um dialelo completo com seis genitores de algodão (CRIS 134, CRIS 342, SINDH 1, NIAB 78, SADORI e BH 160), na fazenda experimental da universidade de agricultura de Tandojam – Paquistão, avaliaram o efeito do estresse hídrico de 15 dias a partir do florescimento e verificaram ação genética aditiva dos genitores SINDH 1, para as variáveis porcentagem de fibra e rendimento.

Igbal et al., (2011) utilizaram esquema dialélico completo para verificar a tolerância a seca de 8 genótipos de algodão (149 F, B557, DPL 26, BOU 1724-3, FH 1000, NF 801-2, CIM 446, H 499), onde as plantas foram submetidas ao estresse durante os primeiros 45 dias, e verificaram diferença significativa para a capacidade geral de combinação para os genótipos B557, DPL 26, para crescimento radicular e número de botão floral.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

Um conjunto, composto por 20 híbridos F_1 s de irmãos completos, oriundos de cruzamento dialélico parcial, foi usado para o presente estudo. Essa população faz parte do programa de melhoramento de Algodão da Embrapa, voltado para o ambiente semiárido. A relação do germoplasma estudado e o esquema dialélico adotado se encontram nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Características dos germoplasmas utilizados nos cruzamentos dialélicos.

Genótipo	Tipo	Obtentor	Ciclo	Cor da fibra	Característica
FMT 705	Herbáceo	FMT	Médio/Precoce	Branca	Produtividade
FM 966	Herbáceo	Bayer	Precoce	Branca	Produtividade
BRS RUBI	Herbáceo	Embrapa	Tardia	Marrom	Produtividade
BRS 286	Herbáceo	Embrapa	Médio/Precoce	Branca	Produtividade
FMT 701	Herbáceo	FMT	Tardia	Branca	Produtividade
CNPA ITA 90	Herbáceo	Embrapa	Tardia	Branca	Tolerante a seca
CNPA 5M	Arbóreo	Embrapa	Tardia	Branca	Tolerante a seca
CNPA 7MH	Arbóreo	Embrapa	Tardia	Branca	Tolerante a seca
BRS SERIDÓ	Herbáceo	Embrapa	Médio	Branca	Tolerante a seca

Tabela 2. Esquema do dialelo parcial envolvendo genitores com características de produtividade (G1), tolerantes a seca (G2) e seus respectivos híbridos (F1's), segundo metodologia de dialelos parciais, proposta por Geraldi e Miranda Filho (1988).

G1	G2			
	6 - CNPA ITA 90	7 - CNPA 5M	8 - CNPA 7MH	9 - BRS Seridó
1- FMT 705	Y ₁₆	Y ₁₇	Y ₁₈	Y ₁₉
2- FM 266	Y ₂₆	Y ₂₇	Y ₂₈	Y ₂₉
3 - BRS Rubi	Y ₃₆	Y ₃₇	Y ₃₈	Y ₃₉
4 - BRS 286	Y ₄₆	Y ₄₇	Y ₄₈	Y ₄₉
5 - FMT 701	Y ₅₆	Y ₅₇	Y ₅₈	Y ₅₉

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Algodão, em Barbalha, CE (7° 18' 18" S; 39° 18' 7" W, 414 m), localizado na região do cariri cearense, no período de julho a dezembro de 2014. A precipitação média anual nessa região é 1.047,9 mm, com 66,3% das chuvas registradas entre os meses de janeiro a abril, e temperatura média anual de 24,1°C (SILVA, et. al. 2013). O solo, classificado como Neossolo flúvico, de textura franco argilosa, foi previamente fertilizado com 250 kg MAP.ha⁻¹ em fundação e posteriormente com 125 kg ureia.ha⁻¹, em cobertura, seguindo recomendações sugeridas nos resultados da análise do solo.

Os tratos culturais foram feitos de acordo com a necessidade da cultura ao longo da condução do experimento. Para o controle de plantas daninhas foi aplicado Herbadox (Pendimetalina) e Diuron nas doses de 2 L.ha⁻¹ e 1,5 L.ha⁻¹, respectivamente, em pré-emergência, e Staple, Envoke e Podium nas doses de 200 ml.ha⁻¹, 12 g.ha⁻¹ e 1,5 L.ha⁻¹ respectivamente, em pós emergência. Com relação a insetos, verificou-se ocorrência de mosca branca (*Bemisia tabaci*), que foi controlada com duas aplicações de Actara (Thiamethoxam), na dosagem de 200g.ha⁻¹, nas fases de início da floração e a segunda 21 dias após a primeira aplicação.

A colheita foi realizada a partir de 128 dias após a colheita. As variáveis avaliadas:

- Clorofila total (CLOR) foi estimado depois da finalização do estresse, coletado com auxílio ClorofiLOG (Modelo FALKER), no período de 06 as 08 horas, nas folhas completamente expandidas, do eixo apical;
- Altura de plantas (ALT) foi determinado utilizando uma trena milimetrada, mensurando a altura da base planta ao ápice da planta;
- Produtividade (PROD) foi obtido através da transformação do peso do algodão em caroço obtido da parcela útil em gramas e convertido em quilogramas por hectare;
- Porcentagem de fibras (PF) foi obtido pela relação entre o peso de fibra da amostra padrão em cada parcela útil pelo peso total da amostra padrão;
- Peso de um capulho (PIC) foi obtido pelo peso da amostra padrão dividido por vinte;
- Surgimento da primeira flor (SPF) foi obtido através da contagem de dias do surgimento das primeiras flores;
- Surgimento da primeira maçã (SPM) foi obtido através da contagem de dias do surgimento das primeiras maçãs.

Delineamento experimental

A unidade experimental foi constituída de duas fileiras de 5 m, onde as sementes foram semeadas no espaçamento de 0,90 m x 0,20 m, com área útil de 9 m² e densidade populacional de 70 plantas/parcela. Aos 42 dias da emergência, quando as plantas se encontravam na fase de início da emissão dos botões florais, diferenciou-se os tratamentos, sendo controle (C), para a condição de regas permanentes durante todo ciclo e estresse (E), correspondendo a supressão hídrica nas plantas durante 23 dias. As regas foram mantidas por aspersão, com vazão de 1,49 m³/h, de acordo com Bezerra, et. al. (2010). O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com esquema fatorial 20 x 2 (híbridos x regime hídrico) e 3 repetições.

Análise estatístico-genética

As análises estatístico-genéticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional GENES versão 2014. 6.1 (Cruz, 2006). Para análise de variância e para o teste de comparação de médias foram utilizados os testes F e Scott e Knott (1974), a 1 e 5% de probabilidade respectivamente. Foram feitas as análises individual, conjunta e dialélica, cujos esquemas se encontram na Tabela 3,4 e 5. Os modelos adotados, propostos por Cruz, et. al. (2012), são descritos abaixo:

Análise variância individual

Tabela 3. Esquema da análise de variância individual segundo Cruz et al (2012)

FV	GL	SQ	QM	F	E(QM)
Blocos	b - 1	SQB	QMB	QMB/QMR	
Tratamentos	g - 1	SQT	QMT	QMT/QMR	$\sigma_e^2 + r \cdot g_i^2/t-1$
Resíduo	(b - 1)(g - 1)	SQR	QMR		σ_e^2
Total	(b*g)-1	SQT _o			

Onde:

$r \cdot g_i^2/t-1 = \sigma$ g_i: variabilidade genética;

σ_e^2 : variância do erro experimental.

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

onde:

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

μ : média geral;

G_i : efeito do i-ésimo genótipo;

B_j : efeito do j-ésimo bloco;

ε_{ij} : efeito do erro experimental associado à observação de ordem ij.

Análise variância conjunta

Tabela 4. Esquema da análise de variância conjunta G (fixo) x A (aleatório) segundo Cruz et al (2012)

FV	GL	SQ	QM	F	E(QM)
Blocos/Ambientes	$a(r - 1)$	SQB	QMB	QMB/QMR	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Genótipo	$g - 1$	SQG	QMG	QMG/QMR	$\sigma^2 + r\sigma_{ga}^2 + g\sigma_b^2 + gr\sigma_a^2$
Ambiente	$a - 1$	SQA	QMA	QMA/QMR	$\sigma^2 + r\sigma_{ga}^2 + ar\sigma_g^2$
G x A	$(g - 1)(a - 1)$	SQGA	QMGA	QMGA/QMR	$\sigma^2 + r\sigma_{ga}^2$
Resíduo	$(b-1)(g-1)$	SQR	QMR		σ^2
Total	$(b*g)-1$	SQT _o			

Onde:

$g\sigma_b^2$: Variabilidade dos blocos;

$gr\sigma_a^2$: Variabilidade do ambiente;

$ar\sigma_g^2$: Variabilidade genética;

$r\sigma_{ga}^2$: Variabilidade da interação genética ambiental;

σ^2 : Variância do erro experimental.

Nesse caso foi considerado o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + (B/A)_{jk} + G_i + A_j + GA_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} : observação no k-ésimo bloco, avaliada no i-ésimo genótipo e j-ésimo ambiente;

μ : média geral do ensaio;

$(B/A)_{jk}$: efeito do bloco k dentro do ambiente j;

G_i : efeito do genótipo i;

A_j : efeito do ambiente j;

GA_{ij} : efeito da interação entre o genótipo i e o ambiente j;

ϵ_{ij} : erro experimental associado à observação Y_{ijk} .

Análise dialélica

Para as estimativas das capacidades combinatórias foi adotado o modelo proposto por Griffing (1956) e adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988), que estima os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de cada parental e os efeitos da capacidade específica de combinação (CEC), a partir do cruzamento de um grupo p genitores com um grupo q de genitores, avaliando assim pq híbridos F_1 's.

Tabela 5. Esquema da análise dialélica parcial envolvendo apenas os híbridos F_1 's

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	$pq-1$	SQT		
CGC (G_1)	$p-1$	$SQ(CGC_1)$	QMG_1	QMG_1/QMR
CGC (G_2)	$q-1$	$SQ(CGC_2)$	QMG_2	QMG_2/QMR
CEC ($G_1 \times G_2$)	$(p-1)(q-1)$	SQCEC	QMS	QMS/QMR
Resíduo	M	SQ	QMR	

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \epsilon_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : valor médio da combinação híbrida entre o i-ésimo progenitor do grupo 1 e o j-ésimo progenitor do grupo 2;

μ : média geral;

g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo progenitor do grupo 1;

g_j : efeito da capacidade geral de combinação do j -ésimo progenitor do grupo 2;

s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação entre progenitores de ordem i e j , dos grupos 1 e 2, respectivamente;

ϵ_{ij} : erro experimental médio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vinte combinações híbridam resultantes de cruzamentos dialélicos entre genótipos de algodão herbáceo e arbóreo cultivados em Barbalha, em regime irrigado e submetidas a 23 dias de estresse hídrico, iniciado a partir do aparecimento da primeira flor. Os sintomas fisiológicos decorrentes da supressão hídrica foram observados logo após a segunda semana de início do estresse hídrico, onde as plantas demonstraram retardo no crescimento e redução na turgescência foliar.

Ao final do estresse, as plantas foram restabelecidas quanto a irrigação e os sintomas decorrentes do estresse foram desaparecendo ao longo do ciclo. Os dados agronômicos foram coletados e submetidos a análise de variância.

Os resultados das análises de variância individual, para cada regime hídrico (controle e estressado) e conjunta, se encontram na Tabela 6. Observou-se diferença estatística significativa para altura de plantas (ALT), produtividade (PROD), percentagem de fibra (%FIB) e peso de um capulho (PIC) para os genótipos nos diferentes regimes hídricos. As médias de clorofila, SPF e SPM foram de 45,39 ICF, 44,43 dias e 55,65 dias, respectivamente. Na análise conjunta, verificou-se diferença estatística entre os genótipos para PROD, %FIB, PIC e SPM. Entre os regimes hídricos as diferenças encontradas foram para ALT, PROD e %FIB. Efeito de interação significativo foi verificado apenas para ALT e PROD, sendo, portanto, essas variáveis que responderam diferencialmente ao estresse imposto às plantas, indicando respostas diferenciadas no comportamento dos híbridos frente à mudanças do regime hídrico, caracterizando que há matérias mais tolerantes que outros.

Tabela 6. Resumo da análise de variância individual para os tratamentos Controle (A), Estressado (B) e Conjunta (C) de 20 híbridos F1's com irrigação convencional. Barbalha, 2014.

QUADRADO MÉDIO CONTROLE								
FV	GL	CLOR	ALT	PROD	%FIB	P1C	SPF	SPM
Bloco	2	4,33	2,91	127542,05	1,63	0,17	5,26	8,15
Genótipo	19	8,87	64,12**	3493550,19**	17,32**	1,74**	3,68	6,75
Resíduo	38	5,10	4,82	270922,73	0,57	0,23	2,16	4,02
Média		45,39	113,02	5201,35	41,65	6,02	44,4	55,65
C.V. (%)		4,72	1,94	10,00	1,84	8,07	3,30	3,60
QUADRADO MÉDIO ESTRESSADO								
Bloco	2	1,46	2,71	60065,01	0,64	0,41	1,86	20,45
Genótipo	19	3,52	17,52**	1768337,14**	17,00**	1,50**	2,95	5,44
Resíduo	38	3,06	1,66	71090,63	1,76	0,16	1,69	3,60
Média		45,16	92,00	4722,93	41,07	5,81	42,78	54,1
C.V. (%)		3,87	1,40	5,70	3,19	7,01	3,03	3,51
QUADRADO MÉDIO CONJUNTA								
Bloco/RH	4	2,89	2,81	93803,53	1,13	0,29	3,56	14,3
Genótipo	19	8,47	41,02	3694487,79*	33,52**	3,03**	4,53	8,40*
RH	1	207,19**	13257,94	8376725,20**	10,02*	1,34	81,67	72,07
G x RH	19	3,93	40,62**	1567399,54**	0,80	0,21	2,11	3,79
Resíduo	76	4,08	3,24	171006,68	1,17	0,20	1,92	3,81
Média		46,48	102,51	4937,14	41,36	5,92	43,60	54,87
C.V.(%)		4,34	1,75	8,37	2,61	7,58	3,18	3,56

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F. Clorofila total (CLOR), altura de plantas (ALT), produtividade (PROD), percentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (P1C), surgimento da primeira flor (SPF) e surgimento da primeira maçã (SPM).

. Na Tabela 7 se encontra a classificação das médias dos genótipos para as variáveis %FIB e P1C. Verificou-se que, no geral, as percentagens de fibra e o peso de um capulho foram reduzido nos genótipos sob estresse hídrico. Apenas as combinações híbridas FMT 705 x BRS SERIDO e BRS 286 x CNPA 5M mantiveram o mesmo comportamento, considerando-se a classificação das médias em cada tratamento. Isso sugere que, pelo menos para essas características, essas duas combinações tem melhor ajuste fisiológico diante da supressão hídrica, do que as demais avaliadas

Tabela 7. Classificação das médias das variáveis obtidas nos ensaios individuais, sem efeito de interação Genótipo x Tratamento hídrico. Barbalha-CE, 2014.

GENÓTIPOS	%FIB		PIC (g)	
	C	E	C	E
FMT 705 X CNPA ITA 90	45,22 a	44,10 a	6,35 b	5,93 b
FMT 705 X CNPA 5M	41,14 c	38,71 c	5,08 e	4,98 b
FMT 705 X CNPA 7MH	43,34 b	41,86 b	6,76 a	6,38 b
FMT 705 X BRS SERIDO	45,36 a	43,95 a	6,30 a	6,51 a
FM 966 X CNPA ITA 90	43,43 b	42,53 b	6,78 a	6,33 b
FM 966 X CNPA 5M	38,92 e	38,41 c	5,46 c	5,56 c
FM 966 X CNPA 7MH	41,62 c	41,93 b	7,03 a	6,85 a
FM 966 X BRS SERIDO	43,48 b	43,12 a	7,26 a	6,98 a
BRS RUBI X CNPA ITA 90	40,08 d	39,46 c	5,23 d	5,53 c
BRS RUBI X CNPA 5M	36,90 e	35,60 d	4,53 f	4,68 e
BRS RUBI X CNPA 7MH	38,63 e	38,35 c	6,16 b	5,50 c
BRS RUBI X BRS SERIDO	40,59 d	39,86 c	5,68 c	5,66 c
BRS 286 X CNPA ITA 90	43,78 b	43,54 a	5,81 c	5,75 c
BRS 286 X CNPA 5M	45,21 a	43,43 a	6,95 a	6,53 a
BRS 286 X CNPA 7MH	42,35 c	42,00 b	6,11 b	5,43 c
BRS 286 X BRS SERIDO	43,44 b	43,45 a	6,63 a	6,90 a
BRS 701 X CNPA ITA 90	42,52 c	43,18 a	5,51 c	5,55 c
BRS 701 X CNPA 5M	38,10 e	38,12 c	5,03 e	5,03 d
BRS 701 X CNPA 7MH	42,18 c	41,26 b	6,30 b	6,13 b
BRS 701 X BRS SERIDO	42,65 c	42,50 b	6,98 a	6,01 b
MÉDIA	41,65	41,07	6,02	5,81

Medias seguida da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. C- controle; E- estressado.

Na Tabela 8, se encontram as médias das variáveis que revelaram interação G x A significativa na análise de variância conjunta (Tabela 4). Verifica-se que todas as plantas revelaram redução no crescimento, com média de 19 %, sendo as mais afetadas: FMT 705 X CNPA 5M, FMT 705 x BRS SERIDO, BRS RUBI x CNPA 5M, BRS 286 x CNPA ITA 90, BRS 701 x CNPA 5M, com redução superior a 20%. As combinações que foram menos afetados foram FM 966 x CNPA 7MH, BRS 286 x BRS SERIDO e BRS 701 x BRS SERIDO. No trabalho de Baldo et al,(2008), que submeteu a cultivar Delta Opal três períodos de estresse hídrico, cada um com duração de quinze dias, a partir de 69 dias de semeadura, os autores verificaram redução no porte da planta na ordem de 25%, no tratamento de 25% da ETC, quando as plantas se encontravam com 45 dias de supressão hídrica. A manutenção da altura da planta

do algodão é uma característica importante para a qualidade da fibra. Silva (2007) salienta a importância de se manter a altura da planta próximo ao 130 cm para garantir a eficiência operacional da colheita mecanizada, além de evitar o contato dos capulhos com o solo, minimizando impurezas na fibra.

Com relação a produtividade, verificou-se que a maioria das combinações híbridas apresentaram redução significativa quando submetida ao estresse hídrico, sendo o maior valor na ordem de 35,54% (FMT 705 x CNPA ITA 90). As exceções foram verificadas para as combinações: FM 966 x CNPA 5M, FM 966 x BRS SERIDO, BRS RUBI x BRS SERIDO, BRS 286 x CNPA ITA 90, BRS 286 x CNPA 7MH, BRS 286 x BRS SERIDO e BRS 701 x CNPA ITA 90, que mantiveram a produtividade semelhante em ambos os regime hídrico, demonstrando assim uma alta bioelasticidade dos matérias, ou seja, uma capacidade de se recuperar após ser submetido as condições de estresse hídrico. Observa-se que entre as combinações, os genitores BRS 286, BRS SERIDO, CNPA ITA 90 e FM 966 estão, pelo menos, duas vezes entre as combinações selecionadas. Isso sugere que esses materiais são os mais promissores para avançar nos trabalhos de melhoramento, focalizando em tolerância ao ambiente semiárido.

A produtividade é o fator de maior importância para o algodoeiro, pois é resultante da combinação de vários caracteres como volume de frutificação, porcentagem de retenção de frutos, tamanho da cápsula, quantidade de fibra por semente, entre outros (FARIAS et al., 2008). Durante o manejo, é comum as plantas se depararem com alguns fatores de natureza biótica ou abiótica que pode levar a comprometer o rendimento da lavoura. A resposta produtiva depende tanto da genética dos genótipos como dos efeitos do ambiente. Será considerado o melhor material aquele que se destacar do estresse, mantendo as perdas em níveis razoáveis, em relação aos demais avaliados na mesma condição. No aspecto de estresse hídrico, a literatura disponibiliza vários trabalhos demonstrando a influência do estresse hídrico sobre a produtividade do algodoeiro.

Zonta et al., (2015) avaliaram as características de produção em quatro cultivares de algodão, entre elas BRS 286, no semiárido do Rio Grande do Norte. As cultivares foram submetidas a quatro diferentes laminas de irrigação (40, 70, 100 e 130% da evapotranspiração da cultura - ETc). Os autores verificaram um declínio da produtividade quando as plantas foram submetidas ao estresse hídrico. No tratamento de 40% ETc, as perdas na produção foram na faixa de 61%. A BRS 286 foi a que apresentou menor perda comparando-se com as demais cultivares, confirmando ser um genitor expressivo para ser utilizado no melhoramento para

tolerância à seca, conforme se atesta também nesses resultados. Vários autores como Wells e Stewart (2010), Kuia et al., (2015) e Chastain et al, (2014) relatam que o estresse hídrico no algodoeiro acarreta uma série de processos na planta, como diminuição da área foliar, que como consequência redução da interceptação de luz, que acarreta diminuição da fotossíntese e alteração da condutância estomática e na fotorrespiração, citam também que essa redução da fotossíntese acarreta diminuição da formação de capulho, sendo assim diminuição da produtividade.

Tabela 8. Classificação das médias das variáveis entre os ensaios individuais. Barbalha-CE, 2014.

HIBRIDOS	ALT C	R	ALT E	R	DR%	PROD C	R	PROD E	R	DR%
FMT 705 X CNPA ITA 90	112,83 e	8°	91,22 c	11°	19,15	5840,33 f	6°	3764,33 t	20°	35,54
FMT 705 X CNPA 5M	124,33 a	1°	94,00 b	5°	24,39	6517,00 c	3°	4689,00 g	7°	18,28
FMT 705 X CNPA 7MH	112,55 e	9°	93,22 b	7°	17,17	5582,66 h	8°	4192,00 p	16°	13,90
FMT 705 X BRS SERIDO	117,72 e	4°	92,39 c	8°	21,52	7141,66 b	2°	4200,00 o	15°	29,41
FM 966 X CNPA ITA 90	110,27 c	16°	91,00 c	13°	17,48	5569,33 i	9°	4256,00 n	14°	13,13
FM 966 X CNPA 5M	110,11 f	17°	93,33 b	6°	15,24	5693,00 g	7°	5414,00 d	4°	2,79
FM 966 X CNPA 7MH	103,44 f	20°	90,00 c	18°	12,99	3986,33 r	18°	4452,66 k	11°	-4,66
FM 966 X BRS SERIDO	111,33 g	12°	91,00 c	12°	18,26	4333,66 o	15°	4357,66 l	12°	-0,24
BRS RUBI X CNPA ITA 90	111,11 f	13°	91,66 c	9°	17,51	4031,33 q	17°	4668,33 h	8°	-6,37
BRS RUBI X CNPA 5M	119,50 f	3°	90,33 c	16°	24,41	4766,66 k	11°	5768,33 b	2°	-10,01
BRS RUBI X CNPA 7MH	113,72 b	7°	95,05 a	4°	16,42	4667,00 l	12°	3783,66 s	19°	8,83
BRS RUBI X BRS SERIDO	109,33 d	18°	89,00 d	19°	18,60	3825,66 t	20°	3987,66 r	18°	-1,62
BRS 286 X CNPA ITA 90	120,33 f	2°	91,33 c	10°	24,10	4279,66 p	16°	4121,00 q	17°	1,58
BRS 286 X CNPA 5M	112,22 b	10°	90,61 c	14°	19,26	7249,00 a	1°	5932,00 a	1°	13,17
BRS 286 X CNPA 7MH	110,66 e	15°	95,11 a	3°	14,04	4424,66 m	13°	4485,00 j	10°	-0,60
BRS 286 X BRS SERIDO	109,27 f	19°	96,55 a	1°	11,64	5487,66 j	10°	5453,33 c	3°	0,34
BRS 701 X CNPA ITA 90	111,72 f	11°	90,00 c	17°	19,44	4397,33 n	14°	4277,00 m	13°	1,20
BRS 701 X CNPA 5M	115,16 d	5°	87,66 d	20°	23,88	6091,33 e	5°	5236,66 e	5°	8,54
BRS 701 X CNPA 7MH	113,94 d	6°	90,33 c	15°	20,72	3945,66 s	19°	4540,00 i	9°	-5,94
BRS 701 X BRS SERIDO	110,83 f	14°	96,16 a	2°	13,24	6197,00 d	4°	4880,00 f	6°	13,17

Medias seguida da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ALT/C: Altura de plantas controle; ALT/E: Altura de plantas estressada; R: Ranking de colocação, antes e depois do estresse; DR%: Diferença relativa; PROD/C: Produtividade total das plantas controle; PROD/E: Produtividade total das plantas estressada.

Detar (2008) testou diferentes laminas de irrigação (50, 75 e 100% da ETc), nas cultivares AcalaMaxx e Acala PhytoGen-72 e verificaram redução de 50% na lamina de 50% da ETc. A cultivar Acala Max apresentou maior tolerância ao déficit hídrico. Em outro estudo, realizado por Arruda et. al. (2002), que analisaram o efeito do estresse hídrico em diferentes fases do algodoeiro (aos 35 dias após a emergência, no surgimento dos primeiros botões florais e no surgimento das primeiras maçãs), utilizando a cultivar CNPA 7H, os autores verificaram *shedding* de 28% de botões florais e declínio de 40% na produção, quando o estresse hídrico ocorreu no início dos botões florais. Esses resultados estão de acordo com os encontrados nesse trabalho.

Na Tabela 9 se encontra a análise dialélica para as variáveis que foram significativas para interação G x A. De acordo com os quadrados médios para CGC e CEC das quatro características agrônômicas do algodoeiro, obtidas no experimento sob condições de estresse hídrico, verificou-se efeito significativo para todas as variáveis na CGC dos grupos GI e GII, denotando importância no controle do efeito aditivo nas variáveis avaliadas, com pelo menos, um genitor diferiu dos outros, baseando-se no desempenho médio de suas combinações híbridas. Para CEC, os efeitos significativos foram verificados para altura (ALT) e produtividade (PROD), indicando que há também efeito de dominância ou epistasia (efeitos não aditivos) no controle das variáveis e que, pelo menos uma das combinações híbridas difere das demais estudadas, o que indica uma complementação de alelos favoráveis entre seus genitores, que pode ser explorada no melhoramento para gerar ganho genético. Para altura de planta predominou efeito de dominância com 71% de variância. Em relação a produtividade predominou efeito aditivo com 91% da variância.

Tabela 9. Quadrados médios da análise dialélica para características agronômicas do algodoeiro no tratamento estressado. Barbalha-CE, 2014.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		ALT	PROD	%FIB	P1C
TRATAMENTOS	19	17,52**	1768337,14**	17,00**	1,50**
CGC GI	4	12,20**	1693982,39**	34,97**	1,99**
CGC GII	3	15,85**	6187483,37**	58,86**	5,76**
CEC (GI x GII)	12	19,71**	688335,50**	0,55	0,28
RESIDUO	38	1,66	71090,63	1,76	0,16
MÉDIA		92,00	4672,93	41,65	5,81
DP		0,09	19,87	1,20	0,09

* ** ; significativo a 5 e a 1% de probabilidade pelo teste F. DP- desvio padrão, GI- Genitores com característica de produtividade GII- Genitores tolerantes a seca. Altura de plantas (ALT), produtividade (PROD), percentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (P1C).

Aguiar et al. (2007) avaliaram a CGC e CEC em oito cultivares de algodoeiro (Ita-90, Ita-96, Antares, Alva, CD-403, Delta Opal, CS-50 e IAC 22), baseando-se em caracteres agronômicos e verificaram efeitos significativos para altura da planta e produtividade. Karademir e Gencer (2010), ao avaliarem a heterose e a capacidade de combinação para as características de produção e de qualidade de fibra do algodoeiro, viram que os efeitos da CGC foram maiores do que os da CEC para produtividade e peso de um capulho. Raza et al., (2013) investigando a existência de variabilidade e herança genética entre cinco cultivares de algodoeiro, detectaram diferença significativa para CGC, indicando efeitos aditivos para altura de plantas, produtividade, percentagem de fibras e peso de um capulho, resultados semelhantes aos deste estudo.

Na Tabela 10 se encontram as estimativas da CGC para os genótipos componentes dos grupos I (GI) e II (GII), baseada nos caracteres ALT, PROD, %FIB e P1C. Verifica-se que as maiores contribuições para produtividade foram obtidas por BRS 286 (G1) e CNPA 5M (G2), que conseguiram elevar o caráter em 574,90 Kg ha⁻¹ e 935,06 Kg ha⁻¹, respectivamente. A BRS 286 (G1) também contribuiu para elevar a altura da planta em 1,40 cm. No grupo 2, só a CNPA 7MH, contribuiu para elevação desse caráter, embora com menor valor (0,74 cm). Para percentagem da fibra, não se verificou contribuição positiva, mas, para o peso de um capulho (P1C), as maiores contribuições foram para FM966 (G1) e BRS Seridó (G2), ambos com contribuição média de 0,60 g. Esses resultados indicam que os genitores citados podem ser

utilizados em trabalhos de melhoramento focalizado no ambiente semiárido, visando melhoria das características de altura, produtividade e peso de capulho.

Karademir e Gencer (2010) estudaram a capacidade de combinação e heterose em nove genótipos de algodão, envolvendo genótipos e linhagens, baseando-se em caracteres associados a produção de capulhos e fibras do algodão. O experimento foi conduzido em ambiente com restrição hídrica, com volume de chuvas de apenas 183 mm, suplementado com 750 mm via irrigação. Os autores verificaram efeito significativo para CGC para produtividade de algodão em caroço, percentagem de fibra e peso de 1 capulho. Já para CEC, não foi verificada diferença estatística significativa para os caracteres agronômicos. Também com 9 genótipos, Pedrosa et. al. (2001) estimaram as CEG e CEC baseando-se nos caracteres produtividade, peso de 1 capulho, percentagem de fibra, peso de 100 sementes, altura da planta e diâmetro da haste. O ensaio foi conduzido em Apodi, região semiárida do Rio Grande do Norte, em regime irrigado e de sequeiro. Os autores verificaram efeito de CEC apenas para percentagem de fibra e peso de 1 capulho.

Tabela 10. Estimativas da capacidade geral de combinação do grupo I e grupo II dos caracteres agronômicas. Barbalha-CE, 2014.

CARACTERÍSTICAS AVALIADAS				
GI	ALT (cm)	PROD (Kg ha ⁻¹)	%FIB (%)	P1C (g)
FMT 705	0,70*	-461,60*	2,11	0,14
FM 966	-0,66*	-52,85	0,21	0,61*
BRS RUBI	-0,48*	-120,93*	-2,59*	-0,46*
BRS 286	1,40*	574,90*	0,54	-0,16
FMT 701	-0,95*	60,48	-0,28	-0,13
GII				
CNPA ITA 90	-0,95*	-455,60*	1,35	0,01
CNPA 5M	-0,81*	935,06*	-2,79*	-0,85*
CNPA 7MH	0,74*	-382,26*	-0,02	0,24
BRS SERIDO	1,02*	-97,20*	1,45	0,60*

* significativo a 5% de probabilidade teste T. GI- Genitores elite GII- Genitores tolerantes a seca. Altura de plantas (ALT), produtividade (PROD), percentagem de fibra (%FIB) e peso de um capulho (P1C) de 20 híbridos F1's em condições de estresse hídrico.

Na Tabela 11 se encontram as estimativas dos efeitos da CEC para as combinações híbridas baseadas nas características de altura e produtividade. Verificaram-se valores positivos e negativos, indicando existência de desvio da dominância bidirecional, com genes que elevam e

reduzem a expressão do caráter. Verifica-se que combinações gênicas BRS RUBI X CNPA ITA 90, BRS 286 X CNPA 5M e BRS 286 x BRS SERIDO foram as de maior contribuição para elevar tanto a produtividade quanto a altura das plantas, nas seguintes medias, respectivamente: 571,93 Kg ha⁻¹ e 1,10 cm; 302,70 Kg ha⁻¹, e 2,13 cm, e 243,78 Kg ha⁻¹, e 4,10 cm. Em todas as combinações, percebe-se o papel da BRS Seridó como excelente cultivar visando elevar produção e altura, no melhoramento do algodoeiro.

Cabe ressaltar que, dependendo do foco do melhoramento, em alguma situação, a maior altura da planta pode não ser desejada. Nesse caso, as combinações BRS 286 X CNPA 5M, FMT 705 X CNPA 7MH, BRS RUBI X CNPA 5M, FM 966 X CNPA 7MH e BRS 701 X CNPA 7MH seriam as mais indicadas, todas contribuindo para reduzir a altura da planta e elevar a produtividade em 749,10 Kg ha⁻¹, 362,93 Kg ha⁻¹, 281,26 Kg ha⁻¹, 214,45 Kg ha⁻¹ e 188,85Kg ha⁻¹, respectivamente. Verifica-se que, na maioria dessas combinações, a CNPA 7MH está presente, sendo, portanto, um recurso genético valioso para o melhoramento visando redução de porte e elevação de produtividade em ambiente semiárido.

Tabela 11. Estimativa da capacidade específica de combinação (CEC) de 20 híbridos F¹'s em condições de estresse hídrico. Barbalha-CE, 2014.

CEC I X II	ALT (cm)	PROD (Kg ha ⁻¹)
FMT 705 X CNPA ITA 90	-0,53	8,60
FMT 705 X CNPA 5M	2,10*	-457,40*
FMT 705 X CNPA 7MH	-0,23	362,93*
FMT 705 X BRS SERIDO	-1,34*	85,85
FM 966 X CNPA ITA 90	0,62	91,51
FM 966 X CNPA 5M	2,81*	-141,15
FM 966 X CNPA 7MH	-2,07*	214,85*
FM 966 X BRS SERIDO	-1,35*	-165,21*
BRS RUBI X CNPA ITA 90	1,10*	571,93*
BRS RUBI X CNPA 5M	-0,36	281,26*
BRS RUBI X CNPA 7MH	2,78*	-386,06*
BRS RUBI X BRS SERIDO	-3,53*	-467,13*
BRS 286 X CNPA ITA 90	-1,11*	-671,23*
BRS 286 X CNPA 5M	-1,98*	749,10*
BRS 286 X CNPA 7MH	0,96*	-380,56*
BRS 286 X BRS SERIDO	2,13*	302,70*
BRS 701 X CNPA ITA 90	-0,08	-0,81
BRS 701 X CNPA 5M	-2,56*	-431,81*
BRS 701 X CNPA 7MH	-1,45*	188,85*
BRS 701 X BRS SERIDO	4,10*	243,78*

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste T.

5 CONCLUSÃO

Baseando-se nos resultados encontrados, conclui-se que os recursos genéticos utilizados para compor a população desse estudo apresenta variabilidade genética e oferece possibilidades de ganhos genéticos expressivos, subsídios valiosos para contribuir com o melhoramento de plantas focalizando na região semiárida.

Os efeitos aditivos são os mais importantes para produtividade, percentagem de fibras e peso de um capulho, enquanto os efeitos de dominância são os mais importantes para o melhoramento da altura da planta.

De um modo geral as combinações híbridas mais promissoras são BRS RUBI x CNPA 5M, BRS 286 x CNPA 5M e BRS 286 x BRS SERIDO, por apresentar melhor complementaridade para produtividade e se destacaram também para as outras características associada as maiores médias, CEC alta e possuindo pelo menos um dos pais com alta CGC, permitindo gerar genótipos superiores, proporcionando ganhos genéticos expressivos no processo seletivo.

6 REFERÊNCIAS

ABRAPA - **Associação Brasileira dos Produtores de Algodão**. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-Brasil.aspx>. Acesso em 01 de Janeiro 2016.

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

ARAÚJO, W.P; PEREIRA, J.R; ALMEIDA, E.S.A.B; ZONTA, J.H; GUERRA, H.O.C; BEZERRA, J.R.C. Resposta Fitotécnica do Algodoeiro Herbáceo BRS 8H, BRS Araripe e BRS Aroeira sob Lâminas de Água. **Educação Agrícola Superior**, v. 28, p. 67-72, 2013.

ARRUDA, F. P. D., ANDRADE, A. P. D., SILVA, I. D. F. D., PEREIRA, I. E; GUIMARÃES, M. A. Emission/abscission of reproductive structures of herbaceous cotton, cv. CNPA 7H: effect of the water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.21-27, 2002.

BALDISSERA, J. N. C.; VALENTINI, G.; COAN, M. M. D.; ALMEIDA, C. B.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. F. M. Capacidade combinatória e efeito recíproco em características agronômicas do feijão. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.2, p.471-480, 2012.

BALDO, R; SCALON, S .P. Q; ROSA, Y. B. C. J; MUSSURY, R. M; BETONI, R; BARRETO, W. S. Comportamento do algodoeiro cultivar delta Opal sob estresse hídrico com e sem aplicação de bioestimulante. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p. 1804- 1812, 2009.

BALOCH, M. J; KHAN, N. U; RAJPUT, M. A; JATOI, W. A; GUL, S; RIND, I.H; VEESAR, N. F. Yield related morphological measures of short duration cotton genotypes. **The Journal Animal. & Plant Science**. v.24, n.4, p.1198-1211, 2014.

BATISTA, C. H.; AQUINO L. A.; SILVA T. R.; SILVA, H. R. F. Crescimento e produtividade da cultura do algodão em resposta a aplicação de fósforo e métodos de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.4, p.197–206, 2010.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. Fitologia do algodão herbáceo – sistemática, organografia e anatomia. In: BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. v.1, Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 55-85. 1999.

BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; DIAS, J. M. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marron, irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 625-632, 2010.

CAVALCANTI, J. J. V. **Cruzamento dialélico parcial e avaliação de híbridos interpopulacionais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)**. Lavras: UFLA,. Dissertação de Mestrado, 67p. 1997.

CHASTAIN, D, R; SNIDER, J, L; COLLINS, G, D; PERRY, C, D; WHITAKER, J;. BYRD, S. Water deficit in field-grown *Gossypium hirsutum* primarily limits net photosynthesis by decreasing stomatal conductance, increasing photorespiration, and increasing the ratio of dark respiration to gross photosynthesis. **Journal of Plant Physiology**. v. 171, p.1576–1585, 2014.

COMSTOCK, .R. E; ROBINSON, H. F. The components of genetic variance in population of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. **Biometrics**, v.4, p.254–266, 1948.

CONAB - **Companhia nacional de abastecimento**. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 01 Janeiro 2016.

CRISÓSTOMO, J. R.; FREIRE, E. C.; CAVALCANTI, F. B. Avaliação de linhagens versus variedades comerciais de algodão herbáceo no agreste e no sertão do Nordeste brasileiro. In: **Melhoramento genético do algodoeiro**. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. Campina Grande, p.7-28. 1983.

CRUZ, C. D; REGAZZI, A; CARNEIRO, P. C. S. Análise dialélica. In: CRUZ, C, D. **Modelos bimétricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. Ed. Viçosa, MG: Ed.UFV, p. 236-367. (2012).

CRUZ, C. D; TORRES, R. A; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**. Ribeirão Preto, v.12, p.567-580, (1989).

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.

DEEBA, F; PANDEY A. K; RANJAN, S; MISHRA, A; SINGH, R; SHARMA, Y. K; SHIRKE, P. A; PANDEY, V. Physiological and proteomic responses of cotton (*Gossypium herbaceum* L.) to drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.53, p.6-18, 2014.

DETAR, W. R. Yield and growth characteristics for cotton under various irrigation regimes on sandy soil. **Agricultural Water Management**, v.95, p.69-76, 2008.

EMBRAPA – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar/subprodutos.html>. Acesso em 07 de março de 2016.

FAO - **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura**. Disponível em: <https://www.fao.org.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-mundo.aspx>. Acesso em 01 de Janeiro 2016.

FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C.; BELTRÃO, N. E. M.; BÉLOT, J. L., CARVALHO, L. P. Caracteres de importância econômica no melhoramento do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2nd Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.413-430. 2008.

FREIRE, E. C. Melhoramento no Brasil. In: **Algodão: do plantio à colheita**. Ed: Aluizio Borém, Eleusio Curvelo Freire. Viçosa, MG. p.113-132. 2014.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrus**, v.22, p.435-452, 1966.

GERALDI, I.O.; MIRANDA FILHO, J.B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v.11, n.4, p.419-430, 1988.

GRIFFING, B. Concept of general and specific ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.9, n.4, p.462-93, 1956.

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

IQBAL, K. F. M; AZHAR, I. A; KHAN, A; EHSAN, U. Variability for drought tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum*L) and its genetic basis. **African Journal of Agricultural**, v.13, p.61-66, 2011.

KARADEMIR, E; GENCER, O. Combining ability and heterosis for Yield and Fiber Quality Properties in Cotton (*G. hirsutum*L.) obtained by Half Diallel Mating Design. **Notula e Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v.38, n.1, p-222-227, 2010.

KEMPTHORNE, O; CURNOW, R.N. The partial diallel cross. **Biometrics**. v.17. p.229-250. 1961.

KHAN N; HASSAN G. Efeitos genéticos para características morfológicas e de rendimento em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Spanish Journal of Agricultural Research**. v.9, n.2, p-460-472, 2011.

KUAI, J; ZHOU, Z; WANG, Y; MENG, Y; CHEN, B; ZHAO, W. The effects of short-term water logging on the lint yield and yield components of cotton with respect to boll position. **European Journal of Agronomy**. v. 67, p. 61-74, 2015.

LIMA, T. C; AQUINO, L. A; BERGER, P.G. Botânica. In: **Algodão: do plantio à colheita**. Ed: Aluizio Borém, Eleusio Curvelo Freire. Viçosa, MG. p.50-66. 2014.

MAPA- **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/cultivares-de-zoneamento-por-safra>. Acesso: 01 de Janeiro de 2016.

MORESCO, E. R. **Taxa de cruzamento natural do algodoeiro herbáceo no Estado do Mato Grosso**. – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). 71.p, 1999.

NASCIMENTO, I. R; MALUF, W. R; GONÇALVES, L. D; FARIA, M. V; RESENDE, J. T. V; NOGUEIRA, D. W. Capacidade combinatória de linhagens de pimentão a partir de análise dialélica multivariada. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32. n.2. p. 235-240. 2010.

PEDROSA, M. B; FREIRE, E. C; COSTA, J. N; ANDRADE, F. P. Estimativa das capacidades combinatórias em híbridos F¹s de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) irrigado no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista de oleaginosas e fibrosas**. v.5, p. 439-445, 2001.

PENNA, J. C. V; MIRANDA, A. R. Controle artificial de polinização em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.3, p.347-352, 1991.

RAZA M, M; MUNAWAR M; HAMMAD G; ASLAM R; HABIB S; LATIF A. genetic analysis of some metric plant traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) through Hybridization. **Universal Journal of Plant Science**.v.1, n.1, p. 1-7, 2013.

RÊGO E. R; SANTOS R. M. C; RÊGO M. M; NASCIMENTO N. F. F.; NASCIMENTO M. F; BAIRRAL M. A. Quantitative and multi categoric descriptors for phenotypic variability. in a segregating generation of ornamental peppers. **Acta Horticulturae**. v.937, p.289-296, 2012.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G. A. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. **Algodão: tecnologia de produção**. Cap. 1. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 13-34, 2001.

RUSSEL, W. A; EBERHART, S. A. Hybrid performance of select maize lines from reciprocal recurrent selection and testcross selection programs. **Crop Science Society of America**, Madison, v. 15,n.1, p.1-4, 1975.

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

SILVA, A. V. **Caracteres morfológicos e produtivos do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz-ESALQ/USP, Piracicaba, 80.p, 2007.

SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M.; SILVA, A. O., SILVA, J. W. O. S.; MATOS, R. M. Oscilações no regime da precipitação pluvial no município de Barbalha-CE. **I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido** – SBRNS. Iguatu – CE, Brasil. 2013.

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

URIBE L.R; ABDELRAHEEM A; TIWARI R; GOPALAN C.S; HUGHS S.E; ZHANG J. Identification of drought-responsive genes in a drought tolerant cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivar under reduced irrigation field conditions and development of candidate gene markers for drought tolerance. **Molecular Breeding**.v.34.n.4 p.1777–1796, 2014.

VENCOVSKY, R; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: SBG, 496,p. 1992.

VIDAL NETO, F. das C.; FREIRE, E. C. Melhoramento genético do algodoeiro. In: **Melhoramento genético de plantas no Nordeste.** Ed. Francisco das Chagas Vidal Neto, José Jaime Vasconcelos Cavalcanti, - Brasília, DF. p.49-84. 2013.

WELLS, R; STEWART, A. M. Morphological alterations in response to management and environment. Ed. STEWART J, OOSTERHUIS D, HEITHOLT J, MAUNEY J, editors. In: **Physiology of cotton.** Netherlands: Springer; p. 24–32. 2010.

ZONTA, J. H., BEZERRA, J. R. C., SOFIATTI, V., FARIAS, F. J. C; CARVALHO, L. P. Efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibras em cultivares de algodoeiro herbáceo. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.43-52, 2015.