



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I- CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

SEVERINO MOREIRA DA SILVA

**PROGÊNIES DE ALGODOEIRO TOLERANTES AO ESTRESSE
HÍDRICO**

**CAMPINA GRANDE
2023**

SEVERINO MOREIRA DA SILVA

**PROGÊNIES DE ALGODOEIRO TOLERANTES AO ESTRESSE
HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Área de concentração: Agricultura Familiar e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti

Coorientador: Coorientador: Dr. Francisco José Correia Farias

**CAMPINA GRANDE
2023**

É expressamente proibido 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 do trabalho.

S586p Silva, Severino Moreira da.
Progênes de algodoeiro tolerantes ao estresse hídrico
[manuscrito] / Severino Moreira da Silva. - 2022.
45 p.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) -
Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências
Biológicas e da Saúde, 2023.

"Orientação : Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti,
Coordenação do Curso de Ciências Agrárias - CCHA. "

"Coorientação: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias ,
Coordenação do Curso de Ciências Agrárias - CCHA."

1. Melhoramento genético. 2. *Gossypium hirsutum*. 3.
Deficit hídrico. I. Título

21. ed. CDD 633.51

SEVERINO MOREIRA DA SILVA

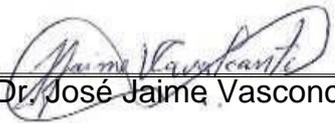
PROGÊNIES DE ALGODOEIRO TOLERANTES AO ESTRESSE
HÍDRICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

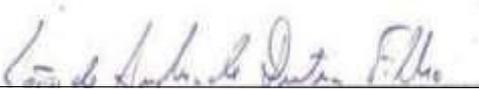
Área de concentração: Agricultura Familiar e Sustentabilidade.

Aprovado em: 12/12/2022.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos


Prof. Dra. Liziane Maria de Lima- Examinadora (Embrapa Algodão)


João de Andrade Dutra Filho- Examinador (UFPE)

A meu amado avô Arnaldo, *In memoriam*, DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente; aos meus pais (Assis e Janilza); às minhas avós Marias; e aos meus irmãos, em especial Maria e Lucas, por todo apoio e suporte.

Ao meu querido Júnior, por estar comigo ao longo de toda essa jornada.

Aos meus colegas de mestrado, em especial minhas amigas Sabrina e Jailma, por toda ajuda.

À minha amiga Lucy, por toda força e conselhos.

A Jean Pierre, por todas as contribuições para a execução deste trabalho.

Ao meu orientador Dr. Jaime, por sua orientação, por toda paciência e pelo conhecimento compartilhado.

Ao meu coorientador Dr. Farias.

Por fim, agradeço à UEPB, ao PPGCA e a Embrapa Algodão.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

RESUMO

Em decorrência da baixa precipitação e dos períodos prolongados de estiagem nas regiões semiáridas do Brasil, a produção do algodoeiro é comprometida, principalmente quando cultivado em regimes de sequeiro. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho de 20 híbridos de algodoeiro cultivados sob déficit hídrico. Foram utilizados nove cultivares de algodoeiro para obtenção das seguintes combinações híbridas: FMT 705 x CNPA ITA 90; FMT 705 x CNPA 5M; FMT 705 x CNPA 7MH; FMT 705 x BRS Seridó; FM 966 x CNPA ITA 90; FM 966 x CNPA 5M; FM 966 x CNPA 7MH; FM 966 x BRS Seridó; BRS RUBI x CNPA ITA 90; BRS RUBI x CNPA 5M; BRS RUBI x CNPA 7MH; BRS RUBI x BRS Seridó; BRS 286 x CNPA ITA 90; BRS 286 x CNPA 5M; BRS 286 x CNPA 7MH; BRS 286 x BRS Seridó; BRS 701 x CNPA ITA 90; BRS 701 x CNPA 5M; BRS 701 x CNPA 7MH; BRS 701 x BRS Seridó. O ensaio foi conduzido no campo experimental da Embrapa Algodão em Barbalha, CE. A unidade experimental foi constituída por 2 fileiras de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,90 m x 0,20 m, com densidade populacional de 70 plantas por parcela e delineamento experimental em blocos ao acaso. As variáveis analisadas foram: altura de planta, produtividade de algodão em caroço, porcentagem de fibra, peso de um capulho, comprimento de fibra, uniformidade de fibra, índice de fibras curtas, resistência, alongamento à ruptura, índice de micronaire e índice de fiabilidade. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa GENES, versão 1990.2017.46 (Cruz, 2013). A análise de variância foi realizada por meio do teste F para constatar a variabilidade entre os materiais e o teste de Scott e Knott foi realizado para análise de agrupamento de médias. Para as análises de correlação aplicou-se o teste de correlação de Pearson e o índice de Mulamba e Mock (1978) foi utilizado para classificar os materiais que obtiveram os melhores desempenhos e estimar o ganho genético. Os caracteres avaliados apresentaram alto coeficiente de determinação genético para todos os caracteres. As variáveis %FIB, comprimento, índice de fiabilidade e uniformidade obtiveram as melhores médias para todos os híbridos sob condição de estresse. Os maiores ganhos de seleção foram observados para as variáveis peso de um capulho (10,12%) e produtividade (8,11%). De acordo com o índice de Mulamba e Mock (1978), as progênies selecionadas foram: BRS 286 x BRS Seridó; FMT 705 x CNPA 7MH; FM 966 x BRS Seridó e FMT 705 x BRS Seridó. Tais combinações apresentaram perspectivas positivas e promissoras no âmbito do melhoramento genético do algodoeiro para a região semiárida, para o desenvolvimento de novas linhagens/cultivares.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*; déficit hídrico; melhoramento genético.

ABSTRACT

Due to the low rainfall and prolonged periods of drought in the semi-arid regions of Brazil, cotton production is compromised, especially when cultivated under rainfed regimes. In this sense, the present work aims to evaluate the performance of 20 cotton hybrids cultivated under water deficit. Nine cotton cultivars were used to obtain the following hybrid combinations: FMT 705 x CNPA ITA 90; FMT 705 x CNPA 5M; FMT 705 x CNPA 7MH; FMT 705 x BRS Seridó; FM 966 x CNPA ITA 90; FM 966 x CNPA 5M; FM 966 x CNPA 7MH; FM 966 x BRS Seridó; BRS RUBI x CNPA ITA 90; BRS RUBI x CNPA 5M; BRS RUBI x CNPA 7MH; BRS RUBI x BRS Seridó; BRS 286 x CNPA ITA 90; BRS 286 x CNPA 5M; BRS 286 x CNPA 7MH; BRS 286 x BRS Seridó; BRS 701 x CNPA ITA 90; BRS 701 x CNPA 5M; BRS 701 x CNPA 7MH; BRS 701 x BRS Seridó. The experiment was carried out in the experimental field of Embrapa Algodão in Barbalha, CE. The experimental unit consisted of 2 rows of 5m in length, with a spacing of 0.90m x 0.20m, with a population density of 70 plants per plot and experimental design in randomized blocks. The variables analyzed were: plant height, seed cotton yield, fiber percentage, boll weight, fiber length, fiber uniformity, short fiber index, strength, elongation at break, micronaire index and reliability index. Statistical analyzes were performed using the GENES program, version 1990.2017.46 (Cruz, 2013). The analysis of variance was carried out using the F test to verify the variability between the materials and the Scott and Knott test was applied for the grouping analysis of means. For the correlation analysis, the Pearson correlation test was applied and the Mulamba and Mock (1978) index was used to classify the materials that obtained the best performances and to estimate the genetic gain. The evaluated characters have a high coefficient of genetic determination for all characters. The variables %FIB, length, reliability index and uniformity obtained the best averages for all hybrids under stress condition. The greatest selection gains were observed for the variables: weight of a boll (10.12%) and productivity (8.11%). According to Mulamba and Mock (1978)' index, the selected progenies were: BRS 286 x BRS Seridó; FMT 705 x CNPA 7MH; FM 966 x BRS Seridó and FMT 705 x BRS Seridó. Such combinations presented positive and promising perspectives in the scope of cotton genetic improvement for the semiarid region and for the development of new lines/cultivars.

Keywords: *Gossypium hirsutum*; water déficit; genetical enhancement.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cultivares e as principais características utilizadas para os cruzamentos e posterior obtenção dos híbridos.....	19
Tabela 2 - Esquema de dialelo parcial dos genitores com características de produtividade (G1) e os genitores de tolerância à seca (G2) e seus respectivos híbridos (F1's)	19
Tabela 3 - Esperança do quadrado médio E(QM).....	21
Tabela 4 - Análise de variância para as características altura (ALT), produtividade (PROD), porcentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (PIC), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibra curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice de micronaire (MIC) e índice de fiabilidade (CSP).....	24
Tabela 5 - Médias dos híbridos para as variáveis altura (ALT), produtividade (PROD), porcentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (PIC), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice de micronaire (MIC) e índice de fiabilidade (CSP).	26
Tabela 6 - Coeficientes de correlação de pearson entre os caracteres altura (alt), produtividade (PROD), porcentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (PIC), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibra curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice de micronaire (MIC) e índice de fiabilidade (CSP).	33
Tabela 7 - Estimativas para o ganho de seleção (gs%), média da população inicial (X0), média da população selecionada (Xs) e herdabilidade(h ²), obtidas para os caracteres altura (ALT), produtividade (PROD), porcentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (PIC), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibra curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice de micronaire (MIC) e índice de fiabilidade(CSP).....	35
Tabela 8 - Progênes selecionadas pelo índice de seleção de mulamba e mock (1978) e seus respectivos resultados para as variáveis altura (ALT), produtividade (PROD), porcentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (PIC), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibra curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice de micronaire (MIC) e índice de fiabilidade (CSP).....	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	A cultura do algodoeiro	11
2.2	Estresse hídrico	13
2.3	Melhoramento genético	15
2.4	Métodos de melhoramento genético	16
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Localização do experimento e material vegetal	19
3.2	Delineamento experimental	20
3.3	Características avaliadas	20
3.4	Delineamento estatístico	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5	CONCLUSÕES	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O algodão é uma espécie pertencente à família Malvaceae, teve sua domesticação há mais de 4000 anos no sul da Arábia e seu centro de origem encontra-se na Índia. No continente americano, mais especificamente no Peru, existem relatos que apontam que os Incas e outras civilizações antigas já faziam uso do algodão a mais de 4000 a.c. (AMPA, 2021).

Anualmente, em média, 35 milhões de hectares de algodão são plantados, movimentando cerca de US\$ 12 bilhões mundialmente e gerando emprego e renda para mais de 350 milhões de pessoas, considerando todo seu processo de produção (ABRAPA, 2021).

Segundo a Sociedade Nacional de Agricultura (2022), a produção global de algodão deve ser superior a 26 milhões de toneladas em 2021/2022, representando um aumento de 8,36% em relação ao ciclo anterior.

O Brasil se apresenta como quinto maior produtor mundial, os estados brasileiros que mais produzem a cultura são Mato Grosso, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. A produção desta cultura concentra-se na região Centro-Oeste, entretanto, na região Nordeste a cultura do algodoeiro possui importância econômica e social, tendo seu cultivo realizado tanto nos regimes de sequeiro quanto em sistemas irrigados (CARVALHO et al., 2015).

De acordo com fatores como o solo, clima e a própria cultura, o algodoeiro carece, com certa frequência, de uma adequada quantidade de água definida a partir dos fatores anteriormente citados, mesmo que o algodoeiro apresente boa tolerância a estresse hídrico. Portanto, a disponibilidade de água adequada contribui para o aumento da produtividade e, por fim, na obtenção de fibras de melhor qualidade (ALMEIDA et al., 2016).

Dentre os diversos estresses ambientais ao qual o algodoeiro é exposto, o déficit hídrico é o mais significativo, uma vez que reflete diretamente na produtividade agrícola (SOARES et al., 2020).

A irregularidade pluviométrica no semiárido nordestino é uma das principais características desta região, a má distribuição das chuvas ocorre tanto temporalmente, como espacialmente, associado a este fenômeno temos as altas taxas de evapotranspiração favorecendo, assim, para a redução da disponibilidade de água (BRITO et al., 2007; SILVA et al., 2017).

Nesse sentido, muitos pesquisadores têm buscado alinhar a produtividade das culturas a características como tolerância aos estresses abióticos, visto que a seca se apresenta como uma limitação para as atividades agrícolas. Porém, um grande desafio é posto aos melhoristas:

conseguir reunir a maior frequência possível de alelos favoráveis em um só genótipo (PASSOS, et al., 2010; BERNINI, et al., 2020), trabalho que é feito a cada geração.

Considerando esse contexto, em decorrência da baixa precipitação e dos períodos de estiagem prolongadas, a produção desta cultura nas regiões semiáridas do Brasil é comprometida. Assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar o desempenho de 20 híbridos de algodoeiro, oriundos de cruzamentos de cultivares já estabelecidos no mercado, sob suspensão hídrica, em relação ao seu desempenho sob regime de irrigação, tendo como base algumas características agronômicas e de qualidade de fibra.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura do algodoeiro

A cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) apresenta suas primeiras referências históricas no código de Manu, século VII a.C., que é considerada a legislação mais antiga da Índia. No entanto, foi no sul da Arábia que ocorreu sua domesticação há mais de 4000 anos. Vale ressaltar também que foram os árabes que difundiram a cultura do algodoeiro na Europa, gerando expressões como cotton em inglês, cotonete em italiano, algodón em espanhol e algodão em português (AMPA, 2021).

Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA, 2021), o Brasil figura entre os cinco maiores produtores de algodão, juntamente com a China, Índia, EUA e Paquistão. Além disso, o país é o primeiro colocado na produtividade da cultura em regime de sequeiro.

Estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento, (CONAB, 2022), a produção de algodão em caroço para a safra brasileira 2021/2022 é de 6.845,0 mil t.ha⁻¹ com uma variação positiva em 18,1% em relação à safra 2020/2021. O destaque vai para as regiões Nordeste, em especial o estado da Bahia, e o Centro-Oeste, representado pelo estado do Mato Grosso.

O algodão é uma planta de metabolismo fotossintético do tipo C3, apresenta alta sensibilidade tanto à falta de luminosidade quanto a elevadas temperaturas (VILELA, 2022). Possui uma complexa morfologia e um crescimento indeterminado. Além disso, as diferentes cultivares de algodoeiro também apresentam diferentes ciclos, podendo estes serem precoces (130 dias) ou tardios (mais de 170 dias) (SOUSA, 2010).

O algodoeiro oferece uma das mais consideráveis fibras têxteis do mundo, oferecendo um leque de produtos e de utilização, ocupando um papel importante nas economias brasileira e mundial, por esse motivo é visto como uma das culturas de maior aproveitamento e está entre as dez maiores fontes de riqueza do agronegócio brasileiro (COSTA et al., 2005).

A cultura do algodoeiro apresenta diversas utilidades para a indústria. Comercialmente, seu cultivo se dá por suas fibras e sementes. Na indústria, a fibra é utilizada em fios, confecção, tecidos, linhas cotonetes, ataduras, obtenção de celulose, placas radiográficas, filmes fotográficos e algodão absorvente para a enfermagem; já de seu caroço é extraído óleo que pode ser utilizado na alimentação de animais ruminantes, na produção de adubo, óleo refinado, margarina e biodiesel (MANIÇOBA et al., 2021).

A fibra do algodoeiro, atualmente, é classificada pelo High Volume Instrument (HVI), que leva em consideração as características físicas intrínsecas e extrínsecas da fibra para comercialização, conforme a legislação vigente, reduzindo, assim, a parcialidade gerada na classificação manual/visual, além de fornecer outras determinações importantes para a classificação. Tais informações são imprescindíveis na indústria e decisivas para a comercialização (VIDAL NETO e FREIRE 2013).

Alguns padrões mínimos devem ser levados em consideração. Quanto às características tecnológicas de fibra, como, por exemplo: peso médio do capulho acima de 5,0 g; porcentagem de fibra que seja acima de 40%; peso de 100 sementes abaixo de 12,5 g; comprimento da fibra maior que 29,5 mm; uniformidade de comprimento acima de 84%; resistência maior que 29,5 gf.tex⁻¹; índice de micronaire entre 3,7 a 4,2; maturidade da fibra acima de 85%; alongamento a ruptura maior que 7%; reflectância acima de 78 e grau de amarelecimento abaixo de 9,0 (ARAÚJO et al., 2013).

Em solo brasileiro a produção de algodoeiro é concentrada na região CentroOeste, porém, vale ressaltar a importância socioeconômica que o algodão apresenta para a região Nordeste, podendo, nesta região, ser cultivado tanto com suporte de irrigação quanto em regime de sequeiro (CARVALHO et al., 2015).

Durante muitos anos a prática da cotonicultura caracterizou-se como uma atividade rotineira na região semiárida, obtendo um papel de grande importância nos cenários sociais e econômicos desta região, reflexos, principalmente, da elevada necessidade de mão de obra para realização desta atividade, direta ou indiretamente envolvidas (BELTRÃO et al., 2011).

Na década de 1980, alguns fatores levaram a uma redução considerável na produtividade e na área plantada, como, por exemplo, a baixa dos preços no mercado regional, a praga bicudo (*Antonomus grandis*) e fenômenos meteorológicos adversos (SILVA et al., 1998).

Com isso, almejando o aumento da produtividade em meio às especificidades de cada área a ser cultivada, como no caso do semiárido, faz-se necessário o desenvolvimento de cultivares que consigam se adaptar às mais diversas condições, em especial aos estresses abióticos, como é o caso da seca.

É importante destacar que os eventos de seca no semiárido brasileiro apresentam comportamentos variados, ou seja, pode haver secas parciais nos quais pode-se observar tal fenômeno ocorrendo apenas em algumas áreas, e também seca total, onde todas as áreas da região são atingidas (TAVARES et al., 2019). Assim, o desenvolvimento de tecnologias que atuem no aumento do rendimento de plantas e possam também trazer melhorias na qualidade

dos produtos agrícolas é um fator essencial para uma maior eficiência no uso da água, evitando consequentemente seu desperdício (PIMENTA et al., 2021).

Além disso, em sistemas com irrigação, para contribuir com a redução da água utilizada na irrigação, uma prática que vem sendo difundida é o uso do déficit hídrico controlado durante a rega, para, dessa maneira, manter a produtividade das culturas e ainda ter um uso eficiente da água, aumentando, portanto, a sustentabilidade do sistema utilizado e garantindo o retorno da produção por unidade de água aplicada (ZONTA et al., 2015).

2.2 Estresse hídrico

Para a promoção de seu crescimento, as plantas, de uma forma geral, necessitam de alguns recursos, dentre todos, a água é o mais limitante no que se refere à produção agrícola, pois é fundamental para as plantas realizarem os mais diversos processos metabólicos, especialmente nas primeiras fases de desenvolvimento (SOUZA et al., 2001).

Dessa forma, as áreas de produção de algodão no semiárido brasileiro são caracterizadas por chuvas irregulares, apresentando períodos com boa disponibilidade de água, bem como repetidos e longos períodos de seca, configurando-se numa problemática para a produção desta cultura na região (MANIÇOBA et al., 2021).

Nesta perspectiva, a água passa a ser um fator limitante, em especial nas regiões semiáridas da região Nordeste, na qual, por consequência, há um menor armazenamento e abastecimento dos corpos hídricos, fazendo com que a otimização do uso da água se torne tão importante (PEREIRA et al., 2017).

O déficit hídrico é o resultado negativo do balanço hídrico, no qual o total de água que entra no sistema por meio da precipitação é menor que a totalidade de água perdida, tanto pela evaporação da água do solo, como pela transpiração pelas plantas, processo esse denominado evapotranspiração. A técnica do estresse hídrico deve ser bem estudada de região para região, uma vez que as condições climáticas para cada uma são variáveis, além disso, esses estudos não devem ter regras pré-estabelecidas de datas marcadas para iniciar nem para terminar (DUARTE et al., 2012).

O fechamento estomático é apontado como uma das primeiras respostas das plantas ao déficit hídrico e, por consequência, a diminuição das trocas gasosas entre o vegetal e o ambiente, resultando assim na queda do processo fotossintético (SOUZA et al., 2001). Pereira et al. (2020), em seu trabalho sobre as respostas fisiológicas do algodoeiro ao estresse salino, afirmaram que a condutância estomática no algodoeiro é reativa à diminuição da umidade no

solo, porém, em seu estudo, os autores também apontam que tal resposta dependeu também do genótipo utilizado.

Ao avaliarem o desempenho de sementes de algodão submetidas à deficiência hídrica e presença de *Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides*, Barrocas et al. (2014), apontaram que períodos prolongados de deficiência hídrica em sementes de algodão podem prejudicar tanto a emergência quanto o estabelecimento das plantas no campo.

Em sua pesquisa sobre o efeito de genótipos e do ambiente na formação de neps na fibra de algodão, Kondo et al. (2011) concluíram que, dentre outras coisas, os fatores ambientais também podem influenciar na predisposição da fibra para formação dos neps e na instabilidade de desempenho dos genótipos quanto a essa característica.

Ainda sobre as respostas vegetais à deficiência hídrica, Santos e Carlesso (1998) afirmaram que a irreversibilidade do comportamento das alterações provocadas pela deficiência hídrica nos vegetais depende de fatores como duração, estágio de desenvolvimento da planta, severidade e do genótipo.

Ao avaliarem o efeito do déficit hídrico aplicado em diferentes fases fenológicas, sobre a produtividade de algodão em pluma, floração, formação de capulhos, percentagem e qualidade das fibras de cultivares de algodão herbáceo, Lima et al. (2018) concluíram que o efeito foi mais relevante nas fases de floração e formação de capulhos.

Pesquisando os efeitos do déficit hídrico sobre a fenometria e a tecnologia de fibra de algodoeiro herbáceo, cultivado em condições de clima semiárido e Silva et al. (1998) observaram que a produtividade de algodão em caroço do tratamento não estressado foi cerca de 3.960 kg.ha^{-1} , ao passo que no tratamento estressado o rendimento foi de 2.690 kg.ha^{-1} , evidenciando o quanto a importância do suprimento ideal de água para a cultura é primordial para a obtenção de melhores resultados. Ainda assim, os caracteres de qualidade fibra avaliados (finura, maturidade, resistência e comprimento) receberam a mesma classificação.

Tendo em vista as mudanças climáticas que vêm ocorrendo nos últimos anos, em especial aquelas relacionadas à escassez de água, o desenvolvimento e a identificação de cultivares que apresentem capacidade de tolerância a ambientes com restrição hídrica é uma importante estratégia adotada em diversos programas de melhoramento genético (MATOS et al., 2014; VASCONCELOS et al., 2018).

Com isso, a utilização de cultivares que sejam de boa adaptação às diferentes condições edafoclimáticas apresenta-se como um fator essencial para ampliação na produtividade de qualquer cultura (ARAÚJO et al., 2013). Quanto às mudanças climáticas que vêm ocorrendo por todo o mundo e, sendo a seca um fenômeno de ocorrência mundial, é imprescindível que

haja investimentos em pesquisas e desenvolvimento de cultivares com tolerância ao estresse hídrico (LIMA et al., 2019).

2.3 Melhoramento genético

A principal dificuldade encontrada para que se possa fazer a seleção de genótipos que apresentem um desenvolvimento satisfatório é a influência exercida pelo ambiente sobre os diferentes genótipos. Assim, faz-se necessária uma atenção maior aos materiais que tenham uma ampla estabilidade ou até mesmo fazer um agrupamento de regiões geográficas com características ambientais semelhantes, no intuito de promover reduções na influência exercida pela interação genótipo x ambiente. Desta forma, diversos são os métodos de melhoramento empregados com a finalidade de suprir a demanda dos produtores, além de fornecer materiais que sejam adaptados às mais diversas regiões e situações de cultivo no mundo (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Um dos maiores desafios enfrentados pelo melhoramento genético de plantas é a interação genótipo x ambiente (G x A). Tal fator implica diretamente tanto nos procedimentos de seleção como também na recomendação de cultivares. Dito isto, vale ressaltar que, normalmente, melhoristas buscam por genótipos estáveis e produtivos (SUINAGA et al., 2006).

Interação GxA significativa demonstra comportamentos diferenciados dos genótipos diante das mudanças de ambiente. Por isso, quando surgem novas cultivares é preciso que haja o estudo em diferentes ambientes, pois, de acordo com as variações ambientais existentes, as cultivares podem apresentar um comportamento diferencial, sendo assim, denominado de interação genótipo x ambiente (GxA) (YOKOMIZO et al., 2016).

Os programas de melhoramento buscam atender aos objetivos almejados pelos produtores e pela indústria têxtil. Dessa forma, procuram melhorar caracteres quantitativos, estes, por sua vez, podem ser agronômicos, quando falamos de altura de planta, dias para a maturação, massa e número de capulhos, por exemplo, e também buscam aperfeiçoar os caracteres tecnológicos, como micronaire, comprimento e resistência de fibras, índice de fibras curtas e fiabilidade. Tais caracteres são resultantes da ação de vários genes e são grandemente influenciados pelo ambiente (TEODORO, 2017).

Objetivando verificar a interação genótipos x ambientes e determinar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de 11 genótipos de algodoeiro de fibra marrom, em regime irrigado e de sequeiro, Carvalho et al. (2015) concluíram que a interação G x A se fez presente na maioria

dos caracteres de fibra avaliados e que possui uma natureza complexa, uma vez que há variação no ordenamento dos genótipos nos vários ambientes.

Assim, os métodos de seleção a serem utilizados serão aqueles que consigam incorporar características como adaptabilidade e estabilidade fenotípica em uma única espécie cultivada, esta, por sua vez, pode ser considerada superior quando comparada com aquela espécie que apresenta apenas produção como principal critério de seleção (RESENDE et al., 2007).

No caso específico do algodoeiro, o melhoramento vegetal busca genótipos que consigam atender a três setores da economia, os quais são: cotonicultores, descaroçadores e o complexo têxtil. Nos cruzamentos busca-se as combinações de alelos favoráveis que origemem cultivares comerciais com boa adaptabilidade às regiões onde será cultivado. Esse processo conta com etapas que são de grande importância e uma delas é justamente a identificação das melhores combinações híbridas (AGUIAR et al., 2007).

No algodoeiro, no que concerne às características tecnológicas da fibra, alguns caracteres como porcentagem de fibra, índice de fibras curtas, comprimento, resistência e finura são de grande relevância para o melhoramento genético da cultura, visto que são determinantes para a qualidade de seus produtos e, conseqüentemente, para o rendimento financeiro dos produtores (RESENDE et al., 2014).

Nessa perspectiva, Almeida et al. (2016), avaliaram a qualidade da fibra de cultivares de algodoeiro submetidas à deficiência hídrica em diferentes fases fenológicas do ciclo e concluíram que o déficit hídrico afetou o índice de micronaire, a maturidade e o alongamento da fibra das cultivares avaliadas.

É importante ressaltar que para podermos considerar um genótipo estável, este deverá apresentar um desempenho em um determinado lugar em uma escala de tempo não divergente de seu desempenho médio quando em ambientes diferentes (GONÇALVES et al., 2003).

2.4 Métodos de melhoramento genético

Os programas de melhoramento genético têm por escopo a busca por características que correspondam às demandas da cadeia produtiva e o estabelecimento de padrões, ambos com o intuito de proporcionar um aumento na produtividade e na qualidade dos produtos. Na cultura do algodoeiro, esse melhoramento genético atua no aumento do rendimento e qualidade da fibra, no estímulo à tolerância a fatores tanto bióticos e abióticos, como por exemplo a deficiência hídrica (NOVAES et al., 2011; FREIRE et al., 2015; RODRIGUES et al., 2016).

De maneira geral, em programas de melhoramento para o desenvolvimento de novas cultivares, estudos básicos de diversidade genética são de fundamental importância, uma vez que estes orientam quais cruzamentos realizar para atingir os objetivos de um programa específico de melhoramento (PEIXOTO et al., 2022).

Segundo Vidal Neto (2013) e Freire (2014), a cultura do algodoeiro possui um sistema de fertilização misto ou parcialmente autógamo, no qual têm-se flores hermafroditas que promovem tanto a autofecundação quanto o cruzamento natural, este, por sua vez, é promovido por meio de insetos polinizadores.

O controle da polinização pode ser feito com o auxílio de sacos de papel, barbante de algodão, cliques para papel ou fio de cobre, faz-se a proteção do botão floral contra sua abertura e uma possível visita de insetos polinizadores. Para a condução dos cruzamentos faz-se a emasculação das flores que irão receber o pólen, as quais são protegidas na tarde anterior à abertura e polinizadas na manhã seguinte com o pólen do doador masculino e, em seguida, protegidas novamente para evitar contaminação. Conhecer o sistema reprodutivo e a taxa de alogamia da cultura do algodoeiro é fundamental, pois, tais informações auxiliam na escolha do método de melhoramento a ser utilizado, bem como na manutenção da pureza dos genótipos (Vidal Neto et al., 2009).

De acordo com Borém (2014), seleção massal, seleção genealógica, seleção pedigree-massal, seleção recorrente, hibridação e retrocruzamento são métodos de melhoramento genético bastante utilizados na cultura do algodoeiro.

De uma forma geral, os principais métodos de melhoramento genético utilizados na cultura do algodoeiro são o método genealógico, que é utilizado para controle parental e é o principal método utilizado na maioria dos programas de melhoramento do algodoeiro, no qual ocorre a seleção individual de plantas baseando-se nas características fenotípicas com estudo posterior das progênes; temos também o método bulk, utilizado para melhoramento de grandes populações e cujo objetivo é a seleção natural; e, por fim, temos o retrocruzamento utilizado para incorporação de poucos genes específicos (BORÉM, 2005).

Vale destacar também que, desde a década de 1940, a produção de híbridos F1 de algodoeiro é estudada. A Embrapa desenvolveu no Brasil uma série de cruzamentos intra e interespecífico, buscando, justamente, a obtenção dos melhores híbridos a partir da identificação das melhores combinações, para serem distribuídos em regiões de cultivo do algodão mocó (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

Tal prática apresenta resultados positivos e promissores. Em seu trabalho intitulado “Variabilidade genética de populações oriundas do cruzamento de algodão branco e colorido

para melhoria de qualidade de fibra no norte de Minas Gerais”, Juhasz et al. (2013) concluíram, dentre outras coisas, que as hibridações específicas geraram diversidade genética nas populações segregantes, tanto para as características vegetativas quanto para as características de qualidade de fibra avaliados.

Nesse sentido, Bertini et al. (2001), avaliando a ação gênica, heterose e depressão endogâmica de caracteres de produção em linhagens mutantes de algodoeiro herbáceo, concluíram que avanços genéticos pela utilização de híbridos de primeira geração podem ser alcançados em caracteres como: n° de dias para a floração, n° de capulhos, peso médio do capulho, produção total e peso de 100 sementes.

Uma boa estratégia, que pode ser usada nos programas de melhoramento para aumentar sua eficiência, é justamente a identificação de populações que sejam promissoras, advindas de híbridos simples que apresentem altos rendimentos. Tais híbridos já apresentam adaptabilidade e já foram bastante avaliados e selecionados com base nos fenótipos desejáveis, além de apresentarem alto potencial produtivo em decorrência do acúmulo de alelos favoráveis (OLIBONI et al., 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento e material vegetal

O trabalho foi conduzido nos campos experimentais da Embrapa Algodão em Barbalha, Ceará, localizada na região cariri cearense, (07° 18'18" S; 39°18'7" W, 414m). Foram utilizados 9 cultivares de algodoeiro com características de porte, coloração e qualidades distintas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Cultivares e as principais características utilizadas para os cruzamentos e posterior obtenção dos híbridos

Cultivar	Porte	Cor da fibra	Característica
FMT 705	Herbáceo	Branca	Produtividade
FM 966	Herbáceo	Branca	Produtividade
BRS RUBI	Herbáceo	Marrom	Produtividade
BRS 286	Herbáceo	Branca	Produtividade
FMT 701	Herbáceo	Branca	Produtividade
CNPA ITA 90	Herbáceo	Branca	Tolerância à seca
CNPA 5M	Arbóreo	Branca	Tolerância à seca
CNPA 7MH	Arbóreo	Branca	Tolerância à seca
BRS SERIDÓ	Herbáceo	Branca	Tolerância à seca

Fonte: Adaptado de Vasconcelos (2016)

Tanto a escolha dos genitores como os cruzamentos dialélicos realizados (Tabela 2) para obtenção dos híbridos utilizados nesta pesquisa seguiram o proposto por Vasconcelos (2016), que, por sua vez, utilizou a metodologia de cruzamentos dialélicos parciais proposto por Geraldi e Miranda Filho (1988).

Tabela 2: Esquema de dialelo parcial dos genitores com características de produtividade (G1) e os genitores de tolerância à seca (G2) e seus respectivos híbridos (F1's)

G1	G2			
	CNPA ITA 90	CNPA 5M	CNPA 7MH	BRS Seridó
FMT 705	Y ₁₆	Y ₁₇	Y ₁₈	Y ₁₉
FM 966	Y ₂₆	Y ₂₇	Y ₂₈	Y ₂₉
BRS RUBI	Y ₃₆	Y ₃₇	Y ₃₈	Y ₃₉
BRS 286	Y ₄₆	Y ₄₇	Y ₄₈	Y ₄₉
FMT701	Y ₅₆	Y ₅₇	Y ₅₈	Y ₅₉

Fonte: Vasconcelos (2016)

Foram realizados tratamentos culturais de acordo com a necessidade da cultura durante a condução do experimento, através do uso de inseticidas e herbicidas. Para o controle de plantas daninhas realizou-se a aplicação de herbicidas, tanto em pré-emergência, como no pós-emergência (VASCONCELOS, 2016).

O solo foi classificado como Neossolo flúvico, de textura franco argilosa (VASCONCELOS, 2016), realizou-se a adubação de fundação com 250 kg MAP. h⁻¹, na adubação de cobertura e 125kg de ureia h-1 de acordo com a recomendação de adubação resultante da análise de solo.

3.2 Delineamento experimental

A unidade experimental foi constituída de duas fileiras de 5 m, utilizando espaçamento de 0,90 m x 0,20 m para a semeadura, contando com uma área útil de 9 m² e 70 plantas por parcela.

O experimento foi repetido em dois anos e constituído de dois ambientes (com déficit hídrico e outro sem déficit), para tanto quando as plantas estavam no início da emissão dos botões florais, aos 42 dias, realizou-se a suspensão hídrica por 23 dias para o tratamento estresse (E) e manteve-se regas permanentes durante todo o ciclo para a condição de controle (C). O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com três repetições.

3.3 Características avaliadas

Para a característica produtividade em caroço (PROD) foi feita a conversão de gramas para quilogramas por hectare, do peso do algodão em caroço obtido da parcela útil do experimento. Já para a mensuração da variável altura da planta (ALT) utilizou-se uma trena milimetrada da base do caule até o ápice da planta.

Para obter a porcentagem de fibra (%FIB) foi feita a relação entre o peso da fibra da amostra padrão em cada parcela útil pelo peso total da amostra padrão. No peso de um capulho (PIC) obteve-se a partir do peso da amostra padrão dividido por 20.

Na avaliação da qualidade da fibra utilizou-se o HVI (High Volume Instruments), modelo 1000, de Spinlab/Zellweger Uster, instalado no Laboratório de Fibras e Fios da Embrapa/Algodão, Campina Grande/PB. Para os testes utilizou-se amostras padrão de todas as parcelas, contendo 20 capulhos por amostra. Através deste instrumento foi possível estimar as seguintes variáveis: índice de micronaire (MIC); índice de fiabilidade (CSP); comprimento da

fibra (UHM); índice de fibras curtas (SFI); resistência (STR); alongamento (ELG) e uniformidade (UNF).

3.4 Delineamento estatístico

As análises estatístico-genéticas foram realizadas no programa computacional GENES, versão 1990.2017. 46 (Cruz, 2013). Para análise de variância e para o teste de comparação de médias foram utilizados os testes F e Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Foram avaliados os seguintes parâmetros fenotípicos e genéticos, conforme Vencovsky e Barriga (1992); Cruz, Regazzi, Carneiro (2012); e Ramalho (2012):

- Variância Fenotípica: $\sigma_f^2 = QM(t) / j$ onde $QM(t)$ é o quadrado médio do tratamento e j o número de blocos.
- Variabilidade genética: $\phi_g = (QMT - QMR) / J$ onde o QMT é o quadrado médio do tratamento, QMR é o quadrado médio do erro (ambiental) e J o número de blocos.
- Coeficiente de determinação genético: $CDG = \phi_g \sigma_f^2 \times 100$ onde ϕ_g é a variabilidade genética e σ_f^2 é a variância fenotípica.
- Coeficiente de variabilidade genética: $CVg = \phi_g m \times 100$ onde ϕ_g é a variabilidade genética e m a média dos tratamentos.
- Coeficiente de variância ambiental: $CVa = \sigma_e^2 / m \times 100$ onde σ_e^2 é a variância ambiental e m a média dos tratamentos.
- Correlação entre variância genética e variância ambiental: $CVRa = CVg / CVa \times 100$ onde CVg é o coeficiente de variabilidade genética e o CVa é o coeficiente de variância ambiental.

E a esperança do quadrado médio de acordo com a Tabela 3

Tabela 3: esperança quadrado médio E(QM)

FV	GL	E(QM)
(B/A)/L	(r-1)al	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Anos(A)	a-1	$\sigma^2 + g\sigma_b^2 + rgl \phi_a$
Locais(L)	l-1	$\sigma^2 + g\sigma_b^2 + rga\phi_1$
Genótipos(G)	g-1	$\sigma^2 + ral \phi_g$
GxA	(g-1)(a-1)	$\sigma^2 + rl\phi_{ga}$
GxL	(g-1)(l-1)	$\sigma^2 + ra\phi_{gl}$
AxL	(a-1)(l-1)	$\sigma^2 + g\sigma_b^2 + rg\phi_{al}$
GxAxL	(g-1)(a-1)(l-1)	$\sigma^2 + r\phi_{gal}$
Resíduo	(r-1)(g-1)al	σ^2

$$Y_{ijk} = m + (B/A)/L_{jkm} + G_i + A_j + L_k + GA_{ij} + GL_{ik} + AL_{jk} + GAL_{ijk} + E_{ijkm}$$

Por fim, realizou-se a análise de correlação para todas as variáveis e, posteriormente, o índice de Mulamba e Mock (1978) para classificar os híbridos, a partir dos caracteres definidos de acordo com os valores absolutos mais elevados, ou seja, os que apresentaram melhor desempenho. Para tanto, utilizou-se uma intensidade de seleção de 25% e os seguintes pesos econômicos para as variáveis avaliadas: altura 1; produtividade 3; porcentagem de fibra 5; peso de um capulho 1; comprimento 2; uniformidade 1; índice de fibra curtas 1; resistência 1; alongamento 1; índice de micronaire 2; e índice de fiabilidade 2. No final foram somados os valores atribuídos à cada característica, assim, gera-se uma soma do “ranking”, permitindo fazer a classificação dos híbridos.

$$\text{Índice (Imm)}: \frac{n}{k} = \sum_{j=1}^n u_j r_{jk} = u_1 r_{i1} + u_2 r_{i2} + \dots + u_n r_{in}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância conjunta (Tabela 4) verificou-se diferença estatística entre os genótipos para todas as características avaliadas. Nos efeitos de interação Genótipo x Ambiente (GxE), sendo ambiente correspondente às condições de irrigação, tratamentos estressados e não estressados foram significativos para todas as variáveis analisadas.

Nesse sentido, de acordo com Silva Filho et al. (2008) a significância apresentada na interação GxE indica que o comportamento dos genótipos avaliados é não consistente nos ambientes. Levando em consideração experimentos agrícolas de campo, Gomes (1990) classificou o coeficiente de variação (CV) da seguinte forma: valores de CV inferiores a 10% são baixos, entre 10% e 20% médios, entre 20% e 30% altos e valores superiores a 30%, muito altos.

Sendo assim, o CV apresentado nesta pesquisa, como pode ser visto na Tabela 4, pode ser considerado médio apenas para a variável produtividade, e para todas as demais foi considerado baixo. Com isso, houve um aumento da confiabilidade dos resultados aqui expostos.

Com relação à interação Genótipo x Anos (GxA), Anos x Ambientes (AxE) e Genótipos x Anos x Ambientes (GxAxE) foram não significativos para os caracteres de altura, produtividade e porcentagem de fibra, além desses, na interação AxE a característica alongamento também foi não significativa. Entretanto, todas as outras características sofreram influência, evidenciando a importância da condução deste tipo de experimento em diferentes anos.

Tabela 4: Análise de variância para as características Altura (ALT), Produtividade (PROD), Porcentagem de fibra (%FIB), Peso de um capulho (PIC), Comprimento (UHM), Uniformidade (UNF), Índice de fibra curtas (SFI), Resistência (STR), Alongamento (ELG), Índice de Micronaire (MIC) e índice de fiabilidade (CSP)

FV	GL	QM										
		ALT (cm)	PROD (kg/ha)	% FIB	PIC(g)	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP
(B/L)/A	8	5,48	235850,08	1,09	0,01	1,68	1,54	0,78	2,48	0,32	0,03	211112,91
Genótipo (G)	19	82,06**	7735192,43**	61,11**	6,93**	13,78**	5,66**	4,85**	28,31**	1,25**	0,38**	402882,68**
Anos (A)	1	2,85ns	7364006,67**	2,97**	1,62**	51,01**	64,74**	47,61**	321,44**	9,96**	0,08ns	4661165,56**
Ambiente (E)	1	26878,07**	19883526,67**	31,57**	0,25**	159,32**	32,66**	7,31*	63,54**	0,47ns	8,39**	6369751,68**
G x A	19	2,59ns	230650,59ns	0,42ns	0,2**	7,37**	3,02**	2,67**	13,74**	0,77**	0,54**	242414,64**
G x E	19	73,81**	3352632,23**	3,35**	0,2**	3,64**	2,75**	0,77**	8,68**	0,58**	0,14**	168471,37**
A x E	1	1,23ns	81033,75ns	0,13ns	1,77**	18,26*	21,19**	5,85*	57,12**	0,47ns	0,32**	2231608,13*
G x A x E	19	4,12ns	128211,94ns	0,27ns	0,18*	3,01**	1,69**	0,39ns	7,69**	0,37**	0,15**	156390,04**
Resíduo	152	5,08	248601,79	0,79	0,02**	0,46	0,65	0,28	1,24**	0,08	0,02	23961,49

Parâmetros Genéticos e Fenotípicos												
Média	102,62	4756,72	38,35	5,95	29,11	84,65	7,4	29,74	5,15	4,86	2639,61	
CV%	2,2	10,48	2,32	2,57	2,34	0,95	7,16	3,74	5,5	3,00	5,86	
ϕ_g	6,41	623882,55	5,03	0,57	1,11	0,42	0,38	2,25	0,1	0,03	31576,76	
σ^2_{GxA}	0,43	38441,77	0,7	0,3	1,23	0,5	0,44	2,29	0,13	0,08	40402,44	
σ^2_{GxE}	11,45	517338,4	0,43	0,3	0,53	0,35	0,08	1,24	0,08	0,02	24084,98	
σ^2_{GxAxE}	-0,32	-40129,95	0,17	0,5	0,85	0,35	0,04	2,15	0,09	0,04	44142,85	
CDG (%)	0,94	0,97	0,99	0,99	0,97	0,88	0,94	0,96	0,93	0,94	0,94	
CV _g (%)	2,47	16,61	5,85	12,75	3,62	0,76	8,34	5,05	6,06	3,57	6,73	
CV _g /CV _e	1,12	1,58	2,52	4,97	1,55	0,8	1,16	1,35	1,1	1,19	1,15	

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F. Coeficiente de variação, CV%; coeficiente de determinação genotípico, CDG; variância genética σ^2_g ; coeficiente de variação genética CV_g; correlação variância genética/ambiental CV_g/CV_e.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Os valores para o coeficiente de determinação genotípico (CDG), que corresponde a herdabilidade, apresentados para todas as características avaliadas, são considerados altos, acima de 80%. As variáveis porcentagem de fibra e peso de um capulho, foram as que mais se destacaram com valores de CDG de 0,99, cada, seguidos por produtividade e comprimento da fibra com 0,97. Os resultados corroboram com os encontrados por Carvalho et al. (2019) que, em sua pesquisa, encontraram um CDG superior a 80% para todas as características avaliadas.

Tais valores são bastante promissores e refletem o comportamento esperado para as próximas gerações. Bonifácio et al. (2015) apontam que valores para herdabilidade acima de 70% são considerados altos, podendo este valor variar de acordo com a espécie e a característica.

Vale destacar que características que apresentam baixos valores para herdabilidade são mais sujeitas a variações ambientais (STURION et al., 1994). Nesse contexto, os valores de CDG apresentados para todas as características avaliadas evidenciam o potencial genético e a significativa variabilidade entre os híbridos avaliados e altas probabilidades de sucesso no processo seletivo para o desenvolvimento de materiais superiores.

A análise de tais componentes de variações é de suma importância para o melhoramento de plantas, uma vez que a ação conjunta dos efeitos genéticos e do ambiente resulta na variabilidade fenotípica (BERTINI et al., 2001).

A relação CVg/CVe pode ser utilizada como um indicativo da facilidade de seleção das progênies, para cada caráter. Os resultados apresentados para a relação CVg/CVe no presente trabalho são considerados altos. Yokomizo e Farias Neto (2003) apontam que, quando a razão estimada for maior que 1,0 tem-se uma condição favorável para o processo de seleção.

Dessa forma, como apontado na Tabela 3, os valores da relação CVg/CVe encontrados foram maiores que 1,0 para quase todas as características avaliadas, a única exceção foi a variável UNF (0,8), ainda assim um valor bem próximo do desejável. Podese inferir que a variação genética disponível está sendo mais importante que à ambiental, demonstrando chance de ganhos genéticos significativos na seleção.

Tanto a relação CVg/CVe quanto o CVg podem ser utilizados como parâmetros para a quantificação da variabilidade disponível em uma dada população, quando se almeja determinar seu potencial para o melhoramento. Baixos valores de CVg indicam que, provavelmente, o ganho genético com a seleção para uma determinada característica, será mais difícil e demorado por causa da baixa variabilidade da população (ARAÚJO et al., 2014).

Os valores obtidos pelo teste de média evidenciaram como o comportamento dos híbridos foram diferentes, tanto entre si como também entre os tratamentos (estresse x controle), e estão expressos na Tabela 5.

Para as variáveis altura e micronaire, de maneira geral, os híbridos tiveram alterações com o estresse, reduzindo consideravelmente suas médias. No entanto, a redução do micronaire não foi prejudicial, pois, de acordo com Sestren e De Lima (2011), as fibras com valores de micronaire entre 3,8 e 4,6 são consideradas fibras médias e com grau de maturidade intermediário. Diante disso, apesar do estresse hídrico reduzir os valores de micronaire, os híbridos ainda permanecem dentro dos valores exigidos pela indústria.

Para a variável altura todos os híbridos sofreram redução. Os híbridos que obtiveram os Δ mais satisfatórios, que apresentaram as menores reduções e boas médias, foram Y59 (15,23%), Y49 (12,88%), Y38 (14,73%). Dessa forma, o estresse hídrico foi significativo na diminuição da altura das plantas, corroborando com o observado por Cordão et al. (2018), que concluíram em sua pesquisa que o déficit hídrico restringiu o crescimento das cultivares de algodoeiro avaliadas.

O contrário foi observado para as demais variáveis que apresentaram suas melhores médias na condição de estresse, com destaque para as variáveis porcentagem de fibra, comprimento, índice de fiabilidade e uniformidade, demonstrando, assim, o efeito significativo do estresse hídrico em todas as características impostas nesse estudo.

Tabela 5: Médias dos híbridos para as variáveis altura (ALT), produtividade (PROD), porcentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (PIC), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice de micronaire (MIC) e índice de fiabilidade (CSP)

(continua)

		ALT(cm)			PROD (kg/ha)			%FIB			PIC (g)		
Híbridos		Controle	Estresse	Δ(%)	Controle	Estresse	Δ(%)	Controle	Estresse	Δ(%)	Controle	Estresse	Δ(%)
Y ₁₆	FMT-705 x CNPA-ITA-90	113,08d	91,28b	19,28	5690,50c	3592,96d	36,86	40,77a	42,02a	-3,07	6,22d	6,12d	1,61
Y ₁₇	FMT-705 x CNPA-5M	124,67a	94,00a	24,60	6258,43b	4244,33c	32,18	36,02c	37,83d	-5,02	5,30f	4,95g	6,60
Y ₁₈	FMT-705 x CNPA-7MH	113,11d	93,45a	17,38	5498,53c	3929,13d	28,54	38,44b	40,22b	-4,63	6,63c	6,49c	2,11
Y ₁₉	FMT-705 x BRS-SERIDÓ	116,36c	92,36b	20,63	7229,88a	3992,50d	44,78	40,95a	42,46a	-3,69	5,80e	6,27c	-8,10
Y ₂₆	FM-966 x CNPA-ITA-90	110,47e	91,50b	17,17	5477,18c	4361,22c	20,37	39,27b	40,05b	-1,99	6,77b	6,68b	1,33
Y ₂₇	FM-966 x CNPA-5M	111,89d	93,33a	16,59	5735,05c	5499,35b	4,11	35,02d	35,76f	-2,11	5,43f	5,45f	-0,37
Y ₂₈	FM-966 x CNPA-7MH	103,39f	90,00b	12,95	3904,06e	4292,60c	-9,95	38,97b	38,48c	1,26	6,86b	7,02a	-2,33
Y ₂₉	FM-966 x BRS-SERIDÓ	109,42e	91,00b	16,76	4255,65d	4160,17c	2,24	40,06a	40,24b	-0,45	7,28a	7,18a	1,37
Y ₃₆	BRS-RUBI x CNPA-ITA-90	112,39d	91,67b	18,44	3856,12e	4367,33c	13,26	36,37c	37,20d	-2,28	4,95g	5,31f	-7,27
Y ₃₇	BRS-RUBI x CNPA-5M	120,42b	90,67b	24,71	4438,49d	5409,84b	21,88	32,31e	33,95g	-5,08	4,73g	4,61h	2,54
Y ₃₈	BRS-RUBI x CNPA-7MH	112,03d	95,53a	14,73	3940,50e	3497,09d	11,25	35,18d	35,32f	-0,40	6,36d	5,98d	5,97
Y ₃₉	BRS-RUBI x BRS-SERIDÓ	109,83e	88,67c	19,27	3720,14e	3795,45d	-2,02	37,33c	36,40e	2,49	5,69e	5,73e	-0,70
Y ₄₆	BRS-286 x CNPA-ITA-90	119,75b	91,33b	23,73	4147,11d	3904,78d	5,84	40,27a	40,42b	-0,37	5,73e	5,78e	-0,87
Y ₄₇	BRS-286 x CNPA-5M	112,45d	90,47b	19,55	7107,78a	6758,33a	4,92	36,72c	36,79e	-0,19	5,46f	5,04g	7,69
Y ₄₈	BRS-286 x CNPA-7MH	110,83e	95,06a	14,23	4060,31e	4183,26c	-3,03	39,00b	39,05c	-0,13	5,68e	5,38f	5,28
Y ₄₉	BRS-286 x BRS-SERIDÓ	110,14e	95,95a	12,88	5251,23c	5089,55b	3,08	40,50a	40,06b	1,09	6,76b	6,93a	-2,51
Y ₅₆	FMT-701 x CNPA-ITA-90	111,70d	90,67b	18,83	4594,84d	4088,22c	11,03	40,09a	40,70b	-1,52	5,78e	5,65e	2,25
Y ₅₇	FMT-701 x CNPA-5M	114,92d	87,83c	23,57	6067,75b	4958,91b	18,27	35,06d	38,83c	-10,75	4,67g	4,93g	-5,57
Y ₅₈	FMT-701 x CNPA-7MH	114,47d	90,33b	21,09	3785,55e	4532,63c	-19,74	38,13b	39,09c	-2,52	6,35d	6,12d	3,62
Y ₅₉	FMT-701 x BRS-SERIDÓ	112,75d	95,58a	15,23	5872,39b	4720,00c	19,62	39,25b	39,33c	-0,20	7,18a	6,73b	6,27

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não há diferença estatística entre os materiais; pelo teste de Scott-Knott ($\leq 0,05$). Δ(%): porcentagem de perda/ganho entre os ambientes

Tabela 5: Médias dos híbridos para as variáveis altura (ALT), produtividade (PROD), porcentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (PIC), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice de micronaire (MIC) e índice de fiabilidade (CSP)

(continuação)

		UHM (mm)			UNF (%)			SFI (%)			STR (gf.tex ⁻¹)		
Híbridos		Controle	Estresse	Δ(%)	Controle	Estresse	Δ(%)	Controle	Estresse	Δ(%)	Controle	Estresse	Δ(%)
Y ₁₆	FMT-705 x CNPA-ITA-90	26,20d	29,15b	-11,26	83,76c	85,53a	-2,11	8,72a	7,35b	15,71	25,84c	29,86a	-15,56
Y ₁₇	FMT-705 x CNPA-5M	27,42c	31,07a	-13,31	84,49b	85,85a	-1,61	7,17b	6,57c	8,37	28,44b	32,17a	-13,12
Y ₁₈	FMT-705 x CNPA-7MH	28,49c	30,34a	-6,49	84,78b	85,43a	-0,77	7,04b	6,93c	1,56	30,82a	31,40a	-1,88
Y ₁₉	FMT-705 x BRS-SERIDÓ	27,96c	28,98b	-3,65	84,30b	85,94a	-1,95	7,63b	7,14c	6,42	29,97a	30,34a	-1,23
Y ₂₆	FM-966 x CNPA-ITA-90	27,91c	30,89a	-10,68	84,37b	85,30a	-1,10	7,23b	7,14c	1,24	29,52a	30,38a	-2,91
Y ₂₇	FM-966 x CNPA-5M	30,51a	29,47b	3,41	85,71a	84,93a	0,91	6,72b	6,92c	-2,98	32,50a	30,32a	6,71
Y ₂₈	FM-966 x CNPA-7MH	28,09c	30,89a	-9,97	84,49b	85,94a	-1,72	7,10b	6,54c	7,89	29,99a	32,58a	-8,64
Y ₂₉	FM-966 x BRS-SERIDÓ	28,23c	29,43b	-4,25	86,10a	85,83a	0,31	6,67b	7,03c	-5,40	30,86a	30,97a	-0,36
Y ₃₆	BRS-RUBI x CNPA-ITA-90	27,16d	28,09b	-3,42	84,02c	83,42b	0,71	8,52a	8,68a	-1,88	27,08c	25,42c	6,13
Y ₃₇	BRS-RUBI x CNPA-5M	26,61d	29,30b	-10,11	82,95b	85,22a	-2,74	7,83b	7,61b	2,81	26,78c	29,10b	-8,66
Y ₃₈	BRS-RUBI x CNPA-7MH	26,86d	28,99b	-7,93	83,62c	84,70b	-1,29	9,18a	7,99a	12,96	27,77b	28,22b	-1,62
Y ₃₉	BRS-RUBI x BRS-SERIDÓ	26,75d	28,44b	-6,32	82,70d	84,12b	-1,72	8,87a	8,06a	9,13	25,58c	28,53b	-11,53
Y ₄₆	BRS-286 x CNPA-ITA-90	27,95c	29,77b	-6,51	84,52b	84,45b	0,08	7,54b	7,35b	2,52	27,98b	29,89a	-6,83
Y ₄₇	BRS-286 x CNPA-5M	29,81b	31,09a	-4,29	83,77c	85,56a	-2,14	7,38b	6,64c	10,03	29,31a	31,77a	-8,39
Y ₄₈	BRS-286 x CNPA-7MH	29,64b	30,08b	-1,48	84,92b	85,38a	-0,54	7,04b	6,69c	4,97	30,79a	30,50a	0,94
Y ₄₉	BRS-286 x BRS-SERIDÓ	28,82b	31,17a	-8,15	83,66c	84,98a	-1,58	6,93b	7,11c	-2,60	31,5a	31,17a	1,05
Y ₅₆	FMT-701 x CNPA-ITA-90	29,09b	29,99b	-3,09	85,64a	84,69b	1,11	6,93b	7,42b	-7,07	29,63a	30,13a	-1,69
Y ₅₇	FMT-701 x CNPA-5M	31,51a	32,16a	-2,06	84,78b	85,20a	-0,50	6,61b	6,46c	2,27	30,23a	30,53a	-0,99
Y ₅₈	FMT-701 x CNPA-7MH	28,03c	29,64b	-5,74	82,60d	83,91b	-1,59	8,05b	7,43b	7,70	28,72b	31,14a	-8,43
Y ₅₉	FMT-701 x BRS-SERIDÓ	28,91b	29,63b	-2,49	84,48b	84,20b	0,33	8,32a	7,42b	10,82	31,24a	30,69a	1,76

Tabela 5: Médias dos híbridos para as variáveis altura (ALT), produtividade (PROD), porcentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (PIC), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice de micronaire (MIC) e índice de fiabilidade (CSP)

(conclusão)

	Híbridos	ELG (%)			MIC			CSP		
		Controle	Estresse	Δ (%)	Controle	Estresse	Δ (%)	Controle	Estresse	Δ (%)
Y ₁₆	FMT-705 x CNPA-ITA-90	5,56b	5,77a	-3,78	4,94b	4,60b	6,88	2072,29d	2855,03a	-37,77
Y ₁₇	FMT-705 x CNPA-5M	5,77a	5,57a	3,47	5,31a	4,58b	13,75	2349,19c	2911,33a	-23,93
Y ₁₈	FMT-705 x CNPA-7MH	4,81c	5,17a	-7,48	5,26a	5,02a	4,56	2564,75b	2896,42a	-12,93
Y ₁₉	FMT-705 x BRS-SERIDÓ	5,09c	5,12b	-0,59	5,27a	4,91a	6,83	2496,11b	2568,88b	-2,92
Y ₂₆	FM-966 x CNPA-ITA-90	4,86c	4,60b	5,35	5,22a	4,67b	10,54	2416,96c	3018,24a	-24,88
Y ₂₇	FM-966 x CNPA-5M	4,84c	4,74b	2,07	4,69b	4,56b	2,77	3033,67a	2917,95a	3,81
Y ₂₈	FM-966 x CNPA-7MH	4,60c	4,89b	-6,30	4,87b	4,72b	3,08	2608,12b	3097,47a	-18,76
Y ₂₉	FM-966 x BRS-SERIDÓ	4,80c	4,90b	-2,08	5,37a	5,02a	6,52	2675,02b	2878,65a	-7,61
Y ₃₆	BRS-RUBI x CNPA-ITA-90	4,78c	5,40a	-12,97	4,66b	4,62b	0,86	2388,21c	2226,89c	6,75
Y ₃₇	BRS-RUBI x CNPA-5M	5,52b	5,19a	5,98	5,16a	4,53b	12,21	2138,18d	2761,34a	-29,14
Y ₃₈	BRS-RUBI x CNPA-7MH	6,17a	5,30a	14,10	4,89b	4,50b	7,98	2300,46c	2678,74b	-16,44
Y ₃₉	BRS-RUBI x BRS-SERIDÓ	5,26b	4,98b	5,32	4,96b	4,84a	2,42	2082,64d	2525,92b	-21,28
Y ₄₆	BRS-286 x CNPA-ITA-90	5,49b	5,60a	-2,00	5,04a	4,53b	10,12	2482,64b	2867,43a	-15,50
Y ₄₇	BRS-286 x CNPA-5M	5,09c	5,51a	-8,25	4,93b	4,61b	6,49	2607,99b	3031,07a	-16,22
Y ₄₈	BRS-286 x CNPA-7MH	5,42b	4,76b	12,18	5,06a	4,90a	3,16	2657,50b	2807,88a	-5,66
Y ₄₉	BRS-286 x BRS-SERIDÓ	5,30b	4,85b	8,49	5,20a	4,67b	10,19	2616,13b	2804,44a	-7,20
Y ₅₆	FMT-701 x CNPA-ITA-90	4,61c	5,29a	-14,75	5,09a	4,27b	16,11	2566,90b	2766,88a	-7,79
Y ₅₇	FMT-701 x CNPA-5M	5,43b	4,86b	10,50	4,96b	4,41b	11,09	2727,29b	3006,76a	-10,25
Y ₅₈	FMT-701 x CNPA-7MH	5,63b	4,96b	11,90	4,75b	4,49b	5,47	2344,12c	2648,26b	-12,97
Y ₅₉	FMT-701 x BRS-SERIDÓ	4,77c	4,62b	3,14	5,20a	4,93a	5,19	2405,75c	2780,94a	-15,60

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

De modo geral, os híbridos mantiveram bons resultados para a variável produtividade na condição de estresse. O melhor resultado para esta variável foi obtido pelo híbrido Y47 com uma produtividade de 6758,33 kg.ha⁻¹, diferindo estatisticamente dos demais.

Tal média, associada ao valor de Δ de 4,92%, demonstra como quase não houve diferença entre os tratamentos para este híbrido e evidenciam a variabilidade genética deste material. Vale destacar que os híbridos Y27, Y37, Y49 e o Y57 também obtiveram médias satisfatórias, com produtividade entre 4958,91 kg.ha⁻¹ e 5499,35 kg.ha⁻¹, ainda que inferior à média do híbrido Y47 este resultado é muito promissor, pois, de acordo com a Abrapa (2020), a média brasileira de produtividade de algodão em caroço é de cerca de 4398 kg.ha⁻¹.

Em seu trabalho sobre a produção de algodoeiro herbáceo submetido à déficit hídrico, Almeida et al. (2017) observaram que as cultivares se mostraram semelhantes quanto à produtividade e que o déficit hídrico aplicado na fase de maçã não promoveu redução desta variável. Como são híbridos envolvendo pais herbáceo x mocó, a resiliência e o ciclo mais longo do pai mocó podem ter se pronunciado em alguns materiais e contribuído para melhorar suas médias. Já para a % de fibra, os melhores resultados sob estresse foram obtidos pelos híbridos Y16 e Y19 com médias de 42,02%, 42,46%, respectivamente, médias superiores às

encontradas para estes híbridos no tratamento controle, como mostra os valores de $\Delta Y16$ (-3,07) e $Y19$ (-3,69). Corroborando com Zonta et al. (2015) que, em sua pesquisa, encontraram altos rendimentos para esta característica, com porcentagem de fibra para a menor lâmina de irrigação aplicada de 40,1%. Diferentemente do observado por Maniçoba et al. (2021), que apontam que a % de fibra foi afetada pelas supressões hídricas, ao avaliarem o efeito da supressão hídrica em diferentes fases fenológicas de algodoeiro.

Porém, vale destacar que na presente pesquisa utilizou-se pais mocós e, portanto, plantas com algum nível de tolerância ao estresse hídrico, o que pode ter influenciado nestes resultados.

Para o peso de um capulho, os híbridos que mais se destacaram na condição de estresse foram o $Y28$ (7,02 g), $Y29$ (7,18 g) e $Y49$ (6,93 g). O Δ obtido para os híbridos $Y28$ (-2,33) e $Y49$ (-2,51) demonstram o desempenho satisfatório destes materiais no tratamento estresse. Em linhas gerais, para os demais híbridos as variações foram pouco significativas entre as condições impostas.

Resultado semelhante foi observado por Hussain et al. (2011), que, avaliando a produtividade e eficiência do uso da água do algodoeiro irrigado por gotejamento em função do déficit de irrigação, observaram que o peso de um capulho não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos.

Para o comprimento da fibra as médias variaram entre 30,34 mm e 32,16 mm para os híbridos na condição de estresse. O comprimento da fibra está relacionado com o número de torções necessárias para a produção do fio. Fibras mais longas necessitam de menos torções e, conseqüentemente, obtém maior produção das máquinas, além de proporcionar fios e tecidos mais macios, volumosos, flexíveis e maleáveis, ou seja, com bom caimento (DE LIMA, 2018). É importante destacar que o comprimento mínimo exigido é de 27 mm (BONIFÁCIO et al., 2015).

Com exceção do híbrido $Y27$, todos os demais apresentaram incremento na condição de estresse, como pode-se observar a partir dos valores de delta encontrados. Desse modo, é possível inferir que tal variável apresentou bons resultados, com alterações positivas em suas médias ainda que sob estresse, e se tratando de uma característica de qualidade de fibra tão importante, tais resultados são muito promissores.

Diferentemente do resultado encontrado por Lima et al. (2018), ao constatarem que o comprimento da fibra foi influenciado pelo fator déficit, ocorrendo uma redução de 5,36% quando comparado ao tratamento sem déficit. No entanto, diferentes fatores influenciam na resposta da planta à tolerância ao estresse hídrico, como por exemplo, o período de déficit imposto, o metabolismo fotossintético e a herança genética (RODRIGUES et al., 2016).

Para a presente pesquisa, a herança genética é um ponto chave com relação ao desempenho dos materiais, pois, se por um lado temos pais mocós que, embora não apresentem altos rendimentos, são caracterizados pela ampla adaptação à condição de seca (RODRIGUES et al., 2016), do outro temos os pais herbáceos com atributos satisfatórios para o mercado têxtil.

Para a variável uniformidade o comportamento foi semelhante ao observado para comprimento de fibra, apresentando um bom desempenho dos híbridos na condição de estresse, com média entre 83,42% e 85,94%. E, de acordo com Fonseca & Santana (2002), todas as médias obtidas pelos híbridos para a condição de estresse são classificadas como elevadas (entre 83-85%). Tais resultados corroboram com a análise do efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibras em cultivares de algodoeiro herbáceo realizada por Zonta et al. (2015), que verificaram que a uniformidade encontrada na pesquisa foi considerada elevada, em torno de 84%.

Quanto maior o valor obtido para esta variável melhor é o material. Na indústria têxtil é uma característica de suma importância, visto que quanto maior as porcentagens apresentadas neste caractere, menores serão as perdas decorrentes dos processos de fiação industrial (ARAÚJO et al., 2013).

Para a variável índice de fibras curtas, as médias variaram entre 6,46% e 8,68% para os híbridos na condição de estresse, bem próximo dos resultados obtidos por Gomes et al. (2022) em sua seleção de linhagens de algodão tolerantes ao estresse hídrico com base nas características de rendimento e qualidade de fibra, que encontraram valores entre 6,31% e 7,30%. Os valores observados nesta pesquisa para esta variável se enquadram dentro do exigido pelo mercado < 12,5% e podem ser classificados, de acordo com Fonseca & Santana (2002), como baixo (de 6%-9%).

Reduções consideráveis para essa variável foram verificadas pelos híbridos Y16, Y38 e Y59, como demonstram seus respectivos Δ : 15,71%, 12,96% e 10,82%, o que, nesse caso, é um bom resultado, uma vez que altos índices de fibras curtas ampliam a variação de massa de pilosidade, bem como o número de imperfeições no fio, elevando, conseqüentemente, o número de rupturas e desperdícios ao longo do processo de tecelagem, produzindo tecidos de baixa qualidade (SESTREN e DE LIMA, 2011).

Já no que se refere à variável resistência, os híbridos, em sua maioria, tiveram um bom desempenho > 30 gf.tex-1, o que, de acordo com Freire (2011), pode ser classificado como resistente (entre 29 e 30 gf.tex-1). Os maiores incrementos foram observados para os híbridos Y16 (-15,56%) e Y17 (-13,12%), pois não sofreram reduções, ao contrário, tiveram aumentos da resistência.

As variáveis resistência e o alongamento à ruptura influenciam a resistência dos fios e tecidos produzidos. Fibras resistentes proporcionam a obtenção de tecidos resistentes e de alta qualidade, contribuindo, assim, com o rendimento econômico. As máquinas utilizadas na indústria têxtil expõem as fibras a altos impactos e tensões. Assim, fibras com altos valores de resistência e alongamento à ruptura suportam esses impactos mantendo a qualidade. Além disso, tais variáveis contribuem para propriedades físicas do tecido, como caimento, toque, resistência e resiliência (DE LIMA, 2018).

Para a variável alongamento à ruptura, em geral, as médias para condição de estresse foram classificadas como muito frágil a frágil. Valores de alongamento à ruptura entre 5% e 5,8% são considerados baixos e muito baixos quando <5%, conforme Fonseca e Santana (2002) e Freire (2011). Evidenciando, dessa forma, expressivo efeito do estresse hídrico nessa característica. Comportamento semelhante foi observado por Almeida et al. (2016), ao avaliarem as cultivares de algodoeiro sob déficit hídrico para qualidade de fibra, classificaram as médias obtidas para alongamento como de baixo a muito baixo alongamento.

Isso pode ser explicado pelo fato de a fibra do algodão ser quase em toda sua totalidade (90%) constituída por celulose. Destarte, variáveis que venham a interferir na síntese e disponibilidade de carboidratos podem afetar a qualidade final da fibra (SANTOS JÚNIOR et al., 2018).

O índice de micronaire indica o nível da espessura do fio orientando o leque de títulos de fios a serem fabricados e classificados como: < 3,0 muito fina; de 3,0 - 3,9 fina; 4,0 – 4,9 regular; 5,0 – 5,9 grossa; 6,0 ou mais, muito grossa. Quanto menor os valores obtidos têm-se maior ocorrência de “neps”, que são fibras que se quebram durante o processo produtivo dos tecidos (FONSECA e SANTANA, 2002; NETO et al., 2015).

As melhores médias foram obtidas pelos híbridos Y18 (5,02), Y19 (4,91), Y29 (5,02), Y39 (4,84), Y48 (4,90) e o Y59 (4,93) e com valores de delta variando de 2,42% e 6,53%, demonstrando uma redução das médias, comportamento que pode ser observado para todos os híbridos e que, no entanto, como já explicado anteriormente, não houve alteração para o micronaire na qualidade final da fibra. Com exceção dos híbridos Y18 e Y29, que tiveram as fibras classificadas como grossas, todos os demais híbridos foram classificados como fibra média entre 4,0-4,9, de acordo com Freire (2011).

As médias para esta variável na condição de estresse variaram entre 4,27 e 5,02, bem próximo dos resultados obtidos por Lima et al. (2018), nos quais verificaram que a maioria das cultivares avaliadas apresentaram resultados entre 4,6 e 5,2. Os resultados aqui expostos também corroboram com os encontrados por Wen et al. (2013), os quais, ao determinarem a

quantidade ideal e o momento da aplicação da irrigação, obtiveram variações do índice de micronaire de 4,78 a 5,06.

Para a variável índice de fiabilidade as médias encontradas para esta característica na condição de estresse podem ser classificadas como muito alta >2500 , segundo Fonseca e Santana (2002). Com exceção dos híbridos Y36 e do Y27, todos os demais apresentaram incrementos para esta variável na condição de estresse, com destaque para os híbridos Y16 (-37,77%), Y26 (-24,88%) e Y37 (-29,14%), evidenciando, assim, um comportamento superior dos híbridos sob estresse em comparação a seu desempenho no controle. O índice de fiabilidade determina o quanto de fiabilidade é permitido pela fibra, quanto maior o valor do obtido para esta variável em uma determinada fibra, maior também será a resistência de seus fios a serem fiados (NETO et al., 2015).

Pode-se observar que as cultivares BRS 286 e a CNPA 5M fazem-se presente como pelo menos um dos genitores para a maioria dos híbridos que apresentaram resultados satisfatórios sob condição de estresse. Na variável produtividade a combinação de tais genitores proporcionaram o maior valor encontrado na condição de estresse (6758,33 kg.ha⁻¹).

A cultivar CNPA 5M foi selecionada por sua característica de tolerância à seca, tendo sido desenvolvida para as condições do Seridó paraibano e do Rio Grande do Norte. Já a cultivar BRS 286, por sua produtividade, tal cultivar apresenta uma produtividade de algodão em caroço de cerca 4074 kg.ha⁻¹. Esse valor de produtividade é inferior ao observado para a maioria das combinações híbridas que apresentam a BRS 286 como genitor nesta pesquisa.

De um modo geral, os híbridos apresentaram comportamentos diferentes entre as condições impostas, e muitas vezes com médias iguais, ou mesmo superiores na condição de estresse, demonstrando um bom desempenho dos materiais avaliados, evidenciando, dessa maneira, sua variabilidade genética e dando perspectivas positivas quanto aos ganhos genéticos que poderão ser obtidos.

Possuir como um de seus genitores cultivares de algodoeiro que foram desenvolvidas para condição do semiárido, sobretudo o mocó, e, portanto, plantas com algum nível de tolerância ao estresse, pode ter contribuído para esses resultados, uma vez que a suspensão hídrica de 23 dias pode até nem ter sido prejudicial, e isso é refletido nos resultados obtidos.

Em seu trabalho avaliando o efeito do déficit hídrico em diferentes fases fenológicas de algodoeiro herbáceo cultivares BRS 286 e BRS 336, Cordão et al. (2018) observaram que o déficit hídrico de 14 dias aplicado não influenciou na fotossíntese das plantas de ambas as cultivares avaliadas, promovendo alterações na contundância estomática e na transpiração.

A cultura do algodoeiro apresenta uma certa tolerância ao estresse hídrico, e, por isso, acaba tornando-se uma boa opção para cultivo no semiárido nordestino, em virtude dos problemas de irregularidades pluviométricas (ALMEIDA et al., 2017). No entanto, observa-se aqui uma alta variabilidade genética nas diversas características, demonstrando o potencial de êxito no processo seletivo.

Em relação à resposta do algodoeiro à supressão hídrica em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro, Maniçoba et al. (2021) concluíram, dentre outras coisas, que, durante a irrigação do algodoeiro, pode-se aplicar curtos períodos sem fornecimento de água, preferencialmente nos estágios iniciais de crescimento, como também após a abertura dos capulhos.

Nessa perspectiva, a resposta ao déficit hídrico vai depender de alguns fatores, como por exemplo a frequência, a intensidade e a duração do déficit, como também do genótipo utilizado, do estágio de desenvolvimento e de seu potencial de tolerância (ZONTA et al., 2017).

Outra hipótese é que, sob estresse, pode ter ocorrido o estímulo na planta de um maior crescimento radicular, sobretudo pela contribuição dos pais mocós, os quais são bastante vigorosos e adaptados a essas condições. Com isso, quando se teve a retomada da irrigação, após o período de suspensão, as plantas, muitas vezes, poderiam estar com um maior suporte radicular para absorção de água, para alguns genótipos.

À medida que a situação em estresse (hídrico) aumenta, a planta começa a dar prioridade ao crescimento de raízes e de maçãs e capulhos mais velhos, em relação ao crescimento de partes vegetativas novas e também de novas posições frutíferas (YEATES 2014). Avaliando a resposta de nove cultivares de algodão submetidas à estresse hídrico com base na análise de crescimento e da atividade enzimática, Rodrigues et al. (2016) verificaram que as cultivares CNPA 7MH, CNPA 5M e a 286 demonstraram um aprofundamento de seu sistema radicular, sendo este um fator que contribuiu para a adaptação à condição de seca.

Em ambientes propensos à seca, o uso de genótipos que apresentem tolerância à esta condição adversa, é, dentre outras coisas, uma estratégia adequada, a fim de evitar possíveis perdas de produção e de qualidade de fibra (BATISTA et al., 2019). Em especial na região semiárida, marcada pela variação existente nos períodos chuvosos, tanto entre os anos como também nos valores anuais totais pluviométricos (MOURA et al., 2007).

Testes de correlação entre caracteres são importantes nos programas de melhoramento genético, o conhecimento acerca das correlações existentes entre caracteres possibilita ao melhorista conduzir seleções indiretas para características de interesse (GALARÇA et al., 2010). Os resultados para o teste de correlação de Pearson estão expostos na Tabela 6.

Verificou-se correlação negativa entre as variáveis produtividade, comprimento, uniformidade, resistência e índice de fiabilidade em relação ao índice de fibras curtas.

Tabela 6: Coeficientes de Correlação de Pearson entre os caracteres altura (ALT), produtividade (PROD), percentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (PIC), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice de micronaire (MIC) e índice de fiabilidade (CSP).

	ALT	PROD	%FIB	PIC	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP
ALT		0,218 ^{ns}	-0,151 ^{ns}	-0,362 ^{ns}	-0,105 ^{ns}	-0,039 ^{ns}	0,386 ^{ns}	-0,048 ^{ns}	0,549*	0,142 ^{ns}	-0,18 ^{ns}
PROD			-0,901 ^{ns}	-0,247 ^{ns}	0,551*	0,261 ^{ns}	-0,455*	0,445*	-0,099 ^{ns}	0,716 ^{ns}	0,442*
%FIB				0,609**	0,438 ^{ns}	0,314 ^{ns}	-0,199 ^{ns}	0,301 ^{ns}	-0,203 ^{ns}	0,412 ^{ns}	0,095 ^{ns}
PIC					-0,081 ^{ns}	0,202 ^{ns}	-0,048 ^{ns}	0,402 ^{ns}	-0,427 ^{ns}	0,499*	0,147 ^{ns}
UHM						0,449*	-0,822**	0,75**	-0,336 ^{ns}	-0,038 ^{ns}	0,840**
UNF							-0,755**	0,638**	-0,312 ^{ns}	0,412 ^{ns}	0,727**
SFI								-0,846**	0,351 ^{ns}	-0,243 ^{ns}	-0,888**
STR									-0,487*	0,362 ^{ns}	0,844**
ELG										-0,295 ^{ns}	-0,408 ^{ns}
MIC											0,063 ^{ns}
CSP											

** e *: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Neste caso, essa correlação negativa é um bom resultado, pois indica que, à medida que os valores destas primeiras variáveis citadas aumentam, os valores para o índice de fibras curtas diminuem. Tal correlação torna-se favorável, sobretudo ao se pensar na continuidade do programa de melhoramento.

O coeficiente de correlação varia entre -1 e 1, sendo que o sinal indica a direção da correlação, se a correlação é positiva ou negativa, já o valor indica a magnitude. Quanto mais próximo de 1 mais forte é a associação, quanto mais próximo de 0 menor é esta associação (FIGUEIREDO FILHO et al., 2014).

Ainda segundo estes autores, na correlação positiva temos o valor de uma variável x aumentando junto com o aumento de uma variável y, sendo os altos valores de x associados aos altos valores de y. Porém, quando uma variável x aumenta e a variável y diminui isso indica que existe uma correlação negativa, já que os altos valores de um estão associados aos baixos valores da outra.

Sendo assim, quando a seleção é realizada baseada apenas em uma característica ocorrem mudanças em outras características que são importantes e que apresentam correlação entre si (TEODORO et al., 2018).

O conhecimento da correlação e o seu tipo existente no material avaliado é muito importante, pois pode acontecer de uma variável de interesse estar correlacionada negativamente com outra variável que seja importante também. Como, por exemplo, nesta pesquisa, a variável resistência apresentou correlação negativa com o alongamento, sendo essas duas variáveis muito importantes para a qualidade da fibra, o que chama atenção dos melhoristas para terem cuidado em selecionar para uma característica não prejudicar para a outra.

Resultado semelhante foi observado por Hoogerheide et al. (2007), ao analisarem as relações entre os caracteres tecnológicos e a produtividade da fibra do algodão e a identificação de seus efeitos diretos e indiretos pela análise de trilha, também encontraram resultado significativo negativo na correlação da resistência com o alongamento.

Diferentemente, a produtividade apresentou correlação positiva com as variáveis comprimento, resistência e com o índice de fiabilidade, enquanto a porcentagem de fibra teve correlação significativa e positiva, apenas com o peso de um capulho, semelhante ao que foi observado na variável índice de micronaire.

A correlação genética entre os caracteres pode ser explicada pela ligação entre os locos, isso porque, durante a formação dos gametas, na fase de meiose genes que atuam em diferentes caracteres, encontram-se no mesmo grupo de ligação, sendo estes herdados em conjunto, afetando, de alguma forma, as diferentes características controladas por esses genes que estão ligados (SEBBENN et al., 2008).

Outra explicação para a ocorrência das correlações, além da ligação física entre os genes nos cromossomos, é a existência da pleiotropia, que é a ação de um mesmo gene para mais de uma característica (CORREA et al., 2012).

Para o processo de seleção entre os materiais avaliados, utilizou-se a metodologia de Mulamba e Mock (1978). Neste índice, os genótipos são organizados com atribuição de valores, quanto melhor seu desempenho maior o valor absoluto a ele atribuído para cada característica analisada. Posteriormente, o número de classificação de cada genótipo relacionado a cada característica estudada é somado, resultando no índice de seleção (PEIXOTO et al., 2021).

Os resultados obtidos para seleção das melhores combinações híbridas e seus respectivos ganhos de seleção para as 11 características avaliadas, encontram-se abaixo na Tabela 7.

Tabela 7: Estimativas para o ganho de seleção (GS%), média da população inicial (X_0), média da população selecionada (X_S) e herdabilidade (h^2), obtidas para os caracteres altura (ALT), produtividade (PROD), porcentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (PIC), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice de micronaire (MIC) e índice de fiabilidade (CSP)

Variável	X_0	X_S	h^2	GS	GS%
ALT	92,03	92,18	95,70	0,144	0,16
PROD	4468,88	4845,95	96,14	362,54	8,11
%FIB	38,70	39,15	96,60	0,431	1,12
PIC	5,91	6,53	97,24	0,598	10,12
UHM	29,92	30,58	71,03	0,466	1,56
UNF	85,01	85,54	71,41	0,377	0,44
SFI	7,22	6,85	69,02	-0,257	-3,56
STR	30,25	31,57	81,76	1,082	3,58
ELG	5,10	5,06	75,84	-0,030	-0,6
MIC	4,66	4,80	66,38	0,092	1,97
CSP	2802,52	2941,60	75,42	104,908	3,74

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Observar-se que as variáveis com os maiores ganhos de seleção foram produtividade (8,11%) e peso de um capulho (10,12%), respectivamente. Os ganhos de seleção para produtividade foram superiores aos observados por Gomes et al. (2022), que, em seu trabalho para seleção de genótipos de algodoeiro sob estresse hídrico para produtividade e qualidade de fibra, obtiveram um ganho de seleção na variável produtividade de 2,96%. Por outro lado, Carvalho et al. (2019) usando genótipos de algodoeiro adaptados às condições do clima semiárido com suplementação de irrigação detectaram um ganho de seleção de 5,64%.

Esses resultados são esperados pois os ganhos podem variar em função de diversos fatores, como: a população original utilizada, quantidade de características envolvidas, pesos atribuídos, intensidade de seleção aplicada e do ambiente. Cabendo ao melhorista a identificação dos critérios de seleção a fim de potencializar os ganhos genéticos das características de interesse (FARIA et al., 2013).

De todas as variáveis avaliadas, duas apresentaram ganhos de seleção negativos, o alongamento (-0,6 %), que, nesse caso é um ganho indesejado, porém praticamente insignificante, e o índice de fibras curtas (-3,56 %), que, no caso, é um ganho desejável, pois busca-se fibras com baixos índices de fibras curtas.

Tal resultado corrobora com o encontrado por Carvalho et al. (2017), que, em seu trabalho com algodoeiro visando a seleção de materiais com alto teor de óleo e níveis aceitáveis nos demais caracteres, encontraram valores para o ganho de seleção para a variável alongamento negativa também (-0,29%). Em contrapartida, os autores encontraram valores

negativos de ganho de seleção para as variáveis índice de micronaire (-1,52%) e uniformidade (-0,14%), diferentemente do encontrado nesta pesquisa, na qual os valores de ganho de seleção para os mesmos caracteres foram 1,97% e 0,44%, respectivamente.

As progênes selecionadas de acordo com o índice de Mulamba e Mock (1978) estão listadas na Tabela 8.

Tabela 8: Progênes selecionadas pelo índice de seleção de Mulamba e Mock (1978) e seus respectivos resultados para as variáveis altura (ALT), produtividade (PROD), porcentagem de fibra (%FIB), peso de um capulho (PIC), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibra curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice de micronaire (MIC) e índice de fiabilidade (CSP)

	ALT	PROD	%FIB	PIC	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	CSP
16	95,95	5089,55	40,05	6,93	31,16	84,98	7,11	31,17	4,85	4,67	2804,44
3	93,45	3929,13	40,22	6,49	30,34	85,43	6,93	31,40	5,17	5,02	2896,42
8	91,08	4160,17	40,24	7,18	29,43	85,83	7,03	30,97	4,90	5,02	2878,65
7	90,00	4292,60	38,48	7,02	30,89	85,94	6,55	32,58	4,89	4,72	3097,47
14	90,47	6758,33	36,79	5,04	31,09	85,56	6,64	31,77	5,51	4,61	3031,07

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

De um modo geral, as progênes selecionadas apresentam os melhores ganhos de seleção significativos quando considerados todos os caracteres conjuntamente, associando vigor, produtividade e qualidade de fibra que se enquadram com as exigências dos produtores e da indústria.

Embora híbridos como o Y14 apresente, por exemplo, média para %FIB inferior ao exigido pelo mercado, ele apresenta todos os seus demais valores de acordo com o requerido tanto pelos produtores como pela indústria, com destaque para seus valores em produtividade, o qual se constitui num atributo bastante importante para ambientes que sofrem com baixa pluviosidade, sobretudo no semiárido.

É importante destacar que as progênes que foram selecionadas são indicadas para compor uma nova população para cruzamentos, dando continuidade ao programa de melhoramento, com o intuito de gerar e selecionar novas linhagens superiores para a região semiárida do Brasil.

5 CONCLUSÕES

Os híbridos apresentaram alta variabilidade e alto coeficiente de determinação genéticos para todos os caracteres, possibilitando ganhos de seleção significativos;

O déficit hídrico aplicado afetou de maneira distinta as variáveis em estudo, com valores mais pronunciados para altura e alongamento, enquanto as variáveis porcentagem de fibra, comprimento, índice de fiabilidade e uniformidade apresentaram-se melhores na condição de estresse;

As progênies selecionadas foram: BRS 286 x BRS SERIDÓ, FMT 705 x CNPA 7MH, FM 966 x BRS SERIDÓ, FM 966 x CNPA 7MH, BRS 286 x CNPA 5M, pois associaram ótimo desempenho produtivo e qualidade de fibra e, portanto, são indicadas ao programa de melhoramento do algodoeiro para o desenvolvimento de genótipos mais adaptados ao semiárido nordestino.

REFERÊNCIAS

- ABRAPA, **Associação Brasileira de Produtores de Algodão**. Disponível em: <https://www.abrapa.com.br/Paginas/Dados/Algod%C3%A3o%20no%20Mundo.aspx> Acesso em fevereiro de 2021.
- ABRAPA, **Associação Brasileira de Produtores de Algodão**. Disponível em: <https://www.abrapa.com.br/BibliotecaSustentabilidade/Relat%C3%B3rio%20de%20Safra_2%C2%AA%20quinzena_12.2020.pdf#search=produtividade%20em%20caro%C3%A7o>. Acesso em novembro de 2022.
- 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** 7: 353-359. 2007.
- ALMEIDA, E. S. A. B.; PEREIRA, J. R.; AZEVEDO, C. A. V.; ARAÚJO, W. P.; ZONTA, J. H.; CORDÃO, M. A. Algodoeiro herbáceo submetido a déficit hídrico: Produção. **Agropecuária Científica no Semiárido: ACSA**, v. 13, n. 1, p.22-28, 2017.
- ALMEIDA, E. S. A. B.; PEREIRA, J. R.; AZEVEDO, C. A. V.; ARAÚJO, W. P.; ZONTA, J. H.; LIMA, R. F. Algodoeiro herbáceo submetido a déficit hídrico: Qualidade da fibra. **Agropecuária Científica no Semiárido: ACSA**, v. 12, n. 3, p. 251-257, 2016.
- AMPA, **Associação Matogrossense de Produtores de Algodão**. Disponível em: <<https://ampa.com.br/historia-do-algodao/>> Acesso em: fevereiro de 2021.
- ARAÚJO, B.L. de; ARNHOLD, E.; OLIVEIRA JÚNIOR, E.A. de; LIMA, C.F. de. Parâmetros genéticos em cultivares de sorgo granífero avaliados em safrinha. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, p.51-59, v.9, n.02, 2014.
- ARAÚJO, L. F. de.; BERTINI, C. H. C. M de.; BLEICHER E.; NETO, F. das. C. V.; ALMEIDA, W. S. de. Características fenológicas, agronômicas e tecnológicas da fibra em diferentes cultivares de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 448-453, 2013.
- BARROCAS, E.N.; MACHADO, J. da C.; ALVES, M. de C.; CORRÊA, C.L. Desempenho de sementes de algodão submetidas à deficiência hídrica e presença de *Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides*. **Biosci. J.**, v.30, n.2, p.421-428., Mar./Apr. 2014.
- BATISTA, V.G.L.; FERNANDES, P.D.; SANTOS, R.C. dos; MELO FILHO, P.A.; LIMA, L.M. de. Expression profile of MYB60 and GUSP1 genes during early growth of cotton genotypes submitted to water stress. **Genetics and Molecular Research** 18 (4), 2019.
- BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; JÚNIOR, S. P. S.; BRITO, G. G.; CARDOSO, G. D. **Ecofisiologia do Algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* 42 Hutch.)** In: _____. Ecofisiologia das culturas algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal (pp.65-124) Edição: 1, Editora: Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

- BERNINI, C.S.; SANTOS, F.A.S.; SILVA, D.S.; FIGUEIREDO, Z.N. Seleção fenotípica de híbridos de milho para ambientes de baixa altitude e déficit hídrico. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 2, p. 172-177, 2020.
- BERTINI, C.H.C. de M.; SILVA, F.P. da, NUNES, R. de P.; SANTOS, J.H.R. dos. Ação gênica, heterose e depressão endogâmica de caracteres de produção em linhagens mutantes de algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, n. 7, p. 941- 948., 2001.
- BORÉM, A.; FREIRE, E. C. **Algodão: do plantio a colheita.**: UFV, 2014.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas.**: UFV, 525 p., 2005.
- BONIFÁCIO, D.O.C.; MUNDIM, F. de M.; SOUSA, L.B. de. Variabilidade genética e coeficiente de determinação em genótipos de algodoeiro quanto a qualidade da fibra. **Revista Verde**, v. 10, n.3, p 66 – 71., jul-set, 2015.
- BRITO, L.T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, R.E. **Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos**. In: BRITO, L.T. de L.; MOURA, M.S.B. de; GAMA, G.F.B. (Ed. Técnicos). Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro. Embrapa semiárido, 181 p., 2007.
- CARVALHO, J. F. de; CAVALCANTI, J. J. V.; FARIAS, F. J. C.; RAMOS J. P. C.; QUEIROZ, D. R.; SANTOS, R. C. dos. Selection of upland cotton for the Brazilian semi-arid region under supplementary irrigation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.19, p.185-192, 2019.
- CARVALHO, L.P. de; RODRIGUES, J. I. da S.; FARIAS, F.J.C. Seleção de linhagens de algodão para alto teor de óleo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.7, p.530- 538, jul. 2017.
- CARVALHO, L. P. de.; SALGADO. C. C.; FARIAS. F. J. C.; CARNEIRO. V. Q. Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de algodão de fibra colorida quanto aos caracteres de fibra. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 598-605, 2015.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em junho de 2022.
- CORREA, A.M.; CECCON, G.; CORREA, C.M. de A.; DELBEN, D.S. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. **Revista Ceres**, v. 59, n.1, p. 88-94., jan/fev, 2012.
- CORDÃO, M. A.; ARAÚJO, W. P.; PEREIRA, J. R.; ZONTA, J. H.; LIMA, R. F.; FERREIRA, F. N. Cultivares de algodoeiro herbáceo sob déficit hídrico aplicado em fases fenológicas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 3, p. 313-321, 2018.
- COSTA, J. N. da; ALMEIDA, F. de A. C.; SANTANA, J. C. F. de; COSTA, I. L. L. da; WANDERLEY, M. J. R.; SANTANA, J. C. da S. **Técnicas de colheita, processamento e armazenamento do algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 14p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 87), 2005.

CRUZ, C.D GENES: A software package for analysis in experimental statistic and quantitative genetics. **Acta Scientiarum** 35: 271-276, 2012.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**.: UFV, v. 1, 390 p., 1994.

DE LIMA, J. J. **A indústria têxtil e a qualidade da fibra**. In: BELOT, J. L. Safra 2018- Manual de Qualidade da Fibra da AMPA.: IMAmt- Instituto Matogrossense do Algodão, 166-191. 2018.

DUARTE, J. M. L.; LIMA. A. D.; NASCIMENTO. R. S.; VIANA. T. V. A.; SARAIVA. K. R.; AZEVEDO. B. M. Eficiência do uso da água na produção de óleo do girassol (*Helliantus annuus* L.), sob suspensão hídrica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.6, n. 3, p. 166 - 175, 2012.

FARIA, G.M.P. de; OLIVEIRA, M. da S.; CARVALHO, L.P. de; CRUZ, C.D. Gains from selection for oil content in cotton. **Industrial Crops and Products** v.51, P. 370-375, 2013.

FIGUEIREDO FILHO, D.B.; ROCHA, E.C. da; SILVA JÚNIOR, J.A. da; PARANHOS, R.; NEVES, J.A.B.; SILVA, M.B. da. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson: O retorno**. Leviathan-Cadernos de Pesquisa Política, N. 8, pp.66-95, 2014.

FONSECA, R.G. da; SANTANA, J.C.F. de. **Resultados de Ensaio HVI e Suas Interpretações**. Circular técnica 66. Embrapa, Campina Grande, dezembro, 2002.

FREIRE, E.C. (editor técnico). **Algodão no cerrado do Brasil. 2ª ed.** rev. e ampl. ABRAPA.: Mundial Gráfica, 2011.

FREIRE, E. C. **Melhoramento no Brasil**. In: Algodão: do plantio à colheita. BORÉM, A.; FREIRE, E. C. (Eds.). Viçosa: Editora UFV, p. 113-132, 2014.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; PEDROSA, M. B. SILVA FILHO, J. L. **Melhoramento do Algodoeiro: Cultivares Convencionais e Transgênicas para o Cerrado**. Algodão no cerrado do Brasil. 3ed., Brasília, ABRAPA, Cap. 6, p. 151-198.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13º Edição. Editora Livraria Nobel S.A., 1990. 2015.

GALARÇA, S.P.; LIMA, C.S.M.; SILVEIRA, G. da; RUFATO, A. de R. Correlação de Pearson e análise de trilha identificando variáveis para caracterizar porta-enxerto de *Pyrus communis* L. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 860-869, 2010.

GOMES, I.H.R.A.; CAVALCANTI, J.J.V.; FARIAS, J.C.F.; PAIXÃO, F.J.R. da P.; SILVA FILHO, J.L. da; SUASSUNA, N.D. Selection of cotton genotypes for yield and fiber quality

under water stress. **Brazilian Journal of Agricultural Environmental Engineering**. v.26, n.8, p.610-617., 2022.

GONÇALVES, P. de S.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A. L. M.; COSTA, R. B. da; GALLO, P. B. Genotype-environment interaction and phenotypic stability for girth growth and rubber yield of Hevea clones in São Paulo State, Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, 26 (4): 441-448, 2003.

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

HUSSEIN, F.; JANAT, M.; YAKOUB, A. Assessment of yield and water use efficiency of drip-irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as affected by deficit irrigation. **Turk J Agric, TÜBİTAK; For** 35, 611-621, 2011.

JUHASZ, A.C.P.; CONDÉ, A.B.T.; RABELO, H. de O.; PIMENTA, S.; SOARES, B.O. 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**. V.6, n.22, p.368-375,2013.

KONDO, J.I.; FUZATTO, M.G.; CIA, E.; CARVALHO, L.H.; TOMAZ, R.M.A.G. **Efeito de genótipos e do ambiente na formação de neps na fibra de algodão**. In: 8º Congresso Brasileiro de Algodão & I Cotton Expo 2011, p.1884, 2011.

LIMA, A.S.; COSTA, M.G. da; CAVALCANTI, J.J.V.; RODRIGUES, A.P.M. dos S.R.; JÚNIOR, A.F. de M. Fibra de cultivares de algodoeiro sob condições de sequeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.14, n.1., jan-mar, 2019.

LIMA, R. F.; ARAÚJO, W. P.; PEREIRA, J. R.; CORDÃO, M. A.; FERREIRA, F. N.; ZONTA, J. H. Fibras de algodoeiro herbáceo sob déficit hídrico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 4, 2018.

MANIÇOBA, R. M.; SOBRINHO, J. E.; ZONTA, J. H.; CAVALCANTE JÚNIOR, E. G.; OLIVEIRA, K. S. de; FREITAS, I. A. S. Resposta do algodoeiro à supressão hídrica em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. **Irriga Botucatu**, v. 26, n. 1, p. 123-133, janeiro-março, 2021.

MATOS, F.S.; JÚNIOR, H.D.T.; ROSA, V. do R.; SANTOS, P.G. de F.S.; BORGES, L.F. de O.; RIBEIRO, R.P.; NEVES, T.G.; CRUVINEL, C.K.L. Estratégia morfofisiológica de tolerância ao déficit hídrico de mudas de pinhão manso. **Magistra**, V. 26, n. 1, p. 19 - 27, 2014.

MOURA, M.S.B. de; GALVINCIO, J.D.; BRITO, L.T. de L.; SOUZA, L.S.B. de; SÁ, I.I.S.; SILVA, T.G.F. da. **Clima e água de chuva no semiárido**. In: BRITO, L.T. de L.; MOURA, M.S.B. de; GAMA, G.F.B. (Ed. Técnicos). Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro. Embrapa semiárido, 181 p., 2007.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, p. 40-51, 1978.

NETO, J.C.; BERTINI, C.H.C. de M.; SILVA, A.P.M. da. Divergência genética entre genitores de algodoeiro de fibras brancas e coloridas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.10, n.4, p. 492-498., 2015.

NOVAES, T. G.; ALMEIDA, W. P.; SCHUSTER, I.; AGUIAR, P.; MEHTA, Y. R. Herança de resistência do algodoeiro a *Ramularia areola*. **Summa Phytopathologica** v. 37, p. 150-152, 2011.

OLIBONI, R.; FARIA, M.V.; NEUMANN, M.; RESENDE, J.T.V.; BATTISTELLI, G.M.; TEGONI, R.G.; OLIBONI, D.F. Análise dialélica na avaliação do potencial de híbridos de milho para a geração de populações-base para obtenção de linhagens. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 1, p. 7-18, jan./fev. 2013.

PASSOS, A.R.; SILVA, S.A.; SOUZA, C. da S.; SOUZA, C.M.M. de S.; FERNANDES, L. dos S. **Parâmetros genéticos de caracteres agrônômicos em genótipos de mamoneira**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.45, n.7, p.709-714, jul., 2010.

PEIXOTO, M.A.; MALIKOUSKI, R.G.; NASCIMENTO, E.F. do; SCHUSTER, A.; FARIAS, F.J.C.; CARVALHO, L.P.; TEODORO, P.E.; BHERING, L.L. Genotype plus genotype by-environment interaction biplot and genetic diversity analyses on multienvironment trials data of yield and technological traits of cotton cultivars. **Ciência Rural**, v.52:2, e20201054, 2022.

PEIXOTO, J.V.M.; MACIEL, G.M.; FINZI, R.R.; PEREIRA, L.M.; SIQUIEROLI, A.C.S.; SILVA, M.F. e; CLEMENTE, A.A. Genetic parameters and selection indexes for biofortified red leaf lettuce. e. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.56, e02431, 2021.

PEREIRA, E.R. de L.; MEDEIROS, M.B. de; SUASSUNA, J.F.; MORAIS, V.M.M.; FERNANDES, H.F.; LIMA, A.S. de; COSTA, N.S. da; FERNANDES, P.D. Resposta fisiológica do algodão colorido em estresse salino. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.**, vol. 7, n. 16, p. 653-664, 2020.

PEREIRA, J.M.G.; LACERDA, C.F. de; DIOGENES NETO, H.N.; OLIVEIRA, A.C.; RIBEIRO, A.A.; SOUSA, C.H.C. **Trocas gasosas em algodoeiro submetido aos efeitos isolados e combinados de lâminas de irrigação excessiva e deficitária sob estresse salino**. IV INOVAGRI International Meeting, 2017.

PIMENTA, A.M.L.; SANTOS, S.R. dos; JÚNIOR, N. de A.D.; KONDO, M.K.; ASPIAZÚ, I. Tree resin as a cultivation strategy under water deficit. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. V.51, Goiânia, 2021.

RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. F. B., SANTOS, J. B. e Nunes, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**.: UFLA, 2012.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 37, p. 182- 194, 2007.

- RESENDE, M. D. V. de; FREITAS, J. A. de; LANZA, M. A.; RESENDE, M. D. V. de; AZEVEDO, C. F. Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 3, p. 334-340, 2014.
- RODRIGUES, J. D.; SILVA, C. R. C.; PEREIRA, R. F.; RAMOS, J. P. C.; MELO FILHO, P. A. CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, R. C. Characterization of waterstress tolerant cotton cultivars based on plant growth and in activity of antioxidante enzymes. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3763-37, 2016.
- SANTOS JÚNIOR, A. dos S.; SANTOS, I.T. dos; LOPES, R. de P.; BARBOSA, E.A. **Ecofisiologia do algodoeiro**. In: _____. Ecofisiologia de culturas agrícolas. DIAS, J.P.T. (Org). EdUEMG, 169 p., 2018.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO. R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- 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.
- SEBBENN, A.M.; VILAS BÔAS, O.; MAX, J.C.M. Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênes de *Pinus caribaea* var. bahamensis aos 20 anos de idade em Assis-SP. **Rev. Inst. Flor.**, v. 20, n. 2, p. 103-115, dez. 2008.
- SESTREN, J. A.; DE LIMA, J. J. Características e classificação da fibra de algodão. In: FREIRE, E. C. Algodão no cerrado do Brasil. 2 ed., **Mundial gráfica**. p. 891-976. 2011.
- SILVA, A.R.; SANTOS, T.S. dos; QUEIROZ, D.E. de; GUSMÃO, M.O.; SILVA, T.G.F. da. Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of Environmental Analysis and Progress** v. 02, n. 04, p. 377-384, 2017.
- SILVA, B.B. da; SOUZA, C.B. de; RAO, T.V.R.; AZEVEDO, P.V. de; SOBRINHO, J.E. Efeitos do déficit hídrico sobre a fenometria e a tecnologia de fibra do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.2, p.42-46, 1998.
- SILVA FILHO, J.L. da; MORELLO, C. de L.; FARIAS, F.J.C.; LAMAS, F.M.; PEDROSA, M.B.; RIBEIRO, J.L. Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.349-355, mar. 2008.
- SOARES, L. A. dos A.; DIAS, K. M. M.; NASCIMENTO, H. M.; LIMA, G. S. de; OLIVEIRA, K. J. A. de; SILVA, S. S. da. Estratégias de manejo do déficit hídrico em fases fenológicas do algodoeiro colorido. **Irriga, Inovagri**, Notas Técnicas, v. 25, n. 4, p. 656-662, outubro-dezembro, 2020.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Produção global de algodão**. Disponível em <<https://www.sna.agr.br/producao-global-de-algodao-deve-ser-de-26-43-milhoes-de-toneladas-em-2021-22/>>. Acesso em junho de 2022.

SOUSA, L.B. de. O algodoeiro: alguns aspectos importantes da cultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA), v.5, n.4, p. 19 – 26, 2010.

SOUZA, C. R. de; SOARES, Â. M.; REGINA, M. de A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p. 1221–1230, 2001.

STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V. de; CARPANEZZI, A.A.; ZANON, A. Variação genética e seleção para características de crescimento em em teste de progênies de *Mimosa scabrella* var. *aspericarpa*. Embrapa florestas. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p.73-83, jan/dez.1994.

SUINAGA, F.A.; BASTOS, C.S.; RANGEL, L.E.P. Phenotypic adaptability and stability of cotton cultivars in Mato Grosso State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, p. 145-150, 2006.

TAVARES, V.C.; ARRUDA, I.R.P. de; SILVA, D.G. da. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v.34, n.70, p. 385-405, 2019.

TEODORO, P.E.; CARVALHO, L.P. de; RODRIGUES, J.I.S.; FARIAS, F.J.C.; CARNEIRO, P.C.S.; BHERING, L.L. Interrelations between agronomic and technological fiber traits in upland cotton. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, e39364, 2018.

TEODORO, P.E. **Interação entre genótipos de algodoeiro em ambientes representativos do Cerrado Brasileiro**. Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, 2017.

VASCONCELOS, U. A. A.; CAVALCANTI, J. J. V.; FARIAS, F. J. C.; VASCONCELOS, W. S.; SANTOS, R. C. Diallel analysis in cotton (*Gossypium hirsutum*). **Crop Breeding and Applied biotechnology**- 18: 24-30, 2018.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fito-melhoramento. **Revista Brasileira de Genética**, 496 p., 1992.

VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. **Melhoramento do algodoeiro**. **Anais. Simpósio nordestino de genética e melhoramento de plantas**, 1, Fortaleza. Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. p. 102-120, 2009.

VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. **Melhoramento genético do algodão**. In: VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Eds.). **Melhoramento genético de plantas no Nordeste**. Brasília: Embrapa, p. 49-83, 2013.

VILELA, R. **Importância do manejo de Boro e Bioativadores no algodoeiro**. Informativo técnico- Nortox. Edição 37, janeiro, 2022.

WEN, Y.; ROWLAND, D.L.; PICCICCI, G.; COTHREN, J.T.; LESKOVAR, D.I.; KEMANIAN, A.R.; WOODARD, J.D. Lint yield, lint quality, and economic returns of cotton production under traditional and regulated deficit irrigation schemes in southwest Texas. **The Journal of Cotton Science** 17:10–22, 2013.

YEATES, S. **Efeitos do estresse hídrico na fisiologia do algodoeiro**. In: _____ O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes. Ed. Téc.: Fábio Rafael Echer, 2014.

YOKOMIZO, G.K.; DIAS, J.S.A.; DIAS, C.T.S.; HONGYU, K. Análise AMMI em caracteres vegetativos de genótipos de bananeiras no Amapá. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 1, p. 1-8, jan./mar. 2016.

YOKOMIZO, G.K.I.; FARIAS NETO, J.T. de. Caracterização fenotípica e genotípica de progênies de pupunheira para palmito. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 67-72. jan. 2003.

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

ZONTA, J.H.; BRANDÃO, Z.N.; RODRIGUES, J.I. da S.; SOFIATTI, V. Cotton response to water deficits at different growth stages. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 980 –990, out. –dez., 2017.