



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**JUTAHY JORGE ELIAS**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM ALGODOEIRO HERBÁCEO (*Gossypium  
hirsutum* L.) ATRAVÉS DE MODELOS MISTOS E ANÁLISE NÃO PARAMÉTRICA**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2020**

**JUTAHY JORGE ELIAS**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM ALGODOEIRO HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L.) ATRAVÉS DE MODELOS MISTOS E ANÁLISE NÃO PARAMÉTRICA**

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

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

**CO-ORIENTADOR:** Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti

**CAMPINA GRANDE - PB**

**2020**

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.

E42a Elias, Jutahy Jorge.  
Adaptabilidade e estabilidade em algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) através de modelos mistos e análise não paramétrica [manuscrito] / Jutahy Jorge Elias. - 2020.  
58 p.  
Digitado.  
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2020.  
"Orientação : Prof. Dr. Francisco José Correia Farias, Coordenação do Curso de Ciências Agrárias - CCHA."  
"Coorientação: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti, Coordenação do Curso de Ciências Agrárias - CCHA."  
1. Algodão. 2. Melhoramento genético. 3. Cultura do algodoeiro. I. Título

21. ed. CDD 633.51

**JUTAHY JORGE ELIAS**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM ALGODOEIRO HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L.) ATRAVÉS DE MODELOS MISTOS E ANÁLISE NÃO PARAMÉTRICA**

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

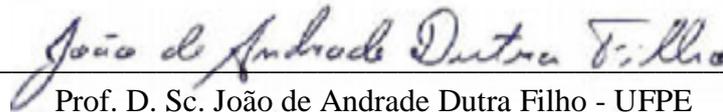
**Aprovado em 03 de Março de 2020**

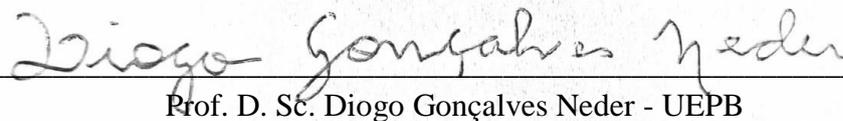
**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. D. Sc. Francisco José Correia Farias – Embrapa Algodão (Orientador)



Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Nair Helena Castro Arriel – Embrapa Algodão

  
Prof. D. Sc. João de Andrade Dutra Filho - UFPE

  
Prof. D. Sc. Diogo Gonçalves Neder - UEPB

Às pessoas mais importantes em minha vida, minha mãe Francisca Euda Elias e ao meu pai José Elias Neto, que com amor, força e dedicação me instruíram no caminho do bem.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

### **A Deus por tudo que tenho e quem sou !!!**

Aos meus pais Francisca Euda e Zé Raimundo por todo amor, carinho e dedicação em mim investidos, no qual sempre acreditaram e confiaram em mim durante todos esses anos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da UEPB pela oportunidade de aprendizagem e formação.

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

Ao Prof. Dr. Francisco José Correia Farias por sua orientação dedicação e ensinamentos tão valiosos, inclusive os “puxões de orelha”, para a concretização deste trabalho de pesquisa e para minha formação profissional.

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

Aos meus amigos que fiz durante minha vida, que carrego comigo sempre no coração, por estarem sempre junto comigo nos melhores e piores momentos, aos que me consideram como tal, ficam aqui homenageados.

Aos meus amigos que fiz no mestrado, por toda contribuição direta ou indiretamente em minha vida acadêmica, a vocês sou muito grato.

Com certeza também agradeço àquelas pessoas que saíram da minha vida, mas que sempre estarão comigo na mente e no coração e também aquelas pessoas que estão chegando.

Dedico também aos demais familiares.

**"Sonhos determinam o que você quer. Ação  
determina o que você conquista."**

## RESUMO

ELIAS, JUTAHY JORGE. Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão. Campina Grande – Paraíba. Fev. 2020. Dissertação: **ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM ALGODOEIRO HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L.) ATRAVÉS DE MODELOS MISTOS E ANÁLISE NÃO PARAMÉTRICA**. Orientador: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias.

O algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) é, dentre as culturas produtoras de fibra, a de maior importância global. O Brasil se destaca no cenário mundial como um dos principais produtores da fibra de algodão. Um dos fatores que vem contribuindo para estes avanços em produtividade é a pesquisa desenvolvida nos diferentes programas de melhoramento do algodoeiro em diversas áreas agrícolas do Brasil. Na condução desses programas, o estudo da interação genótipo x ambiente antes da seleção e recomendação de cultivares auxiliam na escolha e indicação dos melhores materiais. O objetivo deste trabalho foi indicar novos genótipos de algodoeiro superiores em produtividade, estabilidade e adaptabilidade das linhagens finais de algodoeiro herbáceo através do emprego de modelos mistos e análise não paramétrica para a região semi-árida. Foram avaliados 17 genótipos em ensaios conduzidos nas cidades de Apodi-RN e Barbalha-CE nos anos de 2016 e 2017, totalizando quatro ambientes, o experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições e constituídas de 17 tratamentos, sendo 14 linhagens elites e 3 testemunhas: FM 993, BRS 286 e BRS 336. As características avaliadas foram: produtividade de algodão em caroço, produtividade de fibra, porcentagem de fibras, comprimento e resistência. Realizou-se análise de variância individual, conjunta e análise de adaptabilidade e estabilidade seguindo as metodologias propostas via modelos mistos REML/BLUP e Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998). Para a metodologia REML/BLUP os genótipos CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 335, FM 993 e CNPA GO 2010 147 apresentaram maior adaptabilidade e estabilidade produtiva. O método de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998) considerou como os genótipos mais próximos do ideal: CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 147, CNPA GO 2009 195 e FM 993. As metodologias utilizadas são concordantes na seleção de genótipos superiores quanto a adaptabilidade, estabilidade e produtividade; O genótipo CNPA GO 2011 751 apresentou ampla adaptabilidade e estabilidade e foi o mais produtivo nos ambientes testados.

**Palavras chave:** algodão. melhoramento. ensaio de linhagens finais

## ABSTRACT

ELIAS, JUTAHY JORGE. Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão. Campina Grande – Paraíba. Fev. 2020. Dissertação: **ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM ALGODOEIRO HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* L.) ATRAVÉS DE MODELOS MISTOS E ANÁLISE NÃO PARAMÉTRICA**. Orientador: Prof. Dr. Francisco José Correia Farias.

Herbaceous cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is, among the fiber-producing crops, the most important globally. Brazil stands out on the world stage as one of the main cotton fiber producers. One of the factors that has contributed to these productivity advances is the research developed in the different cotton improvement programs in different agricultural areas in Brazil. In conducting these programs, the study of the genotype x environment interaction before the selection and recommendation of cultivars helps in the choice and indication of the best materials. The aim of this work was to indicate new cotton genotypes superior in productivity, stability and adaptability of the final strains of herbaceous cotton through the use of mixed models and non-parametric analysis for the semi-arid region. 17 genotypes were evaluated in trials conducted in the cities of Apodi-RN and Barbalha-CE in the years 2016 and 2017, totaling four environments, the experiment was conducted in a randomized block design (DBC) with four replications and consisting of 17 treatments, being 14 elite lines and 3 witnesses: FM 993, BRS 286 and BRS 336. The evaluated characteristics were: seed cotton yield, fiber yield, percentage of fibers, length and strength. An analysis of individual, joint and analysis of adaptability and stability was carried out following the proposed methodologies via mixed models REML / BLUP and Lin and Binns (1988) modified by Carneiro (1998). For the REML / BLUP methodology, the CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 335, FM 993 and CNPA GO 2010 147 genotypes showed greater adaptability and productive stability. The method of Lin and Binns (1988) modified by Carneiro (1998) considered the genotypes closest to the ideal: CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 147, CNPA GO 2009 195 and FM 993. The methodologies used are consistent in the selection of superior genotypes in terms of adaptability, stability and productivity; The CNPA GO 2011 751 genotype showed broad adaptability and stability and was the most productive in the tested environments.

**Key words:** cotton. breeding. testing of final strains.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Material genético utilizado nos Ensaio de Linhagens Finais .....	11
<b>Tabela 2.</b> Esquema de análise de variância individual e teste F referente ao modelo (1) .....	14
<b>Tabela 3.</b> Quadrados médios das análises de variâncias individuais, por ambientes, para as características agrônômicas Produtividade de Algodão em Carço (PROD – kg/ha), Porcentagem de Fibra (PF - %), Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha) e para as características tecnológicas de fibras Comprimento (COMP - mm) e resistência (RES - gf/tex) de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em quatro ambientes, Apodi 2016 (AMB 1), Barbalha 2016 (AMB 2), Apodi 2017 (AMB 3) e Barbalha 2017 (AMB 4).....	18
<b>Tabela 4.</b> Análise de deviance e teste $\chi^2$ para os caracteres Produtividade de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibra (PRODF), Porcentagem de fibra (PF), Comprimento (COMP) e Resistência (RES) de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em quatro, nas safras agrícolas 2016/2017 .....	19
<b>Tabela 5.</b> Parâmetros genéticos (REML individual) para os caracteres produtividade de algodão em caroço (PROD), produtividade de fibra (PRODF), porcentagem de fibras (PF), comprimento (COMP) e resistência (RES) de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em 4 ambientes nos anos agrícolas 2016/2017.....	20
<b>Tabela 6.</b> Estimativas dos Componentes de Média (BLUP Individual) em todos os locais, para o caráter produtividade de algodão em caroço kg/há (PROD), de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em 4 ambientes nos anos agrícolas 2016 e 2017 .....	23
<b>Tabela 7.</b> Estimativas dos Componentes de Média (BLUP Individual) em todos os locais, para o caráter produtividade de fibra kg/há (PRODF), de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em 4 ambientes nos anos agrícolas 2016 e 2017 .....	24
<b>Tabela 8.</b> Estabilidade genotípica (MHVG), adaptabilidade genotípica (PRVG), adaptabilidade e estabilidade genotípica simultaneamente (MHPRVG), valor genotípico capitalizando a adaptabilidade (PRVG*MG) e valor genotípico penalizado pela instabilidade e capitalizado pela adaptabilidade (MHPRVG*MG) de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em dois	

ambientes nos anos agrícolas 2016 e 2017, para o caráter produtividade de algodão em caroço (PROD) kg/ha.....26

**Tabela 9.** Estabilidade genotípica (MHVG), adaptabilidade genotípica (PRVG), adaptabilidade e estabilidade genotípica simultaneamente (MHPRVG), valor genotípico capitalizando a adaptabilidade (PRVG\*MG) e valor genotípico penalizado pela instabilidade e capitalizado pela adaptabilidade (MHPRVG\*MG) de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em dois ambientes nos anos agrícolas 2016 e 2017, para o caráter produtividade de fibra (PRODF) kg/ha .....27

**Tabela 10.** Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica segundo o método proposto por Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) para produtividade de algodão em caroço (PROD) dos ensaios de linhagens finais (ELF) com decomposição de  $P_i$  (parâmetro de estabilidade e adaptabilidade) em ambiente favorável ( $P_{if}$ ) e desfavorável ( $P_{id}$ ) ..... 30

**Tabela 11.** Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica segundo o método proposto por Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) para produtividade de fibra (PRODF) dos ensaios de linhagens finais (ELF) com decomposição de  $P_i$  (parâmetro de estabilidade e adaptabilidade) em ambiente favorável ( $P_{if}$ ) e desfavorável ( $P_{id}$ ).....31

## APÊNDICE

**Tabela 1A.** Seleção de genótipos por ambientes, predições de efeitos (g+ge) e valores genéticos (u+g+ge) e ganhos genéticos para os 17 genótipo de algodoeiro, em dois locais para o caráter produtividade de algodão e caroço kg/há (PROD).....45

**Tabela 2A.** Seleção de genótipos por ambientes, predições de efeitos (g+ge) e valores genéticos (u+g+ge) e ganhos genéticos para os 17 genótipo de algodoeiro, em dois locais para o caráter produtividade de fibra kg/há (PRODF).....46

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1. CULTURA DO ALGODOEIRO .....	14
2.2. MELHORAMENTO GENÉTICO DO ALGODOEIRO .....	15
2.3. INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE.....	17
2.4. ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE.....	19
2.4.1. METODOLOGIA DE MODELOS MISTOS - REML/BLUP.....	20
2.4.2 METODOLOGIA DE LIN E BINNS (1988), MODIFICADA POR CARNEIRO (1998) .....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. MATERIAL GENÉTICO.....	22
3.2. LOCAL DE CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS .....	23
3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
3.3.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	24
3.3.2. VARIÁVEIS ANALISADAS .....	24
3.3.3. ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL.....	24
3.3.4. ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA E DE DEVIANCE .....	25
3.4. ANÁLISE DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE .....	26
3.4.1. METODOLOGIA REML/BLUP .....	27
3.4.2. METODOLOGIA DE LIN E BINNS (1988), MODIFICADA POR CARNEIRO (1998) .....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1. ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL.....	29
4.2. ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA VIA MODELOS MISTOS .....	31
4.3. PARÂMETROS GENÉTICOS .....	32
4.4. VALORES GENOTÍPICOS PREDITOS LIVRE DA INTERAÇÃO COM AMBIENTES .....	34
5. ANÁLISE DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PRODUTIVA .....	39
5.1. METODOLOGIA REML/BLUP .....	39
5.2. METODOLOGIA DE LIN E BINNS (1988), MODIFICADA POR CARNEIRO (1998) .....	42
6. CONCLUSÕES .....	46
7. REFERÊNCIAS .....	47

## 1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum*, L.) é uma das espécies fibrosas e oleaginosas mais antigas e de grande importância para humanidade, conhecida mundialmente por produzir a mais importante fibra têxtil, além da sua capacidade produtiva de óleo vegetal (CARVALHO et al., 2017), sendo uma das principais culturas exploradas no Brasil. O país ocupa a quarta colocação dentre os países produtores de algodão (USDA 2019). Ressalte-se ainda que a cotonicultura destaca-se no cenário nacional como cultura de expressiva importância para o agronegócio Brasileiro (OLIVEIRA et al., 2012). Confirma-se que a cotonicultura já foi a principal atividade econômica para o agronegócio da região semiárida do Nordeste brasileiro (DANTAS et al., 2012).

A cotonicultura na região semiárida assume papel importante para o desenvolvimento regional e para geração de empregos, pois permite obter diferentes produtos que são utilizados para inúmeras finalidades, no qual gera renda a partir de sua fibra (indústria têxtil), caroço (fabricação de biodiesel e óleo de cozinha) e farelo (alimentação animal), movimentando distintos setores da economia. Um dos problemas para o cultivo do algodoeiro em larga escala na região semiárida é o alto custo da produção devido a falta de mão de obra para a realização de tratos culturais, controle de plantas daninhas e colheita (ZONTA et al., 2016).

Dentre os países produtores, o Brasil ganha destaque no sistema produtivo de algodão, sendo considerado o quarto maior exportador mundial. Em âmbito nacional, os estados mais produtivos desta malvacea são: Mato Grosso, Bahia, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (ABRAPA, 2019). No ano de 2019 foram plantados aproximadamente 1,62 milhões de hectares de algodão, gerando uma produção de 2.725,90 mil toneladas de fibra, indicando um incremento de 2,7% em relação a safra passada (CONAB, 2020), sua demanda aumenta consideravelmente todo ano, cerca de 2% ao ano (ABRAPA, 2015). Estima-se um aumento da área plantada no Brasil, especialmente nos Estados do Mato Grosso e Bahia (CONAB, 2019), responsáveis por 67 e 22%, respectivamente, da produção nacional (USDA, 2019). O estado da Bahia contribui com quase 90% da produção de algodão do Nordeste, enquanto outros estados nordestinos participam com apenas 3% (CONAB, 2019).

O Nordeste brasileiro é a segunda maior região produtora de algodão do país contribuindo com 26% da produção nacional. Ademais, o parque têxtil da região Nordeste é um dos maiores polos de consumo industrial de algodão da América Latina (OLIVEIRA et al., 2012; SINDA-ABRAPA, 2018).

Contudo, diante da grande diversidade climática encontrada nas regiões produtoras de algodão, faz-se necessário o estudo da interação genótipos x ambientes (G x A) antes da recomendação de cultivares aplicando-se testes de estabilidade e adaptabilidade que auxiliarão na escolha dos melhores materiais (RESENDE et al., 2014; CARVALHO et al., 2015; CARVALHO et al., 2016; CARVALHO et al., 2017). Devido a este fenômeno, uma mesma cultivar pode exibir desempenho diferente de acordo com o ambiente de cultivo, sendo um das principais dificuldades enfrentadas pelos melhoristas no momento da seleção e recomendação de novas linhagens.

Ao se confirmar a presença da interação genótipos x ambientes, uma alternativa é selecionar os genótipos superiores quanto a adaptabilidade e estabilidade produtiva. A adaptabilidade pode ser definida como a possibilidade dos genótipos responderem de forma positiva as alterações ambientais. Já a estabilidade se refere à capacidade dos genótipos expressarem comportamento previsível, mesmo com as alterações ambientais (CRUZ et al., 2012).

Existem inúmeras metodologias reportadas na literatura para o estudo de adaptabilidade e estabilidade em ensaios multiambientais. A escolha da metodologia adequada depende dos dados experimentais, da precisão requerida e do tipo de informação desejada pelo melhorista (CRUZ et al., 2012). Os métodos propostos podem ser baseados nos componentes da análise de variância, no método da regressão, em metodologias não paramétricas, em métodos multivariados e em modelos mistos (CARVALHO et al., 2016).

A abordagem de modelos mistos é também conhecida por REML/BLUP. O procedimento REML (Restricted Maximum Likelihood) ou Máxima Verossimilhança Restrita, estima os componentes de variância necessários ao modelo e o BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), Melhor Preditor Linear não Viesado, é o procedimento de seleção ideal para efeitos genéticos aditivos, de dominância e efeitos genotípicos (RESENDE, 2016).

Metodologias não paramétricas foram propostas para os casos em que os dados experimentais não atendessem os pressupostos da análise de regressão. Dentre elas pode-se citar a de Lin e Binns (1988), Carneiro (1998) propôs uma modificação do método de Lin e Bins, decompondo o parâmetro de adaptabilidade em ambientes favoráveis e desfavoráveis, visando facilitar a recomendação de cultivares para ambientes específicos de cultivo.

O objetivo deste trabalho foi indicar novos genótipos de algodoeiro superiores em produtividade, estabilidade e adaptabilidade das linhagens finais de algodoeiro herbáceo através do emprego de modelos mistos e análise não paramétrica para a região semi-árida.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. CULTURA DO ALGODOEIRO

O algodoeiro é uma planta dicotiledônea, que pertence à ordem Malvales, família Malvaceae, gênero *Gossypium*. Tem sua origem na região da divisa entre o México e a América Central. São reconhecidas 45 espécies diplóides ( $2n=2x=26$ ) e seis alotetraplóides ( $2n=4x=52$ ), no entanto, somente quatro são cultivadas comercialmente: *Gossypium herbaceum* e *Gossypium arboreum* (diploides), originárias do Velho Mundo, e *Gossypium hirsutum* e *Gossypium barbadense* (alotetraploides), originárias do Novo Mundo, sendo estas duas últimas as mais exploradas no mundo (FREIRE, 2014).

As espécies diploides são originárias de regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia, América e Austrália. As espécies alotetraploides têm sua origem em regiões tropicais e subtropicais nas Américas (FRYXELL, 1992; WENDEL et al., 2009).

O algodoeiro cultivado no mundo é quase em sua totalidade (95%) oriundo de duas espécies: *G. hirsutum* e *G. barbadense*. A espécie *G. hirsutum*, também conhecida como algodoeiro herbáceo ou algodoeiro *upland*, é a mais plantada no mundo, responsável por 90% da produção mundial. A espécie *G. barbadense*, conhecida como algodoeiro egípcio, responde por 5% da produção mundial, uma vez que existem nichos de mercado específicos (CIA et al., 1999). Existem duas espécies diploides que possuem valor comercial *G. arboreum* e o *G. herbaceum*, no entanto, são pouco cultivadas (FARIAS, 2005).

O algodoeiro herbáceo possui porte subarbustivo e crescimento indeterminado e, para fins comerciais, foi adaptado como planta anual. Suas folhas possuem nectários em sua face inferior e na base das flores, além de glândulas produtoras de gossipol, substância tóxica a insetos e animais não ruminantes (PENNA, 2005). Apresenta flores completas, sendo hermafrodita, ou seja, com gametófito feminino e masculino na mesma flor. O algodoeiro é classificado como uma planta intermediária, possuindo porcentagens de alogamia e autogamia, e o principal meio de propagação da cultura é por meio de sementes (BELTRÃO; SOUZA, 2001).

Esta cultura pode se reproduzir por autofecundação, existindo uma taxa de fecundação cruzada que pode depender da quantidade de insetos polinizadores presentes nas condições de cultivo e das condições ambientais. As taxas de fecundação cruzada foram estimadas por diversos autores, variando de 5% a 75%. Dessa maneira, em programas de melhoramento

genético do algodoeiro há como regra básica a polinização controlada, seja pelo amarrão de botões florais, utilização de barreiras físicas ou isolamento espaço-temporal. Essa prática aliada ao descarte de bordaduras é imprescindível para manutenção da pureza genética de linhagens e cultivares, em lavouras para produção de sementes, por causa da existência de cultivares diferentes em distâncias inferiores a trezentos metros (FREIRE, 2002; BARROSO et al., 2005; FARIAS, 2005).

Possui número variável de capulhos, entretanto, nos sistemas de produção de alto nível tecnológico preconiza-se dez capulhos por planta. Cada capulho possui de três a cinco carpelos que contém em média 32 sementes. Suas sementes são cobertas por dois tipos de células diferenciadas que constituem as fibras longas (fiáveis) e as fibras curtas (não fiáveis) (FARIAS et al., 1996; PENNA, 2005). O comprimento de fibras fiáveis varia de acordo com a espécie. Em *G. hirsutum* o comprimento da fibra varia de 25,4 mm a 34,9 mm; em *G. barbadense* o comprimento da fibra fiável é maior que 35 mm (FUZATTO, 1999).

## **2.2. MELHORAMENTO GENÉTICO DO ALGODOEIRO**

No Brasil, a pesquisa agrônômica com o algodoeiro começou em 1915, com a criação do Serviço do Algodão, no Ministério da Agricultura. Os trabalhos de melhoramento genéticos propriamente ditos começaram em 1924, com a criação da Seção do Algodão no Instituto Agrônômico de Campinas (IAC). Segundo Freire et al. (2011), nesta época também foram iniciados os programas de melhoramento do algodoeiro (herbáceo e arbóreo) no Maranhão, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e Sergipe. Em 1930 já existia uma adequada rede de pesquisa de melhoramento do algodoeiro no Brasil, amparadas principalmente em estações experimentais alocadas nas regiões Nordeste e Sudeste.

Boa parte dessas estações funcionaram até a década de 1980, quando o bicudo do algodoeiro foi introduzido no Brasil. A introdução dessa praga arruinou os plantios comerciais de algodoeiro arbóreo, levando à desativação da maioria dos programas de melhoramento. De todos eles apenas os programas de algodão herbáceo da Embrapa Algodão e do IAC ainda funcionam nos dias atuais (RIBEIRO, 2014).

Na região Centro-Oeste, as pesquisas com melhoramento iniciaram na década de 1980, mais precisamente no Estado de Goiás, através de parceria do IAC com o Grupo Maeda. Nessa época, os grandes produtores do Mato Grosso iniciaram a busca por novas alternativas agropecuárias, impulsionados pela crise de rentabilidade da soja. Acrescente-se a isto, os problemas fitossanitários advindos da exploração contínua dos solos com a soja, como cancro

da haste, mancha olho-de-rã e o nematoide de cisto. Com a crise da soja, o algodão ganhou espaço e as pesquisas voltadas para o melhoramento de algodoeiro se intensificaram (FARIAS, 2005; FREIRE ET AL., 2011).

Em 1989, foi estabelecido um convênio entre a Embrapa Algodão e a Fazenda Itamarati Norte com o objetivo de geração de tecnologia para a exploração do algodão nessa região de Mato Grosso, incluindo introdução, avaliação e desenvolvimento de cultivares. A partir de 1998 a Embrapa Algodão estabeleceu parcerias com a Fundação GO e Fundação Bahia, passando a atuar no mesmo sentido nos Estados de Goiás e Bahia. Dessas parcerias foram liberadas mais de dez cultivares adaptadas às condições do cerrado e do oeste baiano (FARIAS, 2005; FREIRE et al., 2011).

Com o mercado cotonicultor em franca expansão na região do cerrado, novas empresas de melhoramento passaram a investir no setor. A Fundação Mato Grosso estabeleceu fortes parcerias com a Embrapa Algodão, o IAC e o IAPAR, e durante cinco anos deu suporte a esses programas no Estado do Mato Grosso; só então tornou-se independente, criando uma nova empresa, a Tropical Melhoramento Genético (TMG) para administrar a pesquisa nessa área (BELTRÃO; AZEVEDO, 2008; FREIRE, 2011).

Os programas de melhoramento conduzidos no Brasil sempre foram direcionados para o desenvolvimento de cultivares que atendessem aos produtores, beneficiadores e à indústria têxtil. Assim, buscou-se obter cultivares produtivas, com bom rendimento no beneficiamento e características tecnológicas de fibra compatíveis com as exigências dessa indústria. Ao longo dos anos, esse setor sofreu grandes transformações nos processos de fiação e, por isso, passou a demandar cultivares com padrões de fibra compatíveis com essas mudanças. Buscam-se cultivares com as seguintes características de fibra: porcentagem de fibra (> 40%); uniformidade de comprimento (> 80%); resistência de fibra (> 30 gf/tex); comprimento em *high volume instrument* - HVI (> 30 mm) e micronaire (3,9 a 4,2) (CARVALHO, 2008).

Existem, ainda, várias doenças de importância econômica na cultura do algodão e de ocorrência frequente na região do Cerrado. Por esse motivo, o melhoramento genético do algodoeiro visa também a criação de variedades resistentes a doenças. Entre elas destacam-se, pela importância econômica e ocorrência frequente: ramulária, virose, bacteriose, alternaria, fusariose, nematoides e ramulose. Assim as cultivares de algodoeiro são selecionadas visando a resistência múltipla a essas doenças, ou, pelo menos, às que causam maiores prejuízos. Além disso, sempre se procurou incorporar nas cultivares a resistência a fatores adversos do ambiente,

como tolerância ao déficit hídrico (FARIAS, 2005; CARVALHO, 2008; FREIRE et al., 2008; FREIRE et al., 2011).

Na região Nordeste, a cultura do algodoeiro tem recebido atenção das instituições de pesquisa desde o ano 1920, sendo o caso do algodoeiro mocó, e em 1923, no caso do algodoeiro herbáceo (CARVALHO, 2008). No Nordeste brasileiro o plantio da cultura do algodão já foi uma das principais fontes de renda para o pequeno e médio produtor e uma forte fonte de distribuição de renda da região (WALDHEIM et al., 2006).

Para Carvalho (2008), há três períodos diferentes na Região Nordeste para o melhoramento do algodoeiro anual, o primeiro compreende entre 1923 e 1975, onde tinha como objetivo a aclimação de cultivares introduzidas, melhoria das espécies locais visando maior rendimento e melhor qualidade de fibra, além da tolerância à doenças. O segundo período teve início com os trabalhos CNPA (Embrapa Algodão) em 1976, nessa época tinha como objetivo a porcentagem de fibra, peso de capulho, aumentar a produtividade e tolerância à doenças, mantendo as características de fibra nos padrões da indústria têxtil. O terceiro período começa com a chegada do bicudo 1983, permanecendo até os dias atuais, neste período foram obtidos varias cultivares de elevada produtividade, precocidade, características de fibra adequadas e elevada adaptabilidade e estabilidade para as condições semiáridas do Nordeste.

O desenvolvimento genético do algodoeiro na Região Nordeste do Brasil destaca-se como prioridade a obtenção de cultivares produtivos, que tornem-se resistentes a pragas e doenças, que sejam adaptados às diferentes condições edafoclimáticas da região, e que apresentem fibras especiais, finas, resistentes e que possuam várias colorações (ECHER et al., 2010; GILIO et al., 2017).

O melhoramento genético para a cultura do algodoeiro contribuiu para evolução do plantio mundial desta cultura. Proporcionou melhorias significativas em comprimento e resistência da fibra, peso de capulhos, produtividade, além de resistência as principais doenças (RIBEIRO, 2014).

### **2.3. INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE**

A interação entre genótipo com o ambiente demonstra a capacidade do genótipo em expressar seu comportamento em determinado ambiente de cultivo ao longo dos anos (BIUDES, 2007). Como os genótipos se desenvolvem em sistemas dinâmicos, em que ocorrem

continuas mudanças, desde a semeadura até a maturação, há geralmente um comportamento diferenciado destes em termos de resposta às variações ambientais (CRUZ et al., 2012).

Em programas de melhoramento genético, a seleção de genótipos mais produtivos e com características desejáveis é exercida com base em experimentos conduzidos em diferentes ambientes (anos e locais). Uma mesma cultivar pode apresentar desempenho distinto de acordo com o ambiente de cultivo, essa variação é decorrente dos componentes genéticos e ambientais e da interação entre ambos, denominado interação genótipos x ambientes (G x A) (BORNHOFEN et al., 2017).

Quando se considera um único ambiente, a manifestação fenotípica se dá pela ação do genótipo no ambiente. Entretanto, quando se considera uma série de ambientes, detecta-se, além dos efeitos genotípicos e ambientais, um efeito adicional, proporcionado pela interação dos mesmos (CRUZ et al., 2012). Esta interação é de suma importância para os melhoristas, pois sua interpretação é de que cada genótipo pode responder de forma diferente com a mudança do ambiente (SCAPIM et al., 2010), e este fato influencia no ganho de seleção e recomendação de cultivares.

Quanto aos fatores ambientais que podem contribuir para a interação, estes podem ser agrupados em ambientais primários, compreendidos como sendo a latitude, a altitude, a topografia, a textura do solo e a própria composição do solo, fatores estes que exercem ação indireta sobre a cultura; e ambientais secundários, estes podem ser compreendidos como sendo a radiação solar, comprimento do dia, a temperatura, a água no solo, a aeração do solo e os minerais presentes no solo, fatores estes que são de ação direta, pois, afetam os processos fisiológicos e conseqüentemente, o rendimento da cultura (RIBEIRO; ALMEIDA, 2011).

A ocorrência de interação entre genótipos e ambientes é consequência do comportamento não coincidente dos genótipos nos diferentes ambientes testadores (CRUZ et al., 2012). Existem dois tipos de interação G x A, a interação simples, causada pela variabilidade genética dos materiais dentro dos ambientes, esse tipo de interação é de menor importância para os melhoristas, pois, não provoca modificações na classificação dos genótipos e não afeta na recomendação das cultivares. E a interação do tipo complexa, a mais importante e estudada pelos melhoristas, é ocasionada pela mudança de comportamento entre os genótipos de um ambiente para o outro, ou seja, genótipos que apresentam alto desempenho em um ambiente, mas não em outro, tornando a seleção e recomendação dos genótipos mais difícil (RAMALHO, et al., 1993; CRUZ et al., 2014).

A interação do tipo complexa se torna mais evidente quando se compara as condições edafoclimáticas e as técnicas de manejo do Brasil. Esta interação se constitui num dos grandes problemas de melhoramento de qualquer espécie, seja na fase de seleção dos programas de melhoramento, ou na de recomendação de cultivares (COSTA, 2012), pois genótipos avaliados em diferentes ambientes apresentam resultados diferenciados. Assim, a avaliação da interação G x A torna-se de grande importância no melhoramento vegetal, pois, no caso de sua existência, há possibilidades do melhor genótipo em um ambiente não ser o melhor em outro (CRUZ et al., 2012).

A avaliação interação nos programas de melhoramento é de grande importância, cabendo ao melhorista quantificar a magnitude e a significância de seus efeitos para adotar estratégias que possam minimizar ou aproveitá-la (CRUZ et al., 2012). Portanto, a capacidade produtiva da cultura é o resultado da interação de muitos fatores com o genótipo (FLOSS; FLOSS, 2008). E a melhor forma para minimizar essa interação é através de análises de adaptabilidade e estabilidade (FARIA et al., 2010).

#### **2.4. ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE**

Cruz et al. (2012) definem adaptabilidade como a capacidade dos genótipos responderem de forma positiva às variações ambientais. Ao passo que a estabilidade se refere a capacidade dos genótipos apresentarem comportamento previsível mesmo com as variações do ambiente. Obter cultivares com boa adaptabilidade e estabilidade tem sido parte essencial dos modernos programas de melhoramento. Uma cultivar de sucesso deve apresentar, em diferentes condições de ambiente, alta produtividade, e sua superioridade deve ser estável (BORÉM; MIRANDA, 2005).

A partir da avaliação da adaptabilidade e estabilidade pode-se selecionar genótipos com adaptação específica para uma região, escolher locais de seleção, identificar o nível de estresse nos ambientes escolhidos para fazer as fases iniciais de seleção e também determinar o número ideal de genótipos e ambientes a serem avaliados (ARANTES, 2013). Estudos dessa natureza são de suma importância para o melhoramento de plantas pois fornecem informações sobre o comportamento de cada genótipo diante às variações do ambiente (SILVA; DUARTE, 2006).

As análises de adaptabilidade e estabilidade são, portanto, procedimentos estatísticos que permitem identificar os cultivares de comportamento mais estáveis e que respondam

previsivelmente às variações ambientais (SILVA; DUARTE, 2006). Desta forma, os melhoristas de plantas, podem avaliar os genótipos antes da sua recomendação como cultivares.

#### **2.4.1. METODOLOGIA DE MODELOS MISTOS - REML/BLUP**

A abordagem de modelos mistos é também conhecida por REML/BLUP. O procedimento REML (Máxima Verossimilhança Restrita) estima os componentes de variância necessários ao modelo e o BLUP (Melhor Preditor Linear não Viesado) é o procedimento de seleção ideal para efeitos genéticos aditivos, de dominância e efeitos genotípicos (RESENDE, 2016).

A seleção quando praticada em famílias com elevados valores genotípicos pode possibilitar maior probabilidade de encontrar genótipos superiores em suas respectivas progênes (BARBOSA et al., 2005). Atualmente, para este estudo de famílias tem se adotado a metodologia dos modelos mistos REML/BLUP, que permite estimar os parâmetros genéticos e prever os valores genotípicos das famílias (RESENDE, 2002).

Para Resende e Duarte (2007), na abordagem de modelos mistos, existe a flexibilidade de se tratar os efeitos genéticos e ambientais como aleatórios ou fixos, dependendo da situação. De maneira geral, os efeitos de tratamentos genéticos devem ser considerados como aleatórios quando o número de tratamentos for da ordem de 10 ou mais. Tais autores demonstraram, estatisticamente, que essa consideração minimiza o erro quadrático médio, na predição dos verdadeiros valores genéticos.

A análise de Máxima Verossimilhança Restrita – REML e Melhor Preditor Linear Não Viesado – BLUP baseia-se nas seguintes premissas: quanto menor for o desvio-padrão do comportamento genotípico entre dois locais, maior será a média harmônica de seus valores genotípicos entre dois locais (CARVALHO et al., 2016).

Com base na metodologia de Modelos Mistos – REML/BLUP pode-se estimar a média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), que avalia, simultaneamente, a produtividade e estabilidade; a performance relativa dos valores genotípicos (PRVG), que avalia a adaptabilidade genotípica e a média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG), que avalia, de forma simultânea, a produtividade, a adaptabilidade e a estabilidade (RESENDE, 2007).

A metodologia REML/BLUP permite selecionar, simultaneamente, pelos três atributos supracitados e apresenta as seguintes vantagens: (a) considera os efeitos genotípicos como

aleatórios e, portanto, fornece estimativas de estabilidade e adaptabilidade genotípicas e não fenotípicas; (b) permite lidar com desbalanceamento; (c) permite lidar com delineamentos não ortogonais; (d) permite lidar com heterogeneidade de variâncias; (e) permite considerar erros correlacionados dentro de locais; (f) fornece valores genéticos já descontados (penalizados) do efeito ambiental; (g) pode ser aplicado com qualquer número de ambientes; (h) permite considerar a estabilidade e adaptabilidade na seleção de indivíduos dentro de progênie; (i) não depende da estimação de outros parâmetros tais como coeficientes de regressão; (j) gera resultados na própria grandeza ou escala do caráter avaliado (RESENDE, 2007).

Essa metodologia tem sido utilizada para interpretação da estabilidade genotípica e da adaptabilidade de culturas como feijão (CARBONELL et al., 2007), cana-de-açúcar (BASTOS et al., 2007), cajueiro (MAIA et al., 2009), eucalipto (ROSADO et al., 2012) e arroz (REGITANO NETO et al., 2013), porém sua aplicação em algodão ainda é escassa e se restringe ao trabalho de Moiana et al. (2014).

Assim o uso de procedimentos genético-estatísticos mais refinados e precisos como a metodologia de modelos mistos do tipo REML/BLUP (HENDERSON, 1975), tem se mostrado vantajoso na seleção de plantas.

#### **2.4.2 METODOLOGIA DE LIN E BINNS (1988), MODIFICADA POR CARNEIRO (1998)**

Alguns pesquisadores propõem a realização de análises para melhor explicar o comportamento dos genótipos em ambientes favoráveis e desfavoráveis. Com isso, uma das análises que se enquadra é a metodologia de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998).

Lin e Binns (1988), sugeriram uma medida ( $P_i$ ) que representa a superioridade de um genótipo para o conjunto de ambientes avaliados. O parâmetro  $P_i$  recomendado pelos autores mede o desempenho de um dado genótipo em relação ao genótipo com melhor desempenho em cada um dos ambientes avaliados e declara-se o genótipo mais promissor o que exibir menor estimativa de  $P_i$ . Em seguida, Carneiro (1998) decompôs o parâmetro de adaptabilidade de Lin e Binns (1988) para ambientes favoráveis e desfavoráveis como forma de dar mais precisão à recomendação de cultivares. Na literatura, estudos de adaptabilidade e estabilidade na cultura do algodão baseados nesse método já foram realizados por Farias et al. (1996), Silva Filho et al. (2008), Rodrigues et al. (2017), Teodoro (2017) entre outros.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. MATERIAL GENÉTICO

Neste trabalho 17 genótipos foram avaliados (3 testemunhas e 14 linhagens) provenientes dos Ensaio de Linhagens Finais (ELF) do Algodoeiro, oriundas do Programa de Melhoramento da Embrapa Algodão. Na Tabela 1 encontra-se os genótipos e seus respectivos obtentores.

**Tabela 1.** Material genético utilizado nos Ensaio de Linhagens Finais de Algodoeiro

TRATAMENTO	GENÓTIPOS	OBTENTORA
G1	FM 993 <sup>(T)</sup>	BASF
G2	BRS 286 <sup>(T)</sup>	EMBRAPA
G3	BRS 336 <sup>(T)</sup>	EMBRAPA
G4	CNPA BA 2011-1931	EMBRAPA
G5	CNPA BA 2010-1366FL	EMBRAPA
G6	CNPA BA 2009-2270FL	EMBRAPA
G7	CNPA BA 2011-2214RMD	EMBRAPA
G8	CNPA GO 2009 195	EMBRAPA
G9	CNPA GO 2010 335	EMBRAPA
G10	CNPA GO 2010 648	EMBRAPA
G11	CNPA GO 2010 147	EMBRAPA
G12	CNPA GO 2011 751	EMBRAPA
G13	CNPA GO 2011 105	EMBRAPA
G14	CNPA GO 2011 617	EMBRAPA
G15	CNPA BA 2011-1103	EMBRAPA
G16	CNPA BA 2011-1197	EMBRAPA
G17	CNPA BA 2011-1904	EMBRAPA

<sup>(T)</sup> Testemunhas

Os três genótipos, FM 993, BRS 286 e BRS 336, foram empregados como testemunhas nos ensaios de avaliação, são cultivares já estabelecidas no mercado e foram escolhidas pela superioridade em características desejadas. A FM 993 foi desenvolvida pela Empresa Bayer, possuindo rendimento de fibra de 40 a 41%, índice micronaire 4,00, comprimento de 30,2 mm

e resistência de 30,9 gf/tex (BAYER, 2017). A BRS 286 teve origem do cruzamento biparental entre as variedades CNPA ITA 90 e CNPA 7H, a cultivar foi avaliada por cinco safras (de 2002/2003 a 2006/2007) obtendo uma produtividade média de algodão em caroço de 4.874 kg/há, o rendimento de fibra é entre 39,5 e 41,0%, com micronaire entre 3,9 e 4,1, comprimento entre 29,1 e 31,3 mm e resistência entre 27,8 e 33,5 gf/tex (EMBRAPA, 2009). A cultivar BRS 336 foi originada pelo cruzamento triparental entre as cultivares CHACO 520, BRS Itaúba e Delta Opal, o rendimento de fibra é entre 38,0 e 39,5%, com micronaire 4,0 e 4,9, comprimento entre 32,0 e 34,0 mm e resistência entre 31,0 e 34,2 gf/tex, sendo caracterizada como um material com ótima qualidade de fibra (EMBRAPA, 2011).

### **3.2. LOCAL DE CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS**

Os ensaios de linhagens finais foram conduzidos nos anos de 2016 e 2017 em dois locais: Apodi-RN município com coordenadas 05° 37' 19" S (latitude Sul) e 37° 49' 06" W (longitude Oeste), localizado na microrregião da Chapada do Apodi e mesorregião do Oeste Potiguar, no estado do Rio Grande do Norte, Região Nordeste do Brasil, com altitude variando entre 128 m e 132 m, cerca de 342 km de distância da capital potiguar, Natal (IBGE, 2017). As temperaturas na mesma variam entre 21°C (mínima) e 37°C (máxima), com precipitação média entre 600 e 700 mm/ano, sendo que a estação chuvosa inicia-se no outono. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima do município é do tipo “*B<sub>Swh</sub>*”, tropical quente e semiárido (ZONTA et al., 2016). O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo eutrófico, de textura argilo-arenosa, o qual foi conduzido na estação experimental EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte).

E Barbalha-CE, localizada na região metropolitana do Cariri Cearense, com posição geográfica de 7° 18' 18" S (latitude Sul) e de 39° 18' 7" W (longitude Oeste), com altitude de 414 m (IBGE, 2017). De acordo com a classificação climática de Köppen o clima predominante no município é do tipo “*A<sub>w</sub>*”, equatorial úmido seco no inverno, apresenta temperatura média de 25,5°C e pluviosidade média anual de 1075,8 mm/ano, com 83,3% das chuvas registradas entre os meses de janeiro a abril. O solo da área experimental foi classificado como Neossolo flúvico, de textura franco-argilosa (VASCONCELOS, 2016).

Os experimentos foram conduzidos, nos dois locais, sob sistema irrigado, sendo que as irrigações foram feitas de forma igual em todas as parcelas de modo a garantir o melhor desenvolvimento das plantas, a lâmina de irrigação foi determinada em função da evapotranspiração da cultura, com turno de rega de três dias. Quando a cultura apresentou 60%

de capulhos abertos foi determinado o encerramento das irrigações. As demais práticas culturais, do plantio até a colheita, foram realizadas de acordo com o sistema de produção preconizado pela Embrapa Algodão.

### **3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

#### **3.3.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

Os ensaios foram realizados em DBC (Delineamento de Blocos Casualizados), com 17 tratamentos (Genótipos) e 4 repetições. As parcelas experimentais foram compostas por duas fileiras de 5 m lineares, semeadas no espaçamento de 1,0 m, correspondendo a 10 m<sup>2</sup> de área total.

#### **3.3.2. VARIÁVEIS ANALISADAS**

- PROD (Produtividade de Algodão em Caroço, kg/há). Obtido através da transformação do peso do algodão em caroço obtido da parcela útil em gramas convertido quilogramas por hectare.
- PRODF (Produtividade de Fibra, kg/há). Obtido pelo produto da produtividade do algodão em caroço (PROD) pela porcentagem de fibra.
- PF (Porcentagem de Fibras, %). Obtida pela relação entre o peso de fibra da amostra padrão (AP, 20 Capulhos) em cada parcela útil pelo peso total da amostra padrão.
- COMP (Comprimento, mm). É o comprimento médio, em mm, que atinge 2,5% das fibras distribuídas ao acaso, em um pente ou pinça especial. As fibras são classificadas da seguinte forma: baixa qualidade, quando medem abaixo de 22 mm; curtas quando têm de 22 a 28 mm; médias quando medem de 28 a 34 mm; e longas quando seu comprimento está acima de 34 mm.
- RES (Resistência, gf/tex). Se refere a resistência específica à ruptura de um feixe fibroso, calculando-se a finura das fibras individuais (tex) a partir do valor micronaire.

#### **3.3.3. ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL**

Para a avaliação da variabilidade genética entre os tratamentos (testemunhas e linhagens) realizou-se uma análise de variância para cada ambiente (análises individuais). As

análises de variâncias individuais, referentes aos ensaios de linhagens finais foram realizadas segundo o modelo geral (1), conforme Cruz (2006). Para as análises de significância foi utilizado o teste F a 5% de probabilidade.

$$Y_{ij} = m + l_i + b_j + e_{ij} \quad (1)$$

Em que,

$Y_{ij}$ : valor fenotípico do genótipo  $i$  no bloco  $j$ ;

$m$ : média geral;

$l_i$ : efeito do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 17$ );

$b_j$ : efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, 2, 3, 4$ );

$e_{ij}$ : erro experimental.

**Tabela 2.** Esquema de análise de variância individual e teste F referente ao modelo (1)

FV	GL	QM	F
Blocos	$j - 1$	Q1	Q1/Q3
Genótipos	$i - 1$	Q2	Q2/Q3
Erro	$(i * j) - 1$	Q3	

### 3.3.4. ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA E DE DEVIANCE

Considerando todos os experimentos, a avaliação dos efeitos dos genótipos e da interação genótipos x ambientes para cada caractere avaliado seguiu o seguinte modelo estatístico:

$$y = Xm + Zg + Tp + Wi + e \quad (2)$$

Em que,

$y$ : o vetor de dados;

$m$ : vetor dos efeitos das combinações medição-repetição-local (assumidos como fixos) somados à média geral;

$g$ : vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios);

$p$ : vetor dos efeitos de ambiente permanente (parcelas no caso) (fixos);

$i$ : o vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios);

$e$ : o vetor de erros ou resíduos (aleatórios);

X, Z, T e W: representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Na análise de modelos mistos, principalmente com dados desbalanceados e heterogeneidade de variâncias, os efeitos dos modelos não são testados via teste F, como é feito no método de análise de variância. Neste caso, para os efeitos aleatórios, recomenda-se a realização do teste da razão da verossimilhança (LTR), gerando um quadro semelhante ao da análise de variância. Este quadro é denominado de Análise de Deviance (ANADEV) e é estabelecido de acordo com os seguintes passos: i) obtenção do logaritmo do ponto de máximo da função de verossimilhança residual (Log L), para modelos com e sem o efeito a ser testado; ii) obtenção da deviance  $D = -2 \text{ Log L}$ , para modelos com e sem o efeito a ser testado; iii) fazer a diferença entre as deviances para modelos sem e com o efeito a ser testado, obtendo a razão da verossimilhança (LTR); iv) testar, via LTR, a significância dessa diferença usando o teste qui-quadrado com 1 ou 0,5 graus de liberdade (RESENDE, 2016).

Foi realizada a análise de deviance, recomendada para análise de série de ensaios desbalanceados (Resende, 2007) e a significância dos efeitos do modelo foi testada por meio da razão da verossimilhança (Likelihood Ratio Test ou LRT). As deviance foram obtidas por meio de análises com e sem os efeitos de g e ga. Em seguida, subtraiu-se de cada deviance do modelo completo a deviance do modelo reduzido, e confrontando-o com o valor do qui-quadrado com um grau de liberdade, a 1% e 10% de probabilidade.

Para a realização da análise conjunta, estimação dos componentes de variância e parâmetros genéticos (REML individual) adotou-se o modelo 151 do software SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007).

### **3.4. ANÁLISE DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE**

Na análise de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos avaliados, considerou - se apenas as variáveis de produção, sendo elas, produtividade de algodão em caroço (PROD) e produtividade de fibra (PRODF). Foi considerado que a combinação de ano e local representa um ambiente. Sendo assim, foram avaliados os desempenhos dos genótipos de algodão em quatro ambientes: Ambiente 1 – Apodi, RN/2016; Ambiente 2 – Barbalha, CE/2016; Ambiente 3 – Apodi, RN/2017 e Ambiente 4 – Barbalha, CE/2017.

### 3.4.1. METODOLOGIA REML/BLUP

Os valores genotípicos preditos, livre de toda interação com ambientes, foram obtidos por  $\mu + gi$ , via análise conjunta, em que  $\mu$  é a média de todos os ambientes e  $gi$  é o efeito genotípico livre da interação genótipo x ambiente. Para cada ambiente  $j$ , os valores genotípicos foram preditos por  $\mu + gi + (ge)ij$ , sendo  $\mu$  a média do ambiente  $j$ ,  $gi$  o efeito genotípico do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ,  $(ge)ij$  o efeito da interação G x A em relação ao genótipo  $i$  (RESENDE, 2007).

Com base na metodologia de Máxima Verossimilhança Restrita – REML e Melhor Preditor Linear Não Viesado – BLUP, pode-se estimar a média harmônica dos valores genotípicos (MHVG), que avalia, simultaneamente, a produtividade e estabilidade; a performance relativa dos valores genotípicos (PRVG), que avalia a adaptabilidade genotípica e a média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG), que avalia, de forma simultânea, a produtividade, a adaptabilidade e a estabilidade (RESENDE, 2007). Esses preditores foram obtidos de acordo com as expressões abaixo:

$$MHVG_i = \frac{a}{\sum_{i=j}^a \frac{1}{V_{gj}}} \quad PRVG_i = \frac{1}{a} \left[ \frac{\sum V_{gj}}{M_j} \right] \quad MHPRVG_i = \frac{a}{\sum_{i=j}^a \frac{1}{V_{gj}}} \quad (3)$$

Em que,

$a$ : número de ambientes de avaliação do genótipo  $i$ ;

$V_{gij}$ : o valor genotípico do  $i$ -ésimo genótipo do  $j$ -ésimo ambiente;

$V_{gj}$ : a média genotípica do  $j$ -ésimo ambiente;

Para as análises de adaptabilidade e estabilidade pela metodologia REML/BLUP, foi utilizado o modelo 151 do software SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007).

### 3.4.2. METODOLOGIA DE LIN E BINNS (1988), MODIFICADA POR CARNEIRO (1998)

O método de Lin e Binns (1988) foi modificado por Carneiro (1998), e entre os métodos proposto por esse autor, foi utilizado o original com decomposição de  $P_i$  nas partes relativas a ambientes favoráveis e desfavoráveis. As estimativas de  $P_i$  e as decomposições  $P_{iF}$  e  $P_{iD}$  foram obtidas através das equações (4), (5) e (6), respectivamente.

$$P_i = \sum_{j=1}^n \frac{(y_{ij} - M_j)^2}{2a} \quad (4)$$

$$P_{if} = \sum_{j=1}^n \frac{(Y_{ij} - M_j)^2}{2_f} \quad (5)$$

$$P_{id} = \sum_{j=1}^n \frac{(Y_{ij} - M_j)^2}{2_d} \quad (6)$$

Em que,

Pi: estimativa do parâmetro de adaptabilidade e estabilidade do genótipo i;

P<sub>if</sub> e P<sub>id</sub>: estimadores do parâmetro de adaptabilidade e estabilidade dos locais favoráveis e desfavoráveis, respectivamente;

α; números de ambientes;

f e d: número de locais favoráveis e desfavoráveis;

Y<sub>ij</sub>: produtividade do genótipo i no ambiente j;

M<sub>j</sub>: resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente j.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL

Os resumos das análises de variância individual para as características produtividade de algodão em caroço (PROD), produtividade de fibra (PRODF), porcentagem de fibra (PF), comprimento (COMP) e resistência (RES) dos quatro ambientes encontram-se na Tabela 3. Por meio do teste F constatou-se que os genótipos apresentaram comportamentos distintos ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ) dentro dos ambientes avaliados para todas as características avaliadas, com exceção para PROD e PRODF nos ambientes AMB 3 (Apodi 2017) e AMB 4 (Barbalha 2017). Indicando a presença de variabilidade entre os genótipos em todos os ambientes avaliados para as demais variáveis.

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV, %) para PROD oscilaram entre 13,96% (Apodi, 2017) e 23,36% (Apodi, 2016) com média de 17,55%. Para PRODF o CV% variou entre 14,09% (Apodi, 2017) e 23,77% (Apodi, 2016) com média de 18%. Em relação à característica PF o CV% obteve uma variação entre 1,70% (Apodi, 2017) e 3,60% (Barbalha, 2017) com média de 2,82%. Observa-se uma variação do CV% de 2,13% (Apodi, 2017) à 2,50% (Apodi, 2016) para a variável COMP, com uma média de 3%. Já a variável RES, o CV% variou de 3,75% (Apodi, 2017) à 5,35% (Barbalha, 2016) obtendo uma média de 4,45%.

Segundo Cargnelutti Filho e Storck (2007), o CV representa uma estimativa do erro experimental com base na média geral do experimento, sendo uma estatística bastante utilizada como medida da qualidade experimental. Acredita-se que quanto menor for a estimativa do CV, maior será a precisão experimental e vice-versa, e quanto maior a precisão experimental, menores diferenças entre estimativas de médias serão significativas. Segundo a classificação recomendada por Pimentel Gomes (2000), onde classifica o CV% como baixo, quando inferiores à 10%, médios quando for entre 10 e 20%, altos quando forem entre 20 e 30% muito altos quando acima de 30%.

Em virtude dessa classificação o CV% das variáveis PROD e PRODF, para os ambientes AMB 2, AMB 3 e AMB 4 foram considerados como médios, tendo em vista que em nenhuma delas o valor do CV% foi superior a 20%, enquanto que no ambiente AMB 1 CV% de ambas variáveis foram considerados altos por apresentarem porcentagem superior aos 20% segundo a classificação recomendada por Pimentel Gomes (2000). Contudo, vale salientar que tais variáveis são de natureza quantitativa, onde sofrem bastante influencia do ambiente, no

qual são esperados valores de CV's variando entre 10-20%. As demais variáveis analisadas (PF, COMP e RES) obtiveram, em todos os ambientes, valores de CV% inferiores a 10%, sendo considerados baixos e de boa precisão experimental, de acordo com a classificação de Pimentel Gomes (2000).

Valores de CV's semelhantes a estes foram observados em experimentos com a cultura do algodoeiro por Farias et al., (2016), Carvalho et al., (2016), Silva (2016), Vasconcelos (2016), Queiroz (2017) e Silva (2018).

**Tabela 3.** Quadrados médios das análises de variâncias individuais, por ambientes, para as características agrônômicas Produtividade de Algodão em Caroço (PROD – kg/ha), Porcentagem de Fibra (PF - %), Produtividade de Fibra (PRODF – kg/ha) e para as características tecnológicas de fibras Comprimento (COMP - mm) e resistência (RES - gf/tex) de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em quatro ambientes, Apodi 2016 (AMB 1), Barbalha 2016 (AMB 2), Apodi 2017 (AMB 3) e Barbalha 2017 (AMB 4)

AMB 1 (APODI 2016)						
FV	GL	PROD	PRODF	PF	COMP	RES
Bloco	3	1080682,25	251014,605	2,588	0,464	3,818
Genótipo	16	5161417,595**	959141,942**	9,106**	5,259**	13,009**
Resíduo	48	1033926,791	178300,380	1,009	1,048	1,481
Média		4353,102	1776,288	40,654	29,23	32,438
CV(%)		23,36	23,77	2,47	3,50	3,76
AMB 2 (BARBALHA 2016)						
FV	GL	PROD	PRODF	PF	COMP	RES
Bloco	3	1351228,760	260787,584	4,469	0,832	2,852
Genótipo	16	7080551,321**	1232170,668**	7,081**	7,043**	6,357*
Resíduo	48	749405,974	125042,286	2,068	0,93	2,867
Média		4677,371	1902,338	40,610	30,12	31,600
CV(%)		18,51	18,59	3,54	3,20	5,35
AMB 3 (APODI 2017)						
FV	GL	PROD	PRODF	PF	COMP	RES
Bloco	3	1293243,673	194925,832	2,573	2,582	3,818
Genótipo	16	729440,662 <sup>ns</sup>	200884,800 <sup>ns</sup>	8,984**	11,085**	13,009**
Resíduo	48	836551,913	144158,974	0,488	0,40	1,481
Média		6552,617	2694,698	41,105	30,00	32,438
CV(%)		13,96	14,09	1,70	2,13	3,75
AMB 4 (BARBALHA 2017)						
FV	GL	PROD	PRODF	PF	COMP	RES

<b>Bloco</b>	3	1640679,840	312414,083	1,095	1,065	3,071
<b>Genótipo</b>	16	1428638,499 <sup>ns</sup>	266523,154 <sup>ns</sup>	2,276 <sup>ns</sup>	9,173 <sup>**</sup>	7,845 <sup>**</sup>
<b>Resíduo</b>	48	794465,778	162965,260	2,271	0,94	2,447
<b>Média</b>		6172,205	2588,615	41,894	30,38	31,505
<b>CV(%)</b>		14,44	15,59	3,60	3,20	4,96

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

## 4.2. ANÁLISE DE VARIÂNCIA CONJUNTA VIA MODELOS MISTOS

O teste de razão de verossimilhança foi significativo ( $p < 0,01$ ) para todos os genótipos em todos os caracteres avaliados, conforme análise conjunta (Tabela 4). Logo, pode-se inferir que existe variabilidade genética para todas as características, possibilitando a seleção de genótipos com desempenho superior. Verificou-se, também, efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a interação G x A em todas as características. Este resultado indica comportamento diferencial dos genótipos nos ambientes avaliados. A significância da interação G x A pode influenciar na seleção dos melhores genótipos, dificultando a recomendação de novas cultivares pelos melhoristas.

A significância da participação da interação genótipos x ambientes na fração total da variação fenotípica tem sido demonstrada por diversos autores, em diversas culturas utilizando a metodologias de modelos mistos. Borges et al. (2010) em estudos com arroz de terras altas identificaram significância para as interações duplas genótipos x anos (Vga) e genótipos x locais (Vgl), com magnitudes superiores da interação Vgl.

**Tabela 4.** Análise de deviance e teste  $\chi^2$  para os caracteres Produtividade de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibra (PRODF), Porcentagem de fibra (PF), Comprimento (COMP) e Resistência (RES) de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em quatro, nas safras agrícolas 2016/2017

Efeito	PROD	PRODF	PF	COMP	RES
Completo	3899,71	3455,80	490,93	367,88	595,36
Genótipo	3908,35 (8,64 <sup>++</sup> )	3466,66 (10,86 <sup>++</sup> )	498,65 (7,72 <sup>++</sup> )	398,27 (30,39 <sup>++</sup> )	609 (13,64 <sup>++</sup> )
G x A	3934,36 (34,65 <sup>++</sup> )	3500,40 (44,6 <sup>++</sup> )	558,41 (67,48 <sup>++</sup> )	514,72 (146,84 <sup>++</sup> )	653,42 (40,06 <sup>++</sup> )
Interação Simples	37,38	39,78	37,26	59,06	41,96
Interação Complexa	62,62	60,22	62,74	40,94	58,04

Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de significância de 5% e 1%, respectivamente. ++Razão de verossimilhança do modelo sem o referido efeito.

Para as características PROD, PRODF, PF e RES houve predominância da interação do tipo complexa (62,62%, 60,22%, 62,74 e 58,04 respectivamente) (Tabela 4). Segundo Ramalho et al. (2012), esse tipo de interação é indesejável pelos melhoristas, pois, na sua presença, há uma mudança no ranqueamento dos genótipos. Soares et al. (2017) também observaram maior influência da interação do tipo complexa para produtividade de grãos de genótipos de soja. Somente a variável COMP apresentou predominância da interação do tipo simples, com 59,06%.

### 4.3. PARÂMETROS GENÉTICOS

As estimativas dos componentes de variância obtidos por meio da máxima verossimilhança restrita (REML) (Tabela 5) revelaram maior contribuição da variância genotípica ( $V_g$ ) para a expressão fenotípica ( $V_f$ ) da característica COMP. Por outro lado, para as variáveis PROD, PRODF, PF e RES observou-se uma maior contribuição da variação ambiental ( $V_e$ ) para a variação fenotípica, portanto as mesmas características foram mais afetadas pelo ambiente, no qual já era esperado (COSTA et al., 2015).

Carvalho et al., (2016) estudando 36 linhagens de algodoeiro em Apodi, RN, nos anos de 2013 e 2014 e em Santa Helena, GO, em 2013 também observaram maior influência da expressão fenotípica para a produtividade de algodão em caroço.

**Tabela 5.** Parâmetros genéticos (REML individual) para os caracteres produtividade de algodão em caroço (PROD), produtividade de fibra (PRODF), porcentagem de fibras (PF), comprimento (COMP) e resistência (RES) de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em 4 ambientes nos anos agrícolas 2016/2017

<b>Parâmetros</b>	<b>PROD</b>	<b>PRODF</b>	<b>PF</b>	<b>COMP</b>	<b>RES</b>
<b>V<sub>g</sub></b>	314795,59	69064,31	0,81	1,60	1,36
<b>V<sub>int</sub></b>	22091,73	3234,15	0,28	0,01	0,10
<b>V<sub>e</sub></b>	1200250,58	208577,20	1,73	1,05	2,75
<b>V<sub>f</sub></b>	1543219,88	281954,42	2,83	2,67	4,24
<b>h<sup>2</sup><sub>mg</sub></b>	0,78	0,82	0,77	0,95	0,86
<b>Acgen</b>	0,88	0,91	0,87	0,97	0,93
<b>Rgloc</b>	0,63	0,65	0,69	0,99	0,58
<b>CV<sub>g</sub> (%)</b>	10,29	11,71	2,19	4,23	3,64
<b>CV<sub>e</sub> (%)</b>	7,25	7,34	1,16	1,24	1,89

<b>CVr (%)</b>	1,42	1,59	1,89	3,4	1,92
<b>Média Geral</b>	5448,16	2245,01	41,07	29,93	32,00

**V<sub>g</sub>**: Variância genotípica; **V<sub>int</sub>**: Variância da interação; **V<sub>e</sub>**: Variância Ambiental; **V<sub>r</sub>**: Variância fenotípica; **h<sup>2</sup>mg**: herdabilidade das médias dos genótipos; **Acgen**: Acurácia; **Rgloc**: Correlação genotípica média; **CVg**: Coeficiente de Variação genotípico; **CVe**: Coeficiente de Variação Ambiental; **CVr**: Coeficiente de Variação relativo

A herdabilidade das médias dos genótipos ( $h^2_{mg}$ ) variaram de 0,77 a 0,95 entre PF e COMP, respectivamente. A herdabilidade média dos genótipos é estimada quando se utilizam médias dos blocos como critério de avaliação e/ou seleção (RESENDE, 2007). Com os valores obtidos para todas as características ( $>0,70$ ) a seleção de genótipos de algodoeiro com base nos valores genotípicos preditos pode ser realizada com relativa facilidade. A herdabilidade da característica é uma importante propriedade para o melhoramento genético e pode ser definida como a proporção da variação fenotípica que é de natureza genética (CRUZ, 2012). Cruz (2012) ainda afirma que o aumento da herdabilidade pode ser obtido pela incorporação de maior variabilidade genética na população ou pelo controle ambiental sobre a característica. Segundo Pelegrin et al. (2017) a estimativa da herdabilidade permite ao melhorista antever o sucesso com a seleção, direcionando recursos financeiros, tempo e mão-de-obra.

De acordo com Cruz (2012), quanto menor a variância genética e maior o efeito ambiental menor será a herdabilidade da característica, sendo demonstrados pelos resultados obtidos. As características PROD, PRODF, PF e RES por apresentarem maior influência do ambiente na sua expressão fenotípica apresentaram menor herdabilidade em relação à característica COMP. Os maiores efeitos ambientais sobre a PROD, PRODF, PF e RES também podem ser visualizados pelo coeficiente de variação relativo bem menor do que a característica COMP.

No conceito de modelos mistos a acurácia seletiva foi usada como parâmetro para avaliar a precisão experimental. De acordo com Resende e Duarte (2007) a acurácia seletiva (Acgen) é um dos parâmetros mais relevantes para avaliação da qualidade dos experimentos, definido como sendo a correlação entre os valores genotípicos preditos a partir de dados experimentais e os valores genotípicos verdadeiros.

As variáveis PROD, PRODF, PF, COMP e RES apresentaram acurácia seletiva de 0,88, 0,90, 0,87, 0,97 e 0,92, respectivamente, apresentando alta precisão experimental (RESENDE; DUARTE, 2007). Sendo assim, tais valores obtidos indicam elevada qualidade experimental e consequentemente credibilidade e segurança na seleção de genótipos superiores para as características avaliadas.

A correlação genotípica média do desempenho dos materiais genéticos através dos ambientes ( $R_{gloc}$ ) indica a confiabilidade do ordenamento dos melhores genótipos nos ambientes testados (CARVALHO et al., 2016). As variáveis PROD, PRODF, PF e RES apresentaram as menores correlações entre os ambientes (0,63, 0,65, 0,69 e 0,58, respectivamente) sendo a variável COMP (0,99) a única característica que ficou ( $>0,90$ ) em relação às demais. Segundo Cruz e Castoldi (1991) a baixa correlação evidencia a predominância da interação do tipo complexa, dificultando a seleção e a recomendação de genótipos superiores. Pode-se confirmar a afirmação dos autores comparando as correlações das características da Tabela 5 com os tipos de interação predominantes expostos na Tabela 4. Em PROD, PRODF, PF e RES, por apresentarem baixa correlação, houve predominância da interação do tipo complexa. Para COMP, por apresentar correlação mais elevada, a proporção da interação simples foi maior.

Verificou-se que as variáveis PROD e PRODF apresentaram alta variabilidade, visto pelos seus respectivos  $CV_g\%$  (10,298 e 11,705, respectivamente), valores acima de 10% já indicam haver presença de variabilidade genética com possibilidade de seleção (OLIVEIRA et al., 2005; BASTOS et al., 2007), constatando-se assim baixa variabilidade para as variáveis PF, COM e RES a partir da observação dos seus  $CV_g$ . Contudo, valores de coeficiente de variação ambiental ( $CV_e$ ) foi de 7,25% e 7,34% para PROD e PRODF, respectivamente, sendo esses valores inferiores a de outros trabalhos conduzidos com algodoeiro (SOUZA et al., 2006; SUINAGA et al., 2006; SILVA FILHO et al., 2008; MOIANA et al., 2014; CARVALHO et al., 2016), sendo essas variáveis bastante influenciadas pelas características edafoclimáticas de cada ambiente tais valores são esperados. Os valores de coeficiente de variação relativo ( $CV_r\%$ ) foram superiores a 1, indicando situação muito favorável para a seleção (RESENDE; DUARTE 2007).

#### **4.4. VALORES GENOTÍPICOS PREDITOS LIVRE DA INTERAÇÃO COM AMBIENTES**

As estimativas das médias livres da interação com ambientes para os caracteres PROD, PRODF, PF, COMP e RES são apresentados nas tabelas 6, 7, 8, 9 e 10, respectivamente. Os resultados mostram que ocorreu alteração no ordenamento dos genótipos dentro de cada variável analisada. Uma das grandes vantagens do emprego do método BLUP ocorre no melhoramento para caracteres quantitativos, por meio da predição dos valores genéticos, livre dos efeitos ambientais (RESENDE, 2002).

Para a variável PROD (Tabela 6) houve uma variação de 4464,36 Kg/ha (CNPA BA 2011-1904) à 5970,12 Kg/ha (CNPA GO 2011 751) com uma média de 5448,16 Kg/ha. Os genótipos que apresentaram maiores ganhos genéticos foram CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 335 e a testemunha FM 993, os ganhos obtidos com a seleção dos referidos genótipos foram, 9,58%, 8,68% e 8,37%, respectivamente, resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al., (2016) estudando 36 linhagens de algodoeiro em Apodi-RN, em 2013 e 2014 e em Santa Helena-GO no ano de 2013. De maneira geral, as testemunhas apresentaram-se mais produtivas que os demais tratamentos.

**Tabela 6.** Estimativas dos Componentes de Média (BLUP Individual) em todos os locais, para o caráter produtividade de algodão em caroço kg/há (PROD), de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em 4 ambientes nos anos agrícolas 2016 e 2017

Genótipo	Ordem	(g) <sup>1</sup>	(u+g) <sup>2</sup>	Ganho	Nova Média	(u+g+gem) <sup>3</sup>
FM 993 <sup>(T)</sup>	3	421,25	5869,41	455,88	5904,05	5884,19
BRS 286 <sup>(T)</sup>	7	269,06	5717,23	393,01	5841,18	5726,67
BRS 336 <sup>(T)</sup>	9	232,48	5680,65	358,66	5806,83	5688,81
CNPA BA 2011-1931	12	-123,38	5324,79	283,01	5731,18	5320,46
CNPA BA 2010-1366FL	8	244,36	5692,53	374,43	5822,59	5701,10
CNPA BA 2009-2270FL	13	-208,69	5239,48	245,19	5693,35	5232,15
CNPA BA 2011-2214RMD	14	-659,17	4789,00	180,59	5628,76	4765,87
CNPA GO 2009 195	6	355,31	5803,47	413,67	5861,84	5815,94
CNPA GO 2010 335	2	424,43	5872,59	473,19	5921,36	5887,49
CNPA GO 2010 648	5	363,31	5811,47	425,34	5873,51	5824,22
CNPA GO 2010 147	4	395,77	5843,94	440,85	5889,02	5857,83
CNPA GO 2011 751	1	521,96	5970,12	521,96	5970,12	5988,44
CNPA GO 2011 105	10	194,96	5643,12	342,29	5790,46	5649,97
CNPA GO 2011 617	11	96,62	5544,78	319,95	5768,12	5548,17
CNPA BA 2011-1103	15	-683,85	4764,32	122,96	5571,13	4740,32
CNPA BA 2011-1197	16	-860,61	4587,5	61,49	5509,66	4557,36
CNPA BA 2011-1904	17	-983,81	4464,35	0,00	5448,17	4429,83
<b>Média dos Genótipos</b>			5382,25			
<b>Média das Testemunhas</b>			5755,76			

<sup>1</sup>: efeitos genotípicos preditos; <sup>2</sup>: médias genotípicas preditas; <sup>3</sup>: valor genotípico médio nos vários ambientes e capitaliza uma interação média com todos os ambientes avaliados.

Com base na Tabela 7, verifica-se uma variação nos valores para a produtividade de fibra (PRODF) de 1826,12 Kg/ha (CNPA BA 2011-1904) à 2507,44 Kg/ha (CNPA GO 2011 751), obtendo uma média de 2245,01 Kg/ha. A seleção dos genótipos com melhores valores

genéticos preditos para a média de todos os ambientes destacam-se os seguintes genótipos: CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 147 e CNPA GO 2010 335, onde apresentaram ganhos genéticos de 11,69%, 10,93% e 10,61% respectivamente. Sendo as testemunhas ligeiramente mais produtivas que os demais tratamentos.

**Tabela 7.** Estimativas dos Componentes de Média (BLUP Individual) em todos os locais, para o caráter produtividade de fibra kg/há (PRODF), de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em 4 ambientes nos anos agrícolas 2016 e 2017

Genótipo	Ordem	(g) <sup>1</sup>	(u+g) <sup>2</sup>	Ganho	Nova Média	(u+g+gem) <sup>3</sup>
<b>FM 993<sup>(T)</sup></b>	<b>4</b>	204,72	2449,73	229,87	2474,89	2454,53
<b>BRS 286<sup>(T)</sup></b>	<b>9</b>	111,32	2356,33	177,57	2422,58	2358,94
<b>BRS 336<sup>(T)</sup></b>	<b>11</b>	66,51	2311,53	160,17	2405,18	2313,08
<b>CNPA BA 2011-1931</b>	<b>12</b>	-119,97	2125,05	136,82	2381,84	2122,24
<b>CNPA BA 2010-1366FL</b>	<b>8</b>	118,99	2364,01	185,85	2430,87	2366,79
<b>CNPA BA 2009-2270FL</b>	<b>13</b>	-189,42	2055,59	111,73	2356,74	2051,16
<b>CNPA BA 2011-2214RMD</b>	<b>15</b>	-348,91	1896,10	54,67	2299,68	1887,95
<b>CNPA GO 2009 195</b>	<b>6</b>	156,94	2401,96	206,90	2451,92	2405,63
<b>CNPA GO 2010 335</b>	<b>3</b>	224,04	2469,05	238,26	2483,27	2474,29
<b>CNPA GO 2010 648</b>	<b>5</b>	164,98	2409,99	216,89	2461,90	2413,86
<b>CNPA GO 2010 147</b>	<b>2</b>	228,32	2473,33	245,37	2490,38	2478,68
<b>CNPA GO 2011 751</b>	<b>1</b>	262,42	2507,44	262,42	2507,44	2513,58
<b>CNPA GO 2011 105</b>	<b>7</b>	126,39	2371,41	195,40	2440,42	2374,37
<b>CNPA GO 2011 617</b>	<b>10</b>	97,21	2342,23	169,53	2414,55	2344,50
<b>CNPA BA 2011-1103</b>	<b>14</b>	-283,52	1961,49	83,49	2328,51	1954,86
<b>CNPA BA 2011-1197</b>	<b>16</b>	-401,16	1843,86	26,18	2271,19	1834,46
<b>CNPA BA 2011-1904</b>	<b>17</b>	-418,89	1826,12	0,000	2245,01	1816,32
<b>Média dos Genótipos</b>			2217,69			
<b>Média das Testemunhas</b>			2372,53			

<sup>1</sup>: efeitos genotípicos preditos; <sup>2</sup>: médias genotípicas preditas; <sup>3</sup>: valor genotípico médio nos vários ambientes e capitaliza uma interação média com todos os ambientes avaliados.

Esses valores genotípicos, podem, também, serem considerados para recomendação desses genótipos, selecionados em outros ambientes semelhantes aos desta pesquisa. Para Maia et al., (2009) isso pode ocorrer devido ao método de modelos mistos penalizar os valores genotípicos preditos. Nesse caso, os mesmos comportamento das médias genéticas para as duas variáveis são esperados.

O valor genotípico médio nos vários ambientes ( $u+g+gem$ ) capitaliza uma interação média com todos os ambientes, e nessa capitalização da interação está intrínseca a escolha de genótipos mais estáveis e mais adaptados à gama de ambientes aos quais foram instalados os delineamentos experimentais. Aqui se reflete os genótipos fixados pela média genotípica livres da interação e sua recomendação pode ser superada para o plantio em diversos ambientes, respeitando-se o padrão da interação dos locais de experimentação (Resende, 2007).

Valores genotípicos devem ser os preferíveis pelos pesquisadores de melhoramento, pois são estes os verdadeiros valores a serem preditos. Valores de nova média são as previsões feitas pelo BLUP para os cultivos comerciais, ou seja, nos cultivos comerciais as cultivares deverão produzir, em média, tais valores. Pela metodologia REML/BLUP o que realmente se estima e, ou se prediz são estes valores. Neste estudo, pode ser verificado que os valores genotípicos ( $u+g$ ) são bem próximos da nova média e vice-versa (BORGES et al., 2010).

Considerando a seleção dos genótipos em cada local de avaliação, as Tabelas 1A e 2A (APÊNDICE), mostram a classificação em ordem crescente dos genótipos avaliados em função dos valores genotípicos preditos em cada local ( $u+g+ge$ ) para as variáveis PROD e PRODF, respectivamente. No presente trabalho, tanto para a variável PROD como para PRODF, o genótipo CNPA GO 2011 751 se manteve sempre como o mais produtivo nos locais testados, sendo que o mesmo se manteve entre os três primeiros colocados, o único que não mudou de posição na ordem, o que torna-se claro deduzir que esse genótipo não interagiu de forma significativa com os locais mantendo-se sempre em primeiro na ordem de classificação. Os genótipos CNPA BA 2011-1197 e CNPA BA 2011-1904 se mantiveram sempre nas piores colocações para as duas variáveis, PROD e PRODF, em todos os locais, o que evidencia que os mesmos não contemplam características positivas em seus genomas para componentes da produtividade. Maia et al., (2009), selecionando clones de cajueiro, também identificou genótipos promissores em todos os ambientes avaliados assim como genótipos com desempenho ruim nos vários ambientes.

Ao se analisar os valores genotípicos para produtividade de cada genótipo em cada local avaliado (Tabelas 1A e 2A, APÊNDICE), foi possível verificar que houve alteração no ordenamento dos melhores genótipos em função do ambiente de cultivo, evidenciando o efeito significativo da interação genótipos x ambientes e da contribuição da interação complexa para as variáveis de produtividade (Tabela 4), explicando, ainda, a baixa correlação genotípica observada (Tabela 5).

De maneira geral os genótipos que exibiram valores negativos de  $g+ge$  são genótipos que estão abaixo da média geral do delineamento experimental e em uma seleção que se considerasse apenas as variáveis estudadas neste trabalho seriam descartadas. Entre os demais ( $g+ge$  positivos) fica a disposição do melhorista decidir o nível de corte para suas seleções, podendo em cada local específico selecionar genótipos de interesse além dos mencionados anteriormente como os melhores para cada variável.

## 5. ANÁLISE DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PRODUTIVA

### 5.1. METODOLOGIA REML/BLUP

A interação genótipos x ambientes é decorrente da variação do desempenho dos genótipos nos vários ambientes, isto é, reflete as diferentes sensibilidades dos genótipos às mudanças do ambiente e pode ser pautado na estimação da adaptabilidade e da estabilidade. Os resultados da estabilidade genotípica (MHVG), adaptabilidade dos valores genotípicos (PRVG) e da adaptabilidade e estabilidade genotípica simultânea (MHPRVG) para produtividade de algodão em caroço (PROD) e para produtividade de fibra (PRODF) dos genótipos avaliados estão apresentados nas Tabelas 11 e 12, respectivamente.

Foi constatado que os três melhores genótipos com base nos critérios MHVG, PRVG e MHPRVG correspondem aos três genótipos mais produtivos de acordo com as Tabelas 6, para PROD, e Tabela 7 para PRODF. Observa-se que houve coincidência de 100% entre os critérios sem ocorrer inversão de ordem entre os genótipos coincidentes em ambas as variáveis estudadas.

**Tabela 8.** Estabilidade genotípica (MHVG), adaptabilidade genotípica (PRVG), adaptabilidade e estabilidade genotípica simultaneamente (MHPRVG), valor genotípico capitalizando a adaptabilidade (PRVG\*MG) e valor genotípico penalizado pela instabilidade e capitalizado pela adaptabilidade (MHPRVG\*MG) de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em dois ambientes nos anos agrícolas 2016 e 2017, para o caráter produtividade de algodão em caroço (PROD) kg/ha

Genótipo	Ordem	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRVG	MHPRVG*MG
<b>FM 993<sup>(T)</sup></b>	<b>3</b>	5884,08	1,08	5884,19	1,08	5884,19
<b>BRS 286<sup>(T)</sup></b>	<b>7</b>	5726,64	1,05	5726,72	1,05	5726,70
<b>BRS 336<sup>(T)</sup></b>	<b>9</b>	5688,80	1,04	5688,88	1,04	5688,83
<b>CNPA BA 2011-1931</b>	<b>12</b>	5320,46	0,98	5320,56	0,98	5320,45
<b>CNPA BA 2010-1366FL</b>	<b>8</b>	5699,21	1,05	5700,76	1,05	5699,66
<b>CNPA BA 2009-2270FL</b>	<b>13</b>	5231,46	0,96	5231,99	0,96	5231,72
<b>CNPA BA 2011-2214RMD</b>	<b>14</b>	4765,84	0,87	4765,91	0,87	4765,89
<b>CNPA GO 2009 195</b>	<b>6</b>	5815,90	1,07	5815,98	1,07	5815,97
<b>CNPA GO 2010 335</b>	<b>2</b>	5886,84	1,08	5887,87	1,08	5886,58
<b>CNPA GO 2010 648</b>	<b>5</b>	5823,96	1,07	5824,50	1,07	5823,79
<b>CNPA GO 2010 147</b>	<b>4</b>	5857,64	1,08	5857,79	1,08	5857,78

<b>CNPA GO 2011 751</b>	<b>1</b>	5988,34	1,09	5988,45	1,09	5988,45
<b>CNPA GO 2011 105</b>	<b>10</b>	5649,66	1,04	5649,89	1,04	5649,84
<b>CNPA GO 2011 617</b>	<b>11</b>	5547,78	1,02	5548,08	1,02	5547,98
<b>CNPA BA 2011-1103</b>	<b>15</b>	4740,22	0,87	4740,31	0,87	4740,32
<b>CNPA BA 2011-1197</b>	<b>16</b>	4557,11	0,84	4557,29	0,84	4557,25
<b>CNPA BA 2011-1904</b>	<b>17</b>	4429,07	0,81	4429,66	0,81	4429,32

Os valores da MHVG – Média harmónica dos valores genotípicos, para os 17 genótipos avaliados, são os próprios valores da produtividade de algodão em caroço penalizados pela instabilidade. Esta média indica a previsibilidade, isto é, a manutenção da produtividade, frente a ambientes diversos. Assim, a seleção baseada neste critério contempla os dois atributos simultaneamente, genótipos produtivos e estáveis. Pelos resultados da MHVG, verifica-se que, dentre os genótipos os que melhor associam produtividade com estabilidade, em ordem crescente para a variável PROD são: CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 335 e FM 993 (Tabela 11). Paralelo a isso na Tabela 12 são encontrados os valores da MHVG em relação aos 17 genótipos avaliados para a variável PRODF, nesse caso, os genótipos mais estáveis, ao longo dos ambientes, são, na ordem que se segue, CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 147 e CNPA GO 2010 335. Segundo Vencovsky e Torres (1988), para o produtor rural, é de fundamental importância que uma cultivar seja estável ao longo dos anos.

**Tabela 9.** Estabilidade genotípica (MHVG), adaptabilidade genotípica (PRVG), adaptabilidade e estabilidade genotípica simultaneamente (MHPRVG), valor genotípico capitalizando a adaptabilidade (PRVG\*MG) e valor genotípico penalizado pela instabilidade e capitalizado pela adaptabilidade (MHPRVG\*MG) de 17 genótipos de algodoeiro, avaliados em dois ambientes nos anos agrícolas 2016 e 2017, para o caráter produtividade de fibra (PRODF) kg/ha

<b>Genótipo</b>	<b>Ordem</b>	<b>MHVG</b>	<b>PRVG</b>	<b>PRVG*MG</b>	<b>MHPRVG</b>	<b>MHPRVG*MG</b>
<b>FM 993<sup>(T)</sup></b>	<b>4</b>	2454,53	1,09	2454,53	1,09	2454,53
<b>BRS 286<sup>(T)</sup></b>	<b>9</b>	2358,93	1,05	2358,94	1,05	2358,93
<b>BRS 336<sup>(T)</sup></b>	<b>11</b>	2313,08	1,03	2313,08	1,03	2313,08
<b>CNPA BA 2011-1931</b>	<b>12</b>	2122,11	0,95	2122,23	0,95	2122,12
<b>CNPA BA 2010-1366FL</b>	<b>8</b>	2366,51	1,05	2366,81	1,05	2366,51
<b>CNPA BA 2009-2270FL</b>	<b>13</b>	2051,11	0,91	2051,16	0,91	2051,11
<b>CNPA BA 2011-2214RMD</b>	<b>15</b>	1887,89	0,84	1887,93	0,84	1887,89
<b>CNPA GO 2009 195</b>	<b>6</b>	2405,62	1,07	2405,63	1,07	2405,63
<b>CNPA GO 2010 335</b>	<b>3</b>	2473,99	1,10	2474,29	1,10	2473,99
<b>CNPA GO 2010 648</b>	<b>5</b>	2413,66	1,08	2413,86	1,08	2413,67

<b>CNPA GO 2010 147</b>	<b>2</b>	2478,67	1,10	2478,68	1,10	2478,67
<b>CNPA GO 2011 751</b>	<b>1</b>	2513,57	1,12	2513,59	1,11	2513,57
<b>CNPA GO 2011 105</b>	<b>7</b>	2374,34	1,06	2374,37	1,06	2374,34
<b>CNPA GO 2011 617</b>	<b>10</b>	2344,47	1,04	2344,50	1,04	2344,47
<b>CNPA BA 2011-1103</b>	<b>14</b>	1954,85	0,87	1954,86	0,87	1954,85
<b>CNPA BA 2011-1197</b>	<b>16</b>	1834,46	0,82	1834,46	0,82	1834,46
<b>CNPA BA 2011-1904</b>	<b>17</b>	1816,22	0,81	1816,32	0,81	1816,21

A adaptabilidade de valores genéticos pode ser predita através do método Performance Relativa dos Valores Genéticos (PRVG). Esta quantifica o nível de resposta ao estímulo ambiental, ou seja, a tendência dos genótipos responderem de forma vantajosa à melhoria do ambiente (MARIOTTI et al., 1976). Nas Tabelas 11 e 12 estão classificados os genótipos que apresentaram maior sinergismo adaptativo nos diferentes ambientes para o caráter estudado e representado pela sua respectiva tabela. Aplicando o produto da PRVG pela média geral (MG), obteve-se a coluna PRVG\*MG a qual classifica os genótipos na seguinte ordem crescente: CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 335 e FM 993 para a variável PROD (Tabela 11) e CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 147 e CNPA GO 2010 335 para a variável PRODF (Tabela 12) indicado que tais genótipos respondem com vantagem a melhoria dos ambientes. Resultado semelhante ao obtido por Moreto et al., 2017, no qual obteve pouca variação na ordem dos genótipos estudados.

O método da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos (MHPRVG), fundamenta-se em valores genotípicos preditos, via modelos mistos, e integra, em uma única estatística, a estabilidade, a adaptabilidade e a produtividade, propiciando, de modo singular, a seleção de genótipos superiores (REGITANO NETO et al., 2013). O método MHPRVG é similar ao método de Lin e Binns (1988), com a ressalva de que é realizado sobre os valores genotípicos e não fenotípicos (REGITANO NETO et al., 2013).

A MHPRVG fornece uma seleção simultânea para adaptabilidade, estabilidade e produtividade. Segundo Resende (2007), MHPRVG\*MG refere-se a MHPRVG multiplicada pela média geral em todos os locais, propiciando, assim, o valor genotípico médio penalizado pela instabilidade e capitalizado pela adaptabilidade.

Aplicando o referido método MHPRVG, destacam-se os genótipos já mencionados acima para ambas variáveis em estudo como os de melhores performances para produtividade igualmente ao observado no método PRVG. Os três melhores genótipos pelo critério MHPRVG para PROD apresentaram uma superioridade de 9,9% (CNPA GO 2011 751), 8,04% (CNPA

GO 2010 335) e 8% (FM 993) enquanto que para a variável PRODF apresentaram superioridade de 11,9% (CNPA GO 2011 751), 10,4% (CNPA GO 2010 147) e 10,1% (CNPA GO 2010 335) sobre a média geral dos ambientes estudados (Tabelas 11 e 12). Ademais no critério MHPRVG\*MG esses genótipos mantiveram a mesma ordem.

Torres et al. (2018), avaliando adaptabilidade e estabilidade produtiva de dez genótipos de soja via modelos mistos, na safra agrícola 2014/2015, encontraram resultados semelhantes ao selecionarem os três melhores genótipos, com ganhos, em relação média geral, de 14%, 14% e 5%. Genótipos que apresentam, simultaneamente, superioridade quanto à produtividade, adaptabilidade e estabilidade, podem ser utilizados como critério de seleção nos programas de melhoramento (TORRES et al., 2016).

Fica obvio uma inalteração do ordenamento destes materiais pelos três métodos exibidos. Isto atribui-se à correlação positiva e à média magnitude abrangendo o comportamento genotípico, ao longo dos ambientes, demonstrando que os métodos MHVG, PRVG e MHPRVG indicam alto grau de concordância no ordenamento dos materiais, como pode ser evidenciado nas Tabelas 11 e 12.

Ainda observando as duas tabelas em questão, segundo Maia et al., (2009), a capitalização da interação GxA depende da seleção dos genótipos de maior adaptabilidade e estabilidade aos ambientes avaliados. Sendo assim, repetindo-se os genótipos nas tabelas 11 e 12. Essa concordância de 100% para as duas variáveis também pôde ser observada por Carvalho et al., (2016) quando avaliaram 26 linhagens de algodão nas cidade de Apodi-RN em 2013 e 2014 e na cidade de Santa Helena-GO no ano de 2013.

Contudo esses genótipos apresentaram adaptabilidade e estabilidade fenotípica em todos os locais avaliados, possuindo alta produtividade de algodão em caroço e produtividade de fibra, corroborando os resultados de Moaiana et al., (2014), onde verificaram a manutenção no ordenamento de genótipos de algodão.

## **5.2. METODOLOGIA DE LIN E BINNS (1988), MODIFICADA POR CARNEIRO (1998)**

Na metodologia de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998), o desvio do desempenho máximo ou índice de superioridade ( $P_i$ ) é o parâmetro de estabilidade, sendo estáveis genótipos com os menores valores. Visando selecionar os genótipos que aliem alta produtividade, estabilidade e adaptabilidade, aplicou-se a metodologia de Lin e Binns (1988), modificada por Carneiro (1998) para produtividade de algodão em caroço (PROD) e para

produtividade de fibra (PRODF) (Tabelas 13 e 14) que baseia-se na comparação da produtividade observada do genótipo com a maior média em cada ambiente.

**Tabela 10.** Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica segundo o método proposto por Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) para produtividade de algodão em caroço (PROD) dos ensaios de linhagens finais (ELF) com decomposição de Pi (parâmetro de estabilidade e adaptabilidade) em ambiente favorável ( $Pi_f$ ) e desfavorável ( $Pi_d$ )

Genótipos	Média <sup>(1)</sup>	<u>Pi geral</u> 10 <sup>4</sup>	R <sup>(2)</sup>	<u>Pi<sub>f</sub></u> 10 <sup>4</sup>	R <sup>(2)</sup>	<u>Pi<sub>d</sub></u> 10 <sup>4</sup>	R <sup>(2)</sup>
<b>FM 993<sup>(T)</sup></b>	5985.6a	30,04	4°	1,76	1°	58,32	6°
<b>BRS 286<sup>(T)</sup></b>	5791.44a	35,46	5°	53,45	14°	17,48	2°
<b>BRS 336<sup>(T)</sup></b>	5744.77a	52,90	7°	44,30	10°	61,49	7°
<b>CNPA BA 2011-1931</b>	5290.75a	91,03	12°	51,38	13°	130,68	12°
<b>CNPA BA 2010-1366FL</b>	5759.92a	65,38	11°	41,41	9°	89,34	10°
<b>CNPA BA 2009-2270FL</b>	5181.91a	134,10	13°	136,20	17°	131,99	13°
<b>CNPA BA 2011-2214RMD</b>	4607.19b	214,97	14°	129,22	16°	300,72	14°
<b>CNPA GO 2009 195</b>	5901.47a	25,85	2°	36	8°	15,71	1°
<b>CNPA GO 2010 335</b>	5989.66a	44,76	6°	7,34	2°	82,19	9°
<b>CNPA GO 2010 648</b>	5911.67a	57,69	9°	9,66	3°	105,72	11°
<b>CNPA GO 2010 147</b>	5953.1a	27,87	3°	10,81	4°	44,94	4°
<b>CNPA GO 2011 751</b>	6114.08a	17,81	1°	17,03	5°	18,59	3°
<b>CNPA GO 2011 105</b>	5696.89a	55,66	8°	44,30	11°	67,01	8°
<b>CNPA GO 2011 617</b>	5571.43a	59,60	10°	71,29	15°	47,90	5°
<b>CNPA BA 2011-1103</b>	4575.70b	301,90	15°	20,92	6°	582,88	15°
<b>CNPA BA 2011-1197</b>	4350.19b	346,21	16°	44,63	12°	6647,80	16°
<b>CNPA BA 2011-1904</b>	4193.00b	447,63	17°	25,70	7°	868,56	17°

(T) Testemunhas; (1) Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knot (1974); (2) Ranking dos genótipos quanto à estabilidade.

Neste contexto os genótipos recomendados com base nas menores estimativas do Pi geral, para PROD e PRODF foram CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2009 195, CNPA GO 2010 147 e FM 993 os quais foram considerados os quatro melhores genótipos classificados pelo ranking, sendo considerados os mais estáveis ao longo dos ambientes estudados, estes genótipos foram capazes de responder de maneira satisfatória a melhoria do ambiente (Tabelas 13 e 14).

**Tabela 11.** Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica segundo o método proposto por Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) para produtividade de fibra (PRODF) dos ensaios de linhagens finais (ELF) com decomposição de Pi (parâmetro de estabilidade e adaptabilidade) em ambiente favorável ( $Pi_f$ ) e desfavorável ( $Pi_d$ )

Genótipos	Média <sup>(1)</sup>	<u>Pi geral</u> 10 <sup>4</sup>	R <sup>(2)</sup>	<u>Pi<sub>f</sub></u> 10 <sup>4</sup>	R <sup>(2)</sup>	<u>Pi<sub>d</sub></u> 10 <sup>4</sup>	R <sup>(2)</sup>
FM 993 <sup>(T)</sup>	2493.57a	6,29	4°	0,20	1°	12,38	7°
BRS 286 <sup>(T)</sup>	2380.16a	7,76	5°	10,54	12°	4,98	2°
BRS 336 <sup>(T)</sup>	2325.76a	11,71	11°	8,53	11°	14,89	8°
CNPA BA 2011-1931	2099.35b	24,5	12°	14,36	15°	34,94	12°
CNPA BA 2010-1366FL	2389.49a	11,02	9°	5,25	8°	16,80	10°
CNPA BA 2009-2270FL	2015.03b	31,77	13°	27,98	17°	35,56	13°
CNPA BA 2011-2214RMD	1821.39b	47,52	14°	27,85	16°	67,20	14°
CNPA GO 2009 195	2435.56a	5,60	3°	5,95	9°	5,26	3°
CNPA GO 2010 335	2517.02a	8,29	6°	1,12	4°	15,47	9°
CNPA GO 2010 648	2445.32a	11,58	10°	0,84	2°	22,32	11°
CNPA GO 2010 147	2522.22a	4,25	2°	1,06	3°	7,44	5°
CNPA GO 2011 751	2563.63a	2,83	1°	3,39	5°	2,27	1°
CNPA GO 2011 105	2398.47a	9,30	8°	7,35	10°	11,26	6°
CNPA GO 2011 617	2363.04a	9,03	7°	10,86	13°	7,19	4°
CNPA BA 2011-1103	1900.78b	55,86	15°	3,45	6°	108,27	15°
CNPA BA 2011-1197	1757.95b	64,57	16°	11,79	14°	117,35	16°
CNPA BA 2011-1904	1736.42b	80,64	17°	4,73	7°	156,55	17°

<sup>(T)</sup> Testemunhas; <sup>(1)</sup> Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knot (1974); <sup>(2)</sup> Ranking dos genótipos quanto à estabilidade.

Para ambientes favoráveis ( $Pi_f$ ) os genótipos mais recomendados foram os mesmos observados na análise de  $Pi_{\text{geral}}$ , porém com acréscimo dos genótipos CNPA GO 2010 335 e CNPA GO 2010 648 para as duas variáveis em questão, enquanto que em ambientes desfavoráveis ( $Pi_d$ ), além dos genótipos mencionados foram acrescentados os genótipos BRS 286 e CNPA GO 2011 617 (Tabelas 13 e 14).

Os genótipos CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 147, CNPA GO 2009 195 e FM 993, merecem lugar de destaque devido estarem presentes entre os melhores dos rankings tanto em ambientes favoráveis ( $Pi_f$ ) quanto em ambientes desfavoráveis ( $Pi_d$ ), isso demonstra que esses materiais possuem ampla adaptação e conseguem responder de forma vantajosa à variação ambiental. Contudo, os mesmos genótipos são os que mais se aproximam do genótipo hipotético ideal definido por Verma et al., (1978), que possui boa produtividade em ambientes

desfavoráveis quando comparado aos demais, além disso, responde de forma positiva à melhoria dos ambientes.

Constata-se ainda que os genótipos BRS 286 e CNPA GO 2009 – 195 obtiveram os menores valores de  $P_i$  desfavoráveis para as variáveis PROD e PRODF respectivamente, indicando uma alta estabilidade e adaptabilidade em ambientes desfavoráveis (Tabelas 13 e 14). Estes resultados estão próximos aos obtidos por Silva 2019 que indica a alta performance do genótipo BRS 286 em ambientes desfavoráveis nas condições do semiárido.

Um outro aspecto importante observado nas Tabelas 13 e 14 é que os genótipos menos adaptados e instáveis, ou seja, que apresentaram as maiores estimativas de  $P_i$  geral foram CNPA BA 2011-1197 e CNPA BA 2011-1904, bem como também apresentaram as maiores estimativas de  $P_{id}$ . Enquanto para a estimativa de  $P_{if}$  os genótipos CNPA BA 2009-2270FL e CNPA BA 2011-2214RMD obtiveram as maiores estimativas, sendo considerados os menos adaptados e estáveis. Estes resultados estão de acordo aos obtidos por (SILVA, 2019).

Na literatura, trabalhos de adaptabilidade e estabilidade baseados na metodologia de Linn e Binns (1998) já foi utilizada com sucesso na identificação de genótipos de algodoeiro por Farias (1995 e 2005), Silva Filho et al., (2008), Rodrigues et al., (2017), Teodoro (2017), entre outros. Além desses, trabalhos desenvolvidos nos últimos anos com outras culturas mostram a importância dessa metodologia, são eles, Vasconcelos et al., (2015) com amendoim, Sousa et al., (2017) com feijão-caupi, Câmara et al., (2018) e Silva et al., (2018) com soja.

## 6. CONCLUSÕES

- Os genótipos avaliados apresentaram variabilidade genética para todas as características (Agronômicas e Tecnológicas de fibra);
- A interação genótipo x ambiente foi significativa e reflete um comportamento diferencial dos genótipos de acordo com os ambientes estudados;
- Para a metodologia REML/BLUP os genótipos CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 335, FM 993 e CNPA GO 2010 147 são os que apresentaram maior adaptabilidade e estabilidade produtiva;
- O método de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998) considerou como os genótipos mais próximos do ideal: CNPA GO 2011 751, CNPA GO 2010 147, CNPA GO 2009 195 e FM 993;
- As metodologias utilizadas são concordantes e complementares, sendo eficientes na identificação de genótipos superiores quanto a adaptabilidade e estabilidade e produtividade;
- O genótipo CNPA GO 2011 751 apresentou ampla adaptabilidade e estabilidade e foi o mais produtivo nos ambientes testados.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABRAPA – Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. Estatística – O algodão no Brasil. 2019. Disponível em: <https://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-brasil.aspx>. Acesso em: 16 de dezembro de 2019.
- ARANTES, F. C. **Interação genótipo x ambiente, adaptabilidade e estabilidade em genótipos de cana-de-açúcar**. Jaboticabal, 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013.
- BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; BRESSIANI, J. A.; SILVEIRA, L. C. I.; PETERNELLI, L. A. Selection of sugarcane families and parents by REML/BLUP. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 443-450, 2005.
- BARROSO P. A. V.; HOFFMANN, L. V.; BRUNETTA, P. S. F.; FREIRE, E. C. Contenção de cruzamentos entre genótipos de algodão por barreiras II. In. COBGRASSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 5., 2005, Salvador, BA. **Anais...** Campina Grande, Embrapa Algodão, Fundeagro, 2005.
- BASTOS, I. T.; BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; PETERNELII, L. A.; SILVEIRA, L. C. I.; DONDA, L. R.; FORTUNATO, A. A.; COSTA, P. M. A.; FIGUEIREDO, I. C. R. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 4, p. 195-203, 2007.
- BAYER. Guia de variedades FiberMax – Central, 2017. Acesso em: 31 de Mai. 2019.
- BELTRÃO, N. E. D. M.; AZEVEDO, D. M. P. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1309 p. 2008.
- BELTRÃO, N.E.M.; SOUZA, J.G. Fisiologia e ecofisiologia do algodoeiro. In: algodão tecnologia de produção. **Embrapa agropecuária oeste algodão**. Dourados, MG. p. 54-75, 2001.
- BIUDES, G. B. **Docente IAC: Características agronômicas, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo no Estado de São Paulo**. Dissertação, 71 p. (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – **Instituto Agrônomo**, Campinas, 2007.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 4a ed. Editora UFV, Viçosa, 525p. 2005.
- BORGES, V.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010.
- BORGES, W.; SOARES, A. A.; REIS, M. S.; RESENDE, M. D. V.; CORNÉLIO, V. M. O.; LEITE, N. A.; VIEIRA, A. R. Desempenho genotípico de linhagens de arroz de terras altas utilizando metodologia de modelos mistos. **Bragantia**, vol .69, n. 4, p. 833-841. 2010.

BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; STORCK, L.; WOYANN, L. G.; DUARTE, T.; STOCO, M. G.; MARCHIORO, S. V. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n. 1, p. 1-10, 2017.

CÂMARA, A. R.; OLIVEIRA, R. N.; SIMON, G. A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja nos Estados de Goiás e Minas Gerais. **Global Science and Technology**, v. 11, n. 2, 2018.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATTO, A. F.; RESENDE, M. D. V.; DIAS, L. A. S.; BERALDO, A. L. A.; PERINA, E. F. Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 193-201, 2007.

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

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. Viçosa, MG: UFV, 168 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1998.

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

CARVALHO, L. C. B., DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. M.; OLIVEIRA, G. C. X. Genotype x environment interaction in cowpea by mixed models. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 5, p. 872-878, 2017.

CARVALHO, L. C. B.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. de M.; OLIVEIRA, G. C. X. Evolution of methodology for the study of adaptability and stability in cultivated species. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 12, p. 990-1000, 2016.

CARVALHO, L. P. O gênero *Gossypium* e suas espécies cultivadas e silvestres. In: BELTRÃO, N. E. D. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 251-270, 2008.

CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.; TEODORO, P. E. Seleção de linhagens de algodão para alto teor de óleo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 7, p. 530-538, 2017.

CARVALHO, L. P.; SALGADO, C. C.; FARIAS, F. J. C.; CARNEIRO, V. Q. Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de algodão de fibra colorida quanto aos caracteres de fibra. **Ciência Rural**, vol. 45, nº 4, 2015.

CIA, E.; FREIRE, E. C.; DOS SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Campinas: Potafos, 290 p, 1999.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Algodão: análise mensal. Janeiro de 2020**. Disponível em: file:///C:/Users/israe/Downloads/GrosZjaneiroZcompletoZ2020.pdf. Acesso em: 16 de Janeiro de 2020.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Algodão: análise mensal. Dezembro de 2019**. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 17 de Dezembro de 2019.

COSTA, A. F.; LEAL, N. R.; VENTURA, J. A.; GONÇALVES, L. S. A.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; COSTA, H. Adaptability and stability of strawberry cultivars using a mixed models. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 37, n. 4, p. 435, 2015.

COSTA, I. G. **Desempenho agroindustrial, adaptabilidade, estabilidade e divergência entre clones RB de cana-de-açúcar em Pernambuco**. 125 p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2012.

CRUZ C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético** (3 ed.). Viçosa: Editora UFV. 668 p. 2014.

CRUZ, C. D. **Princípios da Genética Quantitativa**. Viçosa: Ed. da UFV, p. 307-365, 2012.  
CRUZ, C. D. **Programa GENES: biometria**. Viçosa, UFV, 2006.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. *Revista Ceres*, v. 38, n. 219, p. 422-430, 1991.

DANTAS, A. C. A.; BARROSO, P. A. V.; HOFFMANN, L. V.; ALVES, M. F.; ANDRADE, F. P. SSR markers to detect gene flow from upland to mocó cotton. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 1, p. 163-169, 2012.

ECHER, F. R.; CUSTÓDIO, C. C.; HOSOMI, S. T.; DOMINATO, J. C.; NETO, N. B. M. Estresse hídrico induzido por manitol em cultivares de algodão. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 4, p.638-645, 2010.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. BRS 286. 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25514/1/folderBRS286-2ed.pdf>. Acesso em: 31 Mai. 2019.

FARIA, V. R.; VIANA, J. M. S.; MUNDIM, G.; SILVA, A. C. Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca relacionadas por ciclos de seleção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1396-1403, 2010.

FARIAS F. J. C.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, J. L.; TEODORO, P. E. Biplot analysis of phenotypic stability in upland cotton genotypes in Mato Grosso. *Genetics and Molecular Research*, v. 15, n. 2, p. 1-8, 2016.

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

FARIAS, F. J. C. **Parametros de estabilidade em cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium*) avaliadas na região Nordeste no período de 1981 a**

1992. Lavras, 89f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Lavras, 1995.

FARIAS, F. J. C.; RAMALHO, M. A. P.; DE CARVALHO, L. P.; MOREIRA, J. D. A. N. Parâmetros de estabilidade em cultivares de algodoeiro herbáceo avaliadas na Região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, p. 877-883, 1996.

FLOSS, E. L.; FLOSS, L. G. Bases agrônômicas e fisiológicas do rendimento das culturas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.17, n. 104, p. 17-23, 2008.

FREIRE, E. C. F. **Algodão no cerrado do Brasil**. 2 ed.: Aparecida de Goiânia: ABRAPA, 1082 p, 2011.

FREIRE, E. C. Fluxo gênico entre algodoeiros convencionais e transgênicos. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 6, p. 471-482, 2002.

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. Melhoramento do algodoeiro e cultivares obtidas para o cerrado. In: FREIRE, E. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Aparecida de Goiânia: ABRAPA, p. 345-412, 2011.

FREIRE, E.; MORELLO, C. D. L.; FARIAS, F.; SILVA FILHO, J. D.; VIDAL NETO, F. D. C.; PEDROSA, M.; SUINAGA, F.; COSTA, J.; ANDRADE, F. Objetivos e métodos usados nos programas de melhoramento do algodão. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 299-323. 2008.

FRYXELL, P. A. A revised taxonomic interpretation of *Gossypium* L.(Malvaceae). **Rheedeia**, v. 2, p. 108-165, 1992.

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

GILIO, T. A. S.; ARAÚJO, D. V.; KRAUSE, W.; ROSA, H. H. R.; ASCARI, J. P. Genetic divergence among cotton genotypes grown in the main season and off season. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 2, p. 377-390, 2017.

HENDERSON CR. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection. **Biometrics**, v. 31, p. 423-449, 1975.

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, p. 1401-1405, 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Redes Geodésicas**. 2017. Disponível em: [www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica.html?redirect=1](http://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica.html?redirect=1). Acesso em: 25 de out. 2019.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, p. 193-198, 1988.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; PAIVA, J. R. de.; CAVALCANTI, J. J. V. BARROS, L. M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 1, p. 43-50, 2009.

MARIOTTI, I.A.; OYARZABAL, E.S.; OSA, J.M.; BULACIO, A.N.R. & ALMADA, G.H. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronómica del Nordeste Argentino**, v. 13, n. 14, p. 105-127, 1976.

MOIANA, L. D.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; MALEIA, M. P.; MINDO, N. Application of mixed models for the assessment genotype and environment interactions in cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivars in Mozambique. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 19, p. 1985-1991, 2014.

MORETO, A. L.; NEUBERT, E. O.; PERUCH, L. A. M.; POLA, A. C.; LORENZI, E. F. P.; NUNES, E. C. Desempenho de genótipos de mandioca via metodologia de modelos mistos em Santa Catarina, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 830 – 838, 2017.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. R. A.; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 279-287, 2012.

PELEGRIN, A. J.; CARVALHO, I. R.; NUNES, A. C. P.; DEMARI, G. H.; SZARESKI, V. J.; BARBOSA, M. H.; ROSA, T. C.; FERRARI, M.; NARDINO, M.; SANTOS, O. P. S.; RESENDE, M. D. V.; SOUZA, V. Q.; OLIVEIRA, A. C.; MAIA, L. C. Adaptability, Stability and Multivariate Selection by Mixed Models. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 13, 2017.

PENNA, J. C. V. Melhoramento do algodão. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. 2 ed. Viçosa: UFV, p. 15-54. 2005.

PIMENTEL GOMES F. P. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 2000. 466p.

QUEIROZ, D. R. **Análise genética para caracteres agronômicos e tecnológicos de fibra em genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.)**. Campina Grande, 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba. 2017.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMAN, M. J. de O. Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento genético do feijoeiro. **Goiânia: UFG**. 271 p. 1993.

REGITANO NETO, A.; JUNIOR, E.U.R.; GALLO, P.B.; FREITAS, J.G. DE.; AZZINI, E. Comportamento de genótipos de arroz de terras altas no estado de São Paulo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 3, p. 512-519, 2013.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

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

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 330 -339, 2016.

RESENDE, M. D. V.; FREITAS, J. A.; LANZA, M. A.; VILELA DE RESENDE M. D.; AZEVEDO, C. F. Genetic divergence and BLUP selection index for fiber traits in cotton accessions. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol. 44, n° 3, p. 334-340, 2014.

RESENDE, M.D.V. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 361, 2007.

RIBEIRO, J. Z.; ALMEIDA, M. I. M. de. Estratificação ambiental pela análise da interação genótipo x ambiente em milho. **Pesquisa agropecuaria. brasileira**, Brasília, v.46, n.8, p.875-883, 2011.

RIBEIRO, V. A. **Caracterização genética de atributos do desenvolvimento radicular em algodoeiro herbáceo (gossypium hirsutum l.)**. Goiânia, 66 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Goiás, 2014.

ROCHA, M. M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; MENEZES-JÚNIOR, J. A. N.; CARVALHO, H. W. L.; COSTA, A. F.; LIMA, J. M. P.; SANTOS, J. F.; BERTINI, C. H. C. M.; PASSOS, A. R. P.; MORAIS, O. M. Yield adaptability and stability of semi-erect cowpea genotypes in the Northeast region of Brazil by REML/BLUP. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 5, p. 862-871, 2017.

RODRIGUES, J. I. S.; CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C. Influence of genotype versus environment interaction on improving upland cotton yield. **Revista Ciências Agronomica**, v. 60, n. 3, p. 241-246, 2017.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.

SCAPIN, C. A.; PACHECO, C. A. P.; JUNIOR, A. T. do A.; VIEIRA, R. A. Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. **Euphytica**, Netherlands, v. 174, n. 2, p. 174-209, 2010.

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

SILVA FILHO, J. L.; MORELLO, C. 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, 2008.

SILVA, G. P. **Estimativas dos parâmetros genéticos e estabilidade fenotípica em cultivares de algodoeiro herbáceo**. Campina Grande, 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba. 2018.

SILVA, N. S.; NOGUEIRA, A. P. O.; HAMAWAKI, O. T.; MARQUES, F. S.; MEDEIROS, L. A.; GOMES, G. F.; JULIATTI, F. C. Adaptability and productive stability of soybean genotypes under natural rust infection without fungicide. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 5, 2018.

SILVA, R. C. **Métodos AMMI e GGE no estudo da interação genótipos x ambientes em algodão**. Campina Grande, 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba, 2016.

SILVA, R. S. **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de linhagens de algodoeiro herbáceo para as condições do semiárido nordestino**. Campina Grande, 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba. 2019.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p. 23-30. 2006.

SOARES, I. O.; BRUZI, A. T.; ZAMBIAZZI, E. V.; GUILHERME, S. R.; BIANCHI, M. C.; SILVA, K. B.; FRONZA, V.; TEIXEIRA, C. M. Stability and adaptability of soybean cultivars in Minas Geras. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, 2017.

SOUSA, M. B.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. D. M.; MENEZES JUNIOR, J. A. N. D.; LIMA, L. R. L. Adaptability and yield stability of cowpea elite lines of semi-prostrate growth habit in the cerrado biome. **Revista Ciências Agronomicas**, v. 48, n. 5, p. 832-839, 2017.

SOUZA, A. A.; FREIRE, E. C.; BRUNO, R. L. A.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, L. P.; PEREIRA, W. E. Estabilidade e adaptabilidade do algodoeiro herbáceo no Cerrado do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1125-1131, 2006.

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.

TEODORO, P. E. **Interação entre genótipos de algodoeiro em ambientes representativos do cerrado brasileiro**. Viçosa, 58 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal de Viçosa, 2017.

TORRES FILHO, J.; OLIVEIRA, C. N. G. S.; SILVEIRA, L. M.; NUNES, G. H. S.; SILVA, A. J. R.; SILVA, M. F. N. Genotype by environment interaction in green cowpea analyzed via mixed models. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 687-697, 2017.

TORRES, F. E.; BENITES, S. B.; RIBEIRO, L. P.; CORREA, A. M.; SILVA JUNIOR, C. A.; TEODORO, P. E. Selection of soybean genotypes for to cerrado/pantanal ecotone via REML/BLUP. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 2, p. 333-340, 2018.

TORRES, F. E.; TEODORO, P. E.; RODRIGUES, E. V.; SANTOS A.; CORRÊA, A. M.; CECCON, G. Simultaneous selection for cowpea (*Vigna unguiculata* L.) genotypes with adaptability and yield stability using mixed models. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 2, p. 1-11, 2016.

USDA - United States Department of Agriculture. **Cotton**: world markets and trade. Dezembro de 2019. Disponível em: <fas.usda.gov>. Acesso em: 17 de Dezembro de 2019.

VASCONCELOS, U. A. A. **Análise dialéctica em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) para tolerância a seca**. Campina Grande, 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual da Paraíba, 2016.

VENCOVSKY, R.; TORRES, R.A.A. Estabilidade geográfica e temporal de algumas cultivares de milho. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 16, Belo Horizonte, Anais. p.294-300. 1998.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 53, n. 2, p. 89-91, 1978.

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

WENDEL, J. F.; BRUBAKER, C.; ALVAREZ, I.; CRONN, R.; STEWART, J. M. Evolution and natural history of the cotton genus. In: PARTERSON, A. H. (Ed.). **Genetics and genomics of cotton**. New York: Springer, 3-22 p, 2009..

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

# APÊNDICE

**Tabela 1A.** Seleção de genótipos por ambientes, predições de efeitos (g+ge) e valores genéticos (u+g+ge) e ganhos genéticos para os 17 genótipo de algodoeiro, em dois locais para o caráter produtividade de algodão e caroço kg/há (PROD)

Local	Genótipo	Ordem	g+ge	u+g+ge	Ganho	Nova Média
<b>1</b>	FM 993	2	439,26	5910,80	490,15	5961,69
	BRS 286	8	269,61	5741,16	378,85	5850,39
	BRS 336	9	225,49	5697,04	361,81	5833,35
	CNPA BA 2011-1931	12	-152,91	5318,63	287,24	5758,79
	CNPA BA 2010-1366FL	6	333,43	5804,98	407,92	5879,46
	CNPA BA 2009-2270FL	13	-179,20	5292,34	251,36	5722,91
	CNPA BA 2011-2214RMD	14	-694,38	4777,17	183,81	5655,36
	CNPA GO 2009 195	4	360,16	5831,70	439,99	5911,53
	CNPA GO 2010 335	5	354,12	5825,67	422,81	5894,36
	CNPA GO 2010 648	7	313,67	5785,22	394,45	5865,99
	CNPA GO 2010 147	3	419,49	5891,03	466,59	5938,14
	CNPA GO 2011 751	1	541,04	6012,59	541,04	6012,59
	CNPA GO 2011 105	13	-179,20	5292,34	251,36	5722,91
	CNPA GO 2011 617	11	123,42	5594,96	327,26	5798,80
	CNPA BA 2011-1103	15	-709,42	4762,13	124,26	5595,81
	CNPA BA 2011-1197	16	-880,34	4591,20	61,47	5533,02
	CNPA BA 2011-1904	17	-983,59	4487,95	0,00	5471,55
<b>2</b>	FM 993	4	432,81	5857,59	483,82	5908,61
	BRS 286	7	287,39	5712,19	428,27	5853,06
	BRS 336	8	255,79	5680,58	406,71	5831,50
	CNPA BA 2011-1931	12	-102,50	5322,28	298,64	5723,43
	CNPA BA 2010-1366FL	10	172,44	5597,23	360,96	5785,75
	CNPA BA 2009-2270FL	13	-252,83	5171,96	256,22	5681,01
	CNPA BA 2011-2214RMD	14	-670,22	4754,57	190,05	5614,83
	CNPA GO 2009 195	6	375,39	5800,18	451,75	5876,54
	CNPA GO 2010 335	2	524,53	5949,32	532,02	5956,81
	CNPA GO 2010 648	3	438,44	5863,23	500,83	5925,61
	CNPA GO 2010 147	5	399,84	5824,63	467,02	5891,81
	CNPA GO 2011 751	1	539,51	5964,29	539,51	5964,29
	CNPA GO 2011 105	9	183,44	5608,23	381,90	5806,69
	CNPA GO 2011 617	11	76,59	5501,39	335,11	5759,89
	CNPA BA 2011-1103	15	-706,27	4718,52	130,29	5555,08
	CNPA BA 2011-1197	16	-901,28	4523,51	65,82	5490,61
	CNPA BA 2011-1904	17	-1053,08	4371,71	0,00	5424,79

<sup>1</sup>: predições de efeitos. <sup>2</sup> : valores genotípicos preditos para cada local (u+g+ge)

**Tabela 2A.** Seleção de genótipos por ambientes, predições de efeitos (g+ge) e valores genéticos (u+g+ge) e ganhos genéticos para os 17 genótipo de algodoeiro, em dois locais para o caráter produtividade de fibra kg/há (PRODF)

Local	Genótipo	Ordem	g+ge <sup>1</sup>	u+g+ge <sup>2</sup>	Ganho	Nova Média
<b>1</b>	FM 993	3	211,52	2456,07	241,41	2485,96
	BRS 286	9	111,02	2355,57	180,81	2425,36
	BRS 336	11	64,26	2308,81	163,67	2408,23
	CNPA BA 2011-1931	12	-138,49	2106,07	138,49	2383,05
	CNPA BA 2010-1366FL	6	148,35	2392,89	205,11	2449,66
	CNPA BA 2009-2270FL	13	-183,74	2060,81	113,71	2358,26
	CNPA BA 2011-2214RMD	15	-366,06	1878,49	54,95	2299,49
	CNPA GO 2009 195	5	156,12	2400,67	216,47	2461,02
	CNPA GO 2010 335	4	201,98	2446,53	231,55	2476,10
	CNPA GO 2010 648	7	147,22	2391,77	196,84	2441,39
	CNPA GO 2010 147	2	238,76	2483,31	256,36	2500,91
	CNPA GO 2011 751	1	273,96	2518,51	273,96	2518,51
	CNPA GO 2011 105	8	138,34	2382,89	189,53	2434,08
	CNPA GO 2011 617	10	108,89	2353,45	173,62	2418,17
	CNPA BA 2011-1103	14	-287,94	1956,61	85,02	2329,57
	CNPA BA 2011-1197	16	-409,10	1835,45	25,94	2270,49
	CNPA BA 2011-1904	17	-415,08	1829,47	0,00	2244,55
<b>2</b>	FM 993	4	207,51	2452,99	238,96	2484,44
	BRS 286	8	116,83	2362,31	193,58	2439,06
	BRS 336	11	71,88	2317,36	164,17	2409,64
	CNPA BA 2011-1931	12	-107,07	2138,41	141,56	2387,04
	CNPA BA 2010-1366FL	9	95,23	2340,70	182,65	2428,13
	CNPA BA 2009-2270FL	13	-203,97	2041,51	114,99	2360,46
	CNPA BA 2011-2214RMD	15	-348,11	1897,37	56,96	2302,43
	CNPA GO 2009 195	6	165,12	2410,59	218,57	2464,05
	CNPA GO 2010 335	2	256,59	2502,07	259,89	2505,36
	CNPA GO 2010 648	5	190,47	2435,95	229,27	2474,74
	CNPA GO 2010 147	3	228,57	2474,05	249,45	2494,92
	CNPA GO 2011 751	1	263,18	2508,66	263,18	2508,66
	CNPA GO 2011 105	7	120,38	2365,8	204,55	2450,02
	CNPA GO 2011 617	10	90,08	2335,55	173,39	2418,87
	CNPA BA 2011-1103	14	-292,37	1953,10	85,89	2331,36
	CNPA BA 2011-1197	16	-412,00	1833,47	27,65	2273,12

CNPA BA 2011-1904	17	-442,32	1803,16	0,00	2245,48
-------------------	----	---------	---------	------	---------

---

<sup>1</sup>: predições de efeitos. <sup>2</sup> : valores genotípicos preditos para cada local (u+g+ge)