



**UEPB**

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

**GEOVANA PRISCILLA DA SILVA**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTABILIDADE FENOTÍPICA EM  
CULTIVARES DE ALGODOEIRO HERBÁCEO**

**CAMPINA GRANDE-PB  
2018**

**GEOVANA PRISCILLA DA SILVA**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTABILIDADE  
FENOTÍPICA EM CULTIVARES DE ALGODOEIRO HERBÁCEO.**

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: Biotecnologia e Melhoramento Vegetal.

Orientador: Dr. Francisco José Correia Farias

Coorientador: Prof. Dr. Diogo Gonçalves Neder

**CAMPINA GRANDE-PB  
2018**

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.

S624e Silva, Geovana Priscilla da.  
Estimativas de parâmetros genéticos e estabilidade fenotípica em cultivares de algodoeiro herbáceo [manuscrito] : / Geovana Priscilla da Silva. - 2018.  
69 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2018.

"Orientação : Prof. Dr. Francisco José Correia Farias, Embrapa Algodão."

"Cooorientação: Prof. Dr. Diogo Gonçalves Neder, Coordenação do Curso de Ciências Agrárias - CCHA."

1. Algodão. 2. Melhoramentos cultivares. 3. Índice de seleção.

21. ed. CDD 580

**GEOVANA PRISCILLA DA SILVA**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTABILIDADE FENOTÍPICA EM CULTIVARES DE ALGODOEIRO HERBÁCEO.**

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: Biotecnologia e Melhoramento Vegetal.

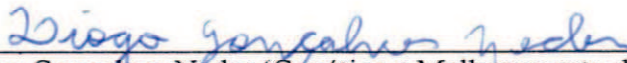
**Aprovado em 20/03/2018**

**BANCA EXAMINADORA**



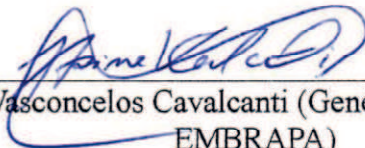
---

Prof. Dr.º Francisco José Correia Farias (Genética e Melhoramento de Plantas – EMBRAPA)  
Orientador



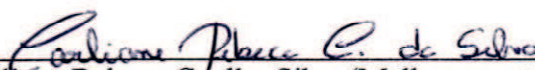
---

Prof. Dr.º Diogo Gonçalves Nêder (Genética e Melhoramento de Plantas – UEPB)  
Coorientador



---

Prof. Dr.º José Jaime Vasconcelos Cavalcanti (Genética e Melhoramento de Plantas – EMBRAPA)



---

Profa. Dra.ª Carliane Rebeca Coelho Silva (Melhoramento e Biotecnologia) – UFRPE

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer ao meu bom e generoso DEUS, por ter me dado força e coragem para concluir mais um ciclo da minha vida acadêmica.

Agradeço aos meus pais Maria Bernadete e João Antônio, eu tenho muito ou tudo a agradecer a vocês. Vocês vieram preparando o meu caminho, desde que eu nasci. Vocês se sacrificaram, se dedicaram, abdicaram de tempo e de muitos projetos pessoais para que eu tivesse a oportunidade de estudar e de ter uma boa formação profissional, mas também pessoal. Eu devo tudo que sou a vocês, e se sinto orgulho de mim e do lugar onde cheguei, é porque sei que vocês vieram segurando a minha mão.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr<sup>o</sup> Francisco José Correia Farias, por toda a paciência e empenho. Muito obrigada por me ter corrigido quando necessário. Agradeço também ao meu coorientador Prof. Dr<sup>o</sup> Diogo Gonçalves Neder por todas as contribuições e orientações durante a realização do curso.

Agradeço aos professores que fazem parte do Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias – UEPB, e a instituição EMBRAPA-Algodão por proporcionarem condições para realização e conclusão do curso de mestrado.

Agradeço aos meus colegas de curso por todos os momentos compartilhados.

Eu penei, mas aqui cheguei ...

**Luiz Gonzaga (Pau de Arara).**

SILVA, G. P, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB/Embrapa-Algodão, Fevereiro de 2018. **ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E ESTABILIDADE FENOTÍPICA EM CULTIVARES DE ALGODOEIRO HERBÁCEO.** Francisco José Correia Farias. Diogo Gonçalves Neder.

## RESUMO

O algodoeiro é uma das mais importantes culturas do mundo, porque sua fibra é usada como matéria prima para a indústria têxtil e o beneficiamento da fibra gera subprodutos de grande valor comercial. No Brasil é cultivado em diversas regiões em diferentes sistemas de produção, causando uma elevada interação genótipos x ambientes, o que dificulta a obtenção de materiais adaptados e estáveis. O objetivo deste trabalho foi estimar os parâmetros genéticos, o índice de seleção e a estabilidade fenotípica de cultivares de algodoeiro herbáceo cultivados no Estado do Mato Grosso. Foram avaliados dezesseis genótipos em oito ambientes do Estado do Mato Grosso oriundos do Ensaio Regional de Cultivares de Algodoeiro para as condições do Cerrado, safra 2008/09. As características avaliadas foram: produtividade de algodão em caroço, porcentagem de fibras, produtividade da fibra, comprimento de fibras, resistência da fibra e o índice de micronaire. Realizou-se análises de variância individual, conjunta e estimou-se os parâmetros genéticos. Em seguida foi aplicado o índice de seleção de Mulamba & Mock e realizada a análise de adaptabilidade e estabilidade baseada na metodologia multivariada GGE biplot. Através do índice de Mulamba & Mock, os genótipos mais produtivos e adaptados foram: FM 993, FM 910, seguidos de CNPA MT 04 - 2080, BRS BURITI e CNPA MT 04 - 2088. Em relação a proporção de captura da interação GxA nos dois primeiros eixos pela metodologia GGE biplot para PROD e PRODF, observou-se 68,52% e 88,94%, respectivamente. Notou-se similaridade no comportamento dos genótipos para as características PROD e PRODF, a maioria dos genótipos apresentaram-se estáveis no conjunto de ambientes, com exceção de: BRS BURITI, DELTA OPAL e LD CV 02. Quanto ao conjunto de ambientes, verificou-se que o ambiente Pedra Preta foi o que mais contribuiu para a interação GxA. Existe variabilidade genética entre os genótipos para as características agrônômicas e de qualidade de fibras, podendo serem utilizados para cruzamentos em outros programas de melhoramento do algodoeiro visando a incorporação de características específicas. A metodologia GGE biplot mostrou-se bastante eficiente para selecionar genótipos estáveis e adaptados na cultura do algodoeiro.

**Palavras chave: Algodão; Melhoramento, Cultivares; Índice de Seleção; GGE biplot e Interação GXA.**

SILVA, G. P, Paraíba State University – UEPB/ Embrapa Cotton, February 2018. **ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS AND PHENOTYPICAL STABILITY IN HERBACEOUS COTTON CULTIVARS.** Francisco José Correia Farias. Diogo Gonçalves Neder.

### **ABSTRACT**

Cotton is one of the most important crops worldwide because of its fiber is used as raw material for the textile industry and the processing of fiber generates by-products of great commercial value. In Brazil, cotton is cultivated in several regions in different production systems, causing a high interaction genotypes x environments, which makes difficult to obtain adapted and stable materials. The objective of this work was to estimate the genetic parameters, selection index and phenotypic stability of upland cotton cultivars cultivated in the State of Mato Grosso. Sixteen genotypes were evaluated in eight environments of the State of Mato Grosso from the Regional Cotton Varieties Test from Cotton Breeding Program of Embrapa Cotton for the Savanna conditions in 2008/09 season. The evaluated characteristics were: seed cotton yield, fiber percentage, lint yield, fiber length, fiber strength and micronaire index. Individual and joint analyzes of variance were performed and the genetic parameters were estimated. The Mulamba & Mock selection index was applied and the adaptability and stability analysis was performed based on the GGE biplot multivariate methodology. Using the Mulamba & Mock index, the most productive and adapted genotypes were FM 993, FM 910, followed by CNPA MT 04-2080, BRS BURITI and CNPA MT 04-2088. In relation to the capture ratio of the GxA interaction in the first two axes by GGE biplot methodology it was observed 68.52% and 88.94%, for PROD and PRODF respectively. It was observed similarity in the behavior of the genotypes for the PROD and PRODF characteristics, the majority of the genotypes were stable in the set of environments, except for: BRS BURITI, DELTA OPAL and LD CV 02. As for the set of environments, it was observed that the Pedra Preta environment was the one that most contributed to the GxA interaction. There is genetic variability among the genotypes for the agronomic and fiber quality characteristics, and can be used for crosses in other cotton breeding programs, aiming at the incorporation of specific characteristics. The GGE biplot methodology proved to be very efficient to select stable and adapted genotypes in the cotton crop.

Keywords: Cotton; Improvement, Cultivars; Selection Index; GGE biplot and Interaction GXE.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Relação e obtentores dos genótipos utilizados no Ensaio Regional de Cultivares de Algodoeiro para o Cerrado durante a safra 2008/2009.....26
- Tabela 2. Coordenadas geográficas e precipitação pluviométrica média anual dos locais de Mato Grosso-MT, onde foi realizado o Ensaio Regional de Cultivares de Algodoeiro para o Cerrado durante a safra 2008/2009.....27
- Tabela 3. Resumo do esquema de análise de variância individual segundo Cruz et al., (2012)....27
- Tabela 4. Resumo do esquema da análise de variância conjunta considerando genótipos (fixo) e ambientes (aleatório), segundo Cruz et al, (2012).....29
- Tabela 5. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características agronômicas: Produção de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibras (PRODF) e Porcentagem de fibras PF (%), referente aos locais Lucas do Rio Verde e Novo Ubitatã – MT.....32
- Tabela 6. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características agronômicas: Produção de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibras (PRODF) e Porcentagem de fibras PF (%), referente aos locais Pedra Preta e Primavera do Leste – MT, safra 2008/2009.....34
- Tabela 7. Resumo da análise de variância conjunta e estimativas de parâmetros genéticos para as características: produtividade de algodão em caroço (PROD), produtividade de fibras (PRODF), porcentagem de fibras (PF%), comprimento de fibras (COMP), resistência da fibra à ruptura (RES) e índice de *micronaire* (MIC) para 16 genótipos avaliados em diferentes ambientes (locais) do Estado de Mato Grosso – MT, safra 2008/2009.....37
- Tabela 8. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características tecnológicas de fibras: Comprimento de fibras (COMP), Resistência da fibra à ruptura (RES) e Índice de *Micronaire* (IM), referente aos locais Lucas do Rio Verde e Novo Ubitatã – MT, safra 2008/2009.....39
- Tabela 9. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características tecnológicas de fibras: Comprimento de fibras (COMP), Resistência da fibra à ruptura (RES) e Índice de *Micronaire* (IM), referente aos locais Campo Novo dos Parecis e Campo Verde – MT, safra 2008/2009.....40
- Tabela 10. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características tecnológicas de fibras: Comprimento de fibras (COMP), Resistência da fibra à ruptura (RES) e Índice de *Micronaire* (IM), referente aos locais Pedra Preta e Primavera do Leste – MT, safra 2008/2009.....43
- Tabela 11. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características tecnológicas de fibras: Comprimento de fibras (COMP), Resistência da fibra à ruptura (RES) e Índice de *Micronaire* (IM), referente aos locais Primavera do Leste II – MT e Sapezal - MT, safra 2008/2009.....45



Tabela 12. Estimativa de índice de seleção de Mulamba e Mock (1978), com teste de médias Scott-Knott (1974), para as características: Produção de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibras (PRODF), Porcentagem de fibras (PF%), Comprimento de fibras (COMP), Resistência da fibra à ruptura (RES) e Índice de *Micronaire* (MIC), em diferentes ambientes (locais) do Estado de Mato Grosso – MT, safra 2008/2009.....51

Tabela 13A. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características agronômicas: Produção de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibras (PRODF) e Porcentagem de fibras PF (%), referente aos locais Campo Novo dos Parecis e Campo Verde - MT, safra 2008/2009.....67

Tabela 14A. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características agronômicas: Produção de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibras (PRODF) e Porcentagem de fibras PF (%), referente aos locais Primavera do Leste II e Sapezal – MT, safra 2008/2009.....68

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação gráfica e localização dos ambientes do Mato Grosso-MT onde foi realizado o Ensaio Regional de Algodoeiro para o Cerrado durante a safra 2008/2009.....28

Figura 2. Representação gráfica do GGE Biplot para a característica produtividade de algodão em caroço (PROD) de 16 genótipos avaliados no Estado do Mato Grosso – MT.....50

Figura 3. Representação gráfica do GGE Biplot para a característica produtividade de algodão em fibras (PRODF) de 16 genótipos avaliados no Estado do Mato Grosso – MT.....53

## LISTA DE ABREVIATURAS

IAC	Instituto Agronômico de Campinas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CNPA	Centro Nacional de Pesquisa do Algodão
FACUAL	Fundo de Apoio à Cultura do Algodão
IMA-MT	O Instituto Mato-Grossense do Algodão
AMPA	Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão
PROD	Produtividade de algodão em caroço
PRODF	Produtividade de algodão em fibras
PF%	Porcentagem de fibras
COMP	Comprimento de fibras
RES	Resistência da fibra à ruptura
MIC	Índice de micronaire
AMMI	Additive Main Effect and Multiplicative Interaction
GGEbiplot	Genotype Main Effects + Genotype Environment Interaction
CVg(%)	Coefficiente de variação genotípico
CDG	Coefficiente de determinação genotípico
CVa(%)	Coefficiente de variação ambiental
Razão CVg/CVa	Coefficiente de variação relativo

## SUMÁRIO

1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
2. <b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
2.1 O Algodoeiro.....	13
2.2 Melhoramento genético do algodoeiro.....	14
2.2.1 Métodos de melhoramento do algodoeiro.....	16
2.3 Parâmetros Genéticos.....	18
2.4 Índice de Seleção.....	20
2.5 Interação genótipos x ambientes.....	21
2.5.1 Adaptabilidade e estabilidade.....	23
2.5.2 Métodos de adaptabilidade e estabilidade.....	24
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	26
3.1 Material genético.....	26
3.2 Locais dos experimentos.....	27
3.3 Delineamento experimental.....	28
3.4 Variáveis utilizadas nas análises.....	28
3.5 Análises estatísticas dos dados.....	28
3.6 Análise de adaptabilidade e estabilidade.....	30
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
4.1 Análises de variância individual e conjunta para as características agronômicas do algodoeiro.....	32
4.2 Análises de variância individual e conjunta para as características tecnológicas de fibras.....	38
4.3 Estimativas dos parâmetros genéticos para as características agronômicas e de fibra.....	42
4.4 Índice de seleção.....	47
4.5 Método GGE Biplot.....	52
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	55
REFERÊNCIAS.....	56
APÊNDICES.....	65

## 1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*) é cultivado por todas as regiões do mundo, é considerado a oleaginosa de maior importância para a produção de fibra têxtil, além de fornecer a fibra como produto principal, o processo de beneficiamento da cultura gera subprodutos de grande valor comercial que aumenta ainda mais a importância dessa cultura.

O óleo, subproduto extraído da semente do algodão é amplamente utilizado nos setores alimentício, cosméticos e farmacêuticos, além de constituir matéria prima para o biodiesel (CARVALHO et al., 2017).

Os principais produtores de algodão do mundo são: Índia, China, Estados Unidos, Paquistão e o Brasil que ocupa a quinta posição. Os principais produtores nacionais são: Mato Grosso, Bahia, Goiás e Mato Grosso do Sul, e, para as perspectivas futuras de mercado espera-se, um aumento da área plantada no país, especialmente na Bahia e Mato Grosso (CONAB, 2018).

O Brasil encontra-se em posição de destaque no cenário mundial de produção de algodão, graças às condições climáticas favoráveis ao cultivo e aos constantes investimentos em tecnologias modernas. Dentre elas, destacam-se a pesquisa e o desenvolvimento voltados à adaptação das sementes ao solo e condições ambientais das principais regiões produtoras de algodão, e às exigências da indústria têxtil (TELES e FUCK, 2016).

O cultivo do algodoeiro migrou de regiões tradicionais do semiárido para o cerrado do Brasil por apresentar principalmente condições que favorecem à tecnificação, neste contexto, a Embrapa com outras instituições parceiras, participam ativamente dessa evolução, gerando e transferindo diversas tecnologias, dentre elas, destaca-se a transgenia, voltada para o combate de inseto-pragas e de plantas daninhas (EMBRAPA, 2018).

Inicialmente, o algodoeiro no cerrado era utilizado apenas no sistema de rotação com a soja, mas, ao longo do tempo foi tornando-se uma cultura rentável, e de alto investimento tecnológico, passando a ser produzido em larga escala, sua produção conta com maquinários pesados e tecnologia de ponta (CONAB, 2018).

Para o melhorista de plantas, o interesse em se obter grande variabilidade para a realização de um processo seletivo que efetivamente resulte em ganhos genéticos significativos, é um ponto de fundamental importância para o desenvolvimento de novas cultivares de algodoeiro. Desta forma, a estimativa de parâmetros genéticos assume um importante papel preditivo para o direcionamento de programas de melhoramento em relação

ao processo seletivo dos genótipos mais promissores (FALCONER e MACKAY, 1996; RAMALHO et al., 2012).

Da mesma forma, o índice de seleção tem grande importância, pois, trata-se de uma técnica multivariada que combina vários valores fenotípicos, o qual resulta numa medida que concentra num único valor, os méritos e os deméritos de cada genótipo para várias características (GARCIA e SOUZA JUNIOR, 1999).

Por outro lado, diante da grande diversidade climática encontrada nas regiões produtoras de algodão, faz-se necessário o estudo da interação genótipos x ambientes antes da seleção e recomendação de cultivares, aplicando-se testes de estabilidade e adaptabilidade fenotípica, que irão auxiliar na escolha dos melhores materiais (CARVALHO et al., 2017; CARVALHO et al., 2016; CARVALHO et al., 2015; RESENDE et al., 2014).

Nesse contexto, diante da grande relevância da cultura do algodoeiro, o objetivo do presente trabalho é estimar os parâmetros genéticos, índice de seleção e a estabilidade fenotípica de cultivares de algodoeiro herbáceo cultivados no Estado do Mato Grosso.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. O algodoeiro

Desde os tempos remotos antes de Cristo, que o algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium*) é conhecido pelo homem, havendo referências históricas da cultura no Código de Manu, considerado a legislação mais antiga da Índia, acredita-se que sua domesticação ocorreu há mais de 4.000 anos no sul da Arábia, documentos antigos datam que as Índias eram a principal região da cultura, sendo o Egito, Sudão e todos da Ásia Menor consumidores de algodão de primeira necessidade (AMPA, 2018).

No Brasil, mesmo antes de seu descobrimento, os índios já conheciam e dominavam a cultura, desde o plantio, até a fabricação de tecidos, eles transformavam o algodão em fios e confeccionavam redes e cobertores, bem como aproveitavam a planta na alimentação e usavam suas folhas na cura de feridas (AMPA, 2018).

O algodoeiro é uma oleaginosa pertencente à família *Malvaceae*, e ao gênero *Gossypium*, o mesmo, é constituído por mais de 50 espécies, destas, apenas quatro são cultivadas, as espécies cultivadas *Gossypium arboreum* L. e *Gossypium herbaceum* L. são diplóides ( $2n = 2x = 26$ ) e nativas do Velho Mundo, as espécies *Gossypium hirsutum* L. e *Gossypium barbadense* L. são tetraplóides ( $2n = 4x = 52$ ) e nativas do Novo Mundo, as demais espécies são silvestres (CARVALHO, 2008; COUTINHO et al., 2014; GUIMARÃES et al., 2017).

Considerado como algodão anual ou herbáceo, é a espécie de maior importância econômica, pois, fornece matéria-prima essencial para a cadeia agro têxtil, é uma planta de aproveitamento completo, o principal produto é a fibra, como subprodutos do beneficiamento tem-se, o óleo, utilizado na alimentação humana e na produção de biodiesel, a torta, empregada como ração animal por apresentar alto valor proteico, e o linter, utilizado na fabricação de papel moeda e, em geral, para a produção de tecidos cirúrgicos (ECHER et al., 2010; IAC, 2017).

A cultura apresenta metabolismo pouco eficiente devido altas taxas de fotorrespiração, comum das plantas  $C_3$ , é considerado uma planta de alta complexidade morfofisiológica, ao longo do crescimento ocorrem fortes competições das partes vegetativas com órgãos reprodutivos em busca dos fotoassimilados, além, de possuir estrutura em forma de dossel que favorece a má distribuição de luz nas folhas (BELTRÃO e AZEVEDO, 2008).

O ciclo do algodoeiro segue as seguintes fases: 1ª fase: duração média de quatro a dez dias, ocorre a embebição, germinação da semente e estabelecimento dos cotilédones,

compreende o período entre semeadura e emergência; 2ª fase: em média, aos 30 dias após emergência surge o primeiro botão floral; 3ª fase: aos 45 a 60 dias após emergência surge a primeira flor; 4ª fase: abertura da primeira maçã, aos 90 a 120 dias após emergência, 5ª e última fase: aos 130 a 160 dias em média, os capulhos estão prontos para a colheita, a depender da espécie e condições climáticas (BELTRÃO, 2001).

A planta apresenta crescimento indeterminado e possui número variável de capulhos, com três a cinco lóculos, possui em média de 32 a 40 sementes, contudo, nos sistemas de alta tecnologia recomenda-se dez capulhos por planta, as sementes são cobertas por dois diferentes tipos de células, as fibras longas ou fiáveis, e as curtas ou não fiáveis, o comprimento da fibra depende da espécie, variando de 25.4 mm a 34.9 mm para *G. hirsutum* (FARIAS et al., 1996; FUZZATO, 1999; PENNA, 2005; FARIAS, 2005; CARVALHO, 2008).

Quanto ao sistema reprodutivo, o algodoeiro possui flores hermafroditas, sendo considerada uma planta de sistema reprodutivo intermediário, ou, autógama com frequente alogamia, a taxa de fecundação natural varia de acordo com os genótipos e a presença de agentes polinizadores, mas, os programas de melhoramento genético do algodoeiro optam por realizar polinização controlada a fim de manter a pureza genética de linhagens e cultivares, através do amarrão de botões florais (CARVALHO, 1993; FUZZATO, 1999; FARIAS, 2005).

## 2.2. Melhoramento genético do algodoeiro

O melhoramento genético do algodão no Brasil foi iniciado em 1921 quando o Ministério da Agricultura reativou o Serviço Federal do Algodão, o principal objetivo do programa era dar assistência técnica aos agricultores, em 1924, o IAC – Instituto Agrônomo de Campinas e alguns estados do Nordeste como Maranhão, Paraíba, Rio Grande do Norte, também implementaram programas de melhoramento genético do algodoeiro (MOREIRA e SANTOS, 1994).

Na década de 30 já existiam várias estações experimentais consolidadas no país, mas, em 1983, com o aparecimento do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis*, praga de grande importância pra cultura, muitas destas estações experimentais entraram em declínio e foram desativadas (FREIRE et al., 2008). Os materiais genéticos disponíveis na época eram em sua maioria oriundos de variedades americanas como Texas Big Boll, Express e Stoneville. O IAC lançou para o mercado diversas cultivares: IAC 17, IAC 19, IAC 20 e IAC 22, que, por muitos anos fizeram história na cotonicultura brasileira (NASCIMENTO e SILVA, 2010).

A EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária iniciou o desenvolvimento de cultivares de algodoeiro em 1975, quando criou o Centro Nacional de



Pesquisa do Algodão (CNPA) e seu programa de pesquisa localizado em Campina Grande-PB, a instituição desenvolve cultivares para o plantio nas regiões Norte e Nordeste e, também para o Centro-Oeste do País (PENNA, 2005).

Em parceria com a Embrapa, a Fundação Mato Grosso (FMT), iniciou suas atividades com o melhoramento do algodoeiro em 1995, até o ano de 2000 as duas instituições desenvolveram em conjunto, atividades de melhoramento no cerrado do Mato Grosso. Após o encerramento da parceria com a Embrapa, a FMT passou a conduzir seu próprio programa de melhoramento com o apoio financeiro da FACUAL (Fundo de Apoio à Cultura do Algodão), os primeiros materiais trabalhados pela instituição foram doados pela Embrapa, e eram linhagens em fase final de melhoramento (FREIRE et al., 2011).

O programa conta com uma estação de pesquisa localizada no município de Rondonópolis, e, as linhagens desenvolvidas são avaliadas em Petrovina, Sorriso, Campo Novo dos Parecis e Rondonópolis, já os materiais em fase final de avaliação além de serem avaliados nesses locais, são acrescidos de Sapezal e Itiquira. As primeiras cultivares lançadas pela FMT foram: FMT FETAGRI, FMT SATURNO, FMT 501, FMT 701, FMT 523, FMT 705, FMT 707 e FMT 709 (FREIRE et al., 2011).

Atualmente a FMT/TMG já disponibilizaram diversas cultivares, dentre as quais se destacam: TMG 81WS, TMG 82WS, TMG 42WS, TMG 43WS, TMG 11WS (MORELLO et al., 2015).

Em 2007, foi criado o Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMAmt), mantido pelo AMPA (Associação Matogrossense de Produtores de Algodão), cujo foco é desenvolver variedades produtivas, com bom rendimento e qualidade de fibra, com ênfase na resistência/tolerância às principais doenças e aos nematoides que incidem na cultura, realizando pesquisa, desenvolvimento e difusão de novas tecnologias para os produtores, em parceria com equipes nacionais e internacionais, seu campo experimental está localizado em Primavera do Leste, e, uma grande preocupação do IMAmt é desenvolver variedades nas versões convencional e transgênica, para que o produtor possa optar pelo uso ou não da tecnologia Bt (IMAMT, 2018).

As principais cultivares desenvolvidas pelo IMA-MT são: IMA CV 12, IMA 7501WS, IMA 7201 B2RF, IMA 6501 B2RF, IMA 5801 B2RF, IMA 6035 B2RF, IMA 8276 B2RF, IMA 5675 B2RF, IMA 5672 B2RF, IMA 2106 GL, IMACD 6001 LL, IMA 2106 GL, IMA 8405 GLT, (MORELLO et al., 2015; IMA-MT, 2018; GLOBO RURAL, 2018; AGRO OLHAR, 2018).

As principais características a serem melhoradas no algodoeiro são, arquitetura da planta, porcentagem de fibras, produtividade e as características tecnológicas da fibra, sendo, a produtividade característica de maior importância, porque, depende de vários fatores como frutificação, retenção de frutos, tamanho da cápsula, e quantidade de fibra por semente (FARIAS et al., 2008). De acordo com Carvalho, (2008), buscaram-se cultivares com as seguintes características de fibra: porcentagem de fibra (> 42%); uniformidade de comprimento (> 80%); resistência de fibra (> 30 gf/tex); comprimento em high volume instrument - HVI (> 30 mm); micronaire (3.9 a 4.2).

Para as condições de cerrado (MT/GO/BA/MA/RO/TO/MS/MG), além de aumento de produtividade e melhoria das características tecnológicas da fibra, destacam-se características específicas, como, a resistência as doenças (mancha angular, ramulose, fusarium, nematoides, alternariose e mofo branco), plantas com ciclo variando de médio a curto, arquitetura adequada para plantios adensados, além de fibras médias e longas, que apresente alta qualidade para fins de exportação (FREIRE et al., 2008).

Os principais programas de melhoramento em atuação no cerrado são o da Embrapa Algodão, o da Tropical Melhoramento e Genética (TMG), do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMA-MT), o da Deltapine/Monsanto e o da Bayer Seeds.

A EMBRAPA, lançou recentemente no mercado três novas cultivares transgênicas, indicadas para a região Centro Oeste, Oeste da Bahia, e demais estados do MATOPIBA. As cultivares BRS 430 B2RF, BRS 432 B2FR e BRS 433 FL B2RF, possuem alta produtividade, estabilidade de produção, fibra de qualidade superior, além de resistência às principais lagartas que atacam a cultura e ao herbicida glifosato, estes materiais já estão disponíveis aos produtores desde a safra 2017/18 (EMBRAPA, 2018).

A cultivar BRS 433 FL B2RF é o primeiro material de fibra longa transgênico no Brasil, apresenta comprimento de fibra superior a 32.5 mm, e elevada resistência, superior a 34 gf/te, são consideradas características ideais para fabricação de tecidos finos. As cultivares BRS 430 B2RF e BRS 432 B2FR apresentam produtividade média superior a quatro mil e quinhentos kg/ha de algodão em caroço, e a produtividade máxima pode ultrapassar seis mil quilos, o rendimento de fibra médio é de 40% e 42% respectivamente (EMBRAPA, 2018).

As principais cultivares transgênicas plantadas atualmente no Cerrado são: TMG 45 B2RF, DP555 BGRR, DP 1536 B2RF, FM 975 WS, FM 983 GLT, FM 940 GLT, TMG 81 WS, (FARIAS et al., 2015; SILVA FILHO et al., 2016).

### **2.2.1. Métodos de Melhoramento do Algodoeiro**

A seleção massal é feita através da identificação de indivíduos com características desejáveis, baseando-se apenas no fenótipo, a população original é avaliada e as plantas selecionadas irão compor a nova geração, pode-se realizar sucessivos ciclos de seleção, aumentando-se os alelos favoráveis na população, a eficiência do método é medida pela diferença do desempenho da população selecionada em comparação com o da população original, contudo, apesar de fácil execução, esse método apresenta desvantagens para as características de baixa herdabilidade, pelo fato da maioria das características de interesse econômico serem de origem poligênica (RESENDE et al., 2001; RESENDE, 2007; ROCHA et al., 2016).

Após a hibridação artificial entre os genitores escolhidos, as plantas das gerações F1 até F5 são colhidas todas juntas, retirando-se uma amostra de sementes para originar à próxima geração, após, 5 a 6 gerações a população apresentará alta taxa de homozigose sem perder a variabilidade genética, nesta etapa, faz-se a seleção de plantas individuais baseadas nos critérios agrônômicos desejados (EGEWARTH et al., 2015; BESPALHOK et al., 2017).

Na seleção genealógica, ou seleção de pedigree, as plantas são selecionadas individualmente com base no fenótipo, posteriormente é feito o estudo das progênes, que serão conduzidas sob autofecundação controlada, deste modo, plantas superiores são eleitas nas melhores progênes, estudando-se comparativamente sua descendência, até escolher uma linhagem superior, que será multiplicada como a nova cultivar (CRISÓSTOMO, 1989).

Nesse método, faz-se o controle de toda genealogia, permitindo excluir os indivíduos inferiores em gerações precoces e também controlar o grau de parentesco (BORÉM e MIRANDA, 2009). Após obter a população segregante, faz-se a seleção de plantas individuais a partir da geração F2, e a avaliação de cada progênie separadamente, assim, cada planta F2 selecionada será uma linha de F3, e assim por diante, a partir de F5, é feita levando-se em consideração o comportamento das famílias, onde as linhas superiores e uniformes devem ser colhidas separadamente e devem participar dos ensaios de rendimento nas etapas preliminar, intermediária e final (BRIGGS e KNOWLES, 1977; RAMALHO et al., 2001; EGEWARTH et al., 2015).

O método de seleção recorrente consiste no aumento de alelos favoráveis na população mantendo a variabilidade genética, o termo “recorrente” denota repetição dos procedimentos ciclo após ciclo de seleção, desta forma, o acúmulo de características favoráveis torna-se um processo contínuo, a seleção recorrente tem como pressupostos: a) o uso de uma população de base genética ampla; b) a inclusão do germoplasma mediante seleção; c) o uso da seleção cíclica para aumentar a frequência de alelos favoráveis para as características em seleção; d) as

populações como possíveis fontes de novas cultivares melhoradas (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1981).

Em Mato Grosso e Goiás, nos programas de melhoramento do algodoeiro desenvolvidos pela Embrapa, utiliza-se o método da seleção recorrente para obter populações que reúnam genes de resistência a doenças foliares e viroses, e também, características tecnológicas de fibras superiores aos padrões comerciais, sobretudo quanto ao comprimento e resistência das fibras (VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

O melhoramento de plantas autógamas por meio da hibridização parte do pressuposto da existência de divergências genética entre os genótipos, o objetivo desse método é, unir em uma nova linhagem pura, os alelos favoráveis pertencentes aos dois ou mais materiais, podem ser, cultivares comerciais, linhagens elite de programas de melhoramento, ou também, espécies relacionadas, os híbridos resultantes, podem ser dirigidos por autofecundações, até atingir homozigose e realizar a seleção de linhagens superiores.

Para a obtenção de linhagens puras por meio da hibridação segue-se os seguintes passos: a) seleção de parentais e hibridação; b) geração F1; c), condução de populações segregantes; d) seleção de plantas individuais; e) avaliação de linhagens puras em gerações avançadas; f) produção comercial de sementes da nova cultivar (BESPALHOK et al., 2017).

O melhoramento de plantas através do retrocruzamento é realizado a partir de uma série de cruzamentos da progênie de duas variedades selecionadas com um dos genitores, o genótipo que participa apenas do cruzamento inicial é denominado genitor doador ou não recorrente, e o outro genótipo, que participa de cruzamentos repetido é o genitor recorrente, esse método, é eficiente na incorporação de genes específicos em cultivares comerciais, com a recuperação da cultivar recorrente, é bastante utilizado na transferência de genes para resistência a doenças, e na obtenção de cultivares transgênicas (BORÉM, 1997; VIDAL NETO e FREIRE, 2013).

### **2.3. Parâmetros genéticos**

O sucesso do programa de melhoramento de qualquer espécie depende da escolha correta dos melhores indivíduos utilizados como genitores, sendo assim, a estimação de parâmetros genéticos é indispensável para sucesso deste programa (FARIAS NETO et al., 2013).

Pois permite ao melhorista conhecer a estrutura genética das populações, a natureza da ação dos genes envolvidos na herança do caráter, além de auxiliar na escolha de métodos a

serem utilizados nas etapas iniciais e avançadas do programa (COCKERHAM, 1956; FEHR, 1987; CRUZ e CARNEIRO, 2014).

A variância ambiental, fenotípica e genética, e a herdabilidade, são os parâmetros genéticos que mais interessam aos programas de melhoramento (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; RESENDE, 2002). A variância genotípica pode ser dividida em variância genética aditiva, dominância e epistática, a variância genotípica aditiva está relacionada aos efeitos médios dos genes, já a variância de dominância compreende as interações entre alelos de um mesmo loco, enquanto que, a variância epistática está atribuída as interações entre alelos de locos diferentes (VENCOVSKY, 1969; VIANA e GONÇALVES, 2005).

A variância genética aditiva é a propriedade genética mais importante de uma população, sendo a principal causa da similaridade entre parentes, sua importância está relacionada em mostrar o potencial da população para fins de seleção e melhoramento de determinado caráter, no entanto, a variância genética de dominância é importante quando deseja-se explorar a heterose ou vigor híbrido (NAMKOONG, 1979; FALCONER, 1987; CRUZ e REGAZZI, 2001).

A herdabilidade é expressa pelo grau de correspondência entre o fenótipo e o valor genético. É o parâmetro genético de maior importância nos programas de melhoramento, seu conhecimento orienta quanto as estratégias utilizadas no desenvolvimento de uma cultivar. O coeficiente de herdabilidade pode ser estimado no sentido amplo e restrito (FALCONER e MACKAY, 1996).

A herdabilidade no sentido amplo expressa a proporção da variância genética em relação à variância fenotípica total observada, é utilizada principalmente no melhoramento de espécies de propagação assexuada, enquanto que, a herdabilidade no sentido restrito é expressa pela razão da variância genética aditiva em relação a variância fenotípica, tem a finalidade de orientar o geneticista sobre a quantidade relativa da variância genética que é utilizada no melhoramento (FALCONER, 1972; VENCOVSKY e BARRIGA 1992).

As estimativas de herdabilidade permitem ao melhorista conhecer quanto do valor genético é expresso pelo fenótipo, logo, características de alta herdabilidade sofrem menos influência do ambiente, e elevam os ganhos esperados com a seleção (AZEVEDO et al., 2015).

Quando o efeito de genótipos é considerado fixo, a herdabilidade é expressa pelo coeficiente de determinação genotípico (YOKOMIZO e VELLO, 2000). Resende (2002), classifica os coeficientes de determinação genotípica como baixos (entre 10 e 40%), médios ou moderados (entre 40 e 70%) e altos (maior 70%).

O coeficiente de variação genotípica (CVg) é importante para o melhoramento, já que indica a magnitude de variação genética de uma característica (RESENDE, 2007). Estimativas de CVg acima de 10% são suficientes para praticar efetiva seleção (RESENDE, 2002).

Em uma outra interpretação, a relação CVg/CVe também pode ser usada para comparar a variabilidade genética da população, porém, sua principal finalidade é indicar se os materiais genéticos são favoráveis a seleção, relações próximas ou superiores a unidade são consideradas ideais para o processo seletivo (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

A acurácia seletiva reflete a correlação entre o valor genotípico verdadeiro e aqueles valores estimados, altos valores de acurácia indicam existência de variância genética entre os genótipos (RESENDE, 2002; MAIA et al., 2014). Baixos valores de acurácia são considerados obstáculos à obtenção de ganhos genéticos mais significativos no melhoramento (PIMENTEL et al., 2014). De acordo com Resende e Duarte (2007), valores de acurácia entre 70 e 90% são classificados como de alta precisão e valores acima de 90% de precisão muito alta.

#### **2.4. Índice de Seleção**

Para selecionar genótipos considerando uma combinação de características desejáveis, pode-se utilizar os índices de seleção, que permitem avaliar um agregado genotípico (FREITAS et al., 2014). Os índices, possibilitam reunir múltiplas informações contidas na unidade experimental, visando a seleção com base em conjunto de variáveis que reúna vários atributos de interesses econômicos (CRUZ e REGAZZI, 2001).

O índice de seleção é a combinação linear de vários valores fenotípicos, o qual resulta numa medida que concentra num único valor, os méritos e os deméritos de cada genótipo para vários caracteres (GARCIA e SOUZA JUNIOR, 1999). Porém, para seleção ser eficiente, o programa de melhoramento deve reunir e avaliar um conjunto de características agronômicas de importância econômica, e não somente basear-se em um ou poucos caracteres (CRUZ et al., 2014).

Portanto, o índice de seleção é um parâmetro genético considerado de caráter adicional, que permite agregar informações de interesse agrônomo pela combinação linear ótima de várias características, dos quais se almeja praticar a seleção simultânea (FREITAS et al., 2014; CRUZ et al., 2014). Entretanto, selecionar materiais superiores é tarefa difícil, pois, grande parte das características de interesse apresenta baixa herdabilidade (BÁRBARO et al., 2009; CRUZ, 2013).

Comparando-se os índices com a seleção direta, é notório que, sua utilização propicia resultados satisfatórios, de modo geral, o ganho direto sobre o caráter é reduzido, porém, há uma melhor distribuição de ganhos nas demais características. Deste modo, os índices representam uma alternativa de seleção rápida e eficiente, identificando os genótipos mais adequados aos objetivos do programa de melhoramento (CRUZ et al., 2014).

Diversos autores constataram a eficiência dos índices de seleção em diferentes culturas: Maracujazeiro-azedo (ROSADO et al., 2012), Eucalipto (REIS et al., 2015), Sorgo-sacarino (FRANÇA et al., 2016), Batata Doce (CAMARGO et al., 2016), Feijão-Caupi (RODRIGUES et al., 2016), Soja (SOUZA LEITE et al., 2016). No algodoeiro, os índices de seleção foram utilizados em algumas oportunidades: Farias, (2005), Carvalho et al., (2007), Resende et al., (2014), Albuquerque, (2017).

O exemplo de um índice seleção simples e de fácil utilização é o índice de ranks proposto por Mulamba e Mock (1978), muito utilizado quando se deseja a seleção simultânea de características.

O índice de Mulamba e Mock (1978), trata-se de uma técnica multivariada não paramétrica, que, constitui-se na ordenação de genótipos de modo hierárquico, primeiramente, são atribuídos valores absolutos mais elevados aos genótipos de melhor performance para cada característica, por fim, os valores aferidos a cada característica são somados, obtendo-se a soma dos “rank”, que compreende a classificação dos genótipos, ou seja, quanto menor for a soma, melhor é o desempenho do genótipo em relação às múltiplas características (RANGEL et al., 2011; SILVA e VIANA, 2012).

## **2.5. Interação genótipos x ambientes (GxA)**

O efeito da interação genótipos x ambientes é considerado um dos maiores desafios no melhoramento de plantas, pois, consiste no comportamento diferencial de um genótipo frente as variações do ambiente, desde modo, os melhores indivíduos em um ambiente podem não sê-lo em outro ambiente. Assim, este efeito pode ser um complicador na seleção, se não for considerado adequadamente (RESENDE et al., 2014).

Para Farias (2005), a interação GxA ocorre quando o desempenho dos genótipos não é igual nos vários locais, refletindo as diferentes sensibilidades dos genótipos diante da variação ambiental. Na maioria das vezes, os ambientes são distintos e há interação entre genótipos x ambientes, afetando o ganho com a seleção, deste modo, é necessário avaliar a magnitude e a natureza dessa interação, tais estimativas permitem a verificar o verdadeiro impacto de

seleção e asseguram alto grau de confiança na recomendação de genótipos para um determinado local ou grupo de ambientes (CRUZ et al., 2014).

Para que um genótipo seja lançado como cultivar, é necessário avaliá-lo em diversas condições ambientais, a fim de se obter informações seguras quanto ao seu desempenho, a probabilidade de aproveitamento dos efeitos da interação torna-se maior quanto mais adaptado for o genótipo e mais previsível for o ambiente, deste modo, na recomendação dos materiais deve-se buscar caracterizar ao máximo os ambientes de teste, possibilitando uma maior previsibilidade do ambiente do agricultor (CHAVES, 2001).

O programa de melhoramento do algodoeiro conduzido pela Embrapa-Algodão procura desenvolver cultivares produtivas com alta qualidade de fibras, e, para alcançar tais objetivos um grande número de materiais é testado anualmente em diferentes condições ambientais, a fim de verificar o efeito significativo da interação genótipo x ambiente (FARIAS et al., 2016).

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 genótipos de um ambiente para 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).

Para minimizar os efeitos da interação existem três medidas que podem ser adotadas:

- 1) identificar uma cultivar para cada ambiente: na prática, é uma atividade onerosa e demorada, visto a infinidade de ambientes e escassez de materiais;
- 2) realizar o zoneamento ecológico: é realizada a divisão de uma macrorregião em sub-regiões com características uniformes, afim, de evitar a ocorrência de interação GxA significativa, e
- 3) identificar cultivares com maior estabilidade fenotípica: mais utilizada pelos melhoristas, procura identificar genótipos promissores através de métodos de adaptabilidade e estabilidade (RAMALHO et al., 2012).

As análises de adaptabilidade e estabilidade são ferramentas estatísticas que propiciam distinguir as cultivares de comportamento estável e responsivas às variações ambientais, seja em condições específicas ou amplas (CRUZ et al., 2014).



### **2.5.1 Adaptabilidade e Estabilidade**

Como já discutido anteriormente, a interação G x A é um dos maiores desafios dos programas de melhoramento, especialmente na última fase, onde os materiais são selecionados e lançados no mercado. Portanto, as linhagens que possuem alto potencial produtivo devem ser avaliadas sob uma gama de condições ambientais, a fim de selecionar cultivares com ampla adaptabilidade e estáveis (CRUZ et al., 2014).

Para Darwin (1859), adaptabilidade é alcançada pelo indivíduo que deixa mais descendentes, ou seja, maior produção de grãos por área. A adaptabilidade deve ainda ser considerada sob duas formas: a adaptação no sentido amplo, onde as cultivares apresentam bom desempenho em quase todos os locais cultivados, e a adaptação no sentido restrito ou específico, em que as cultivares obtêm melhores desempenhos em uma determinada região de cultivo (ANNICCHIARICO, 2002).

A adaptabilidade e estabilidade de genótipos são características importantes. A adaptabilidade refere-se à capacidade dos genótipos aproveitar o estímulo do ambiente de forma vantajosa, e a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos mostrarem comportamento previsível de acordo com o estímulo do ambiente (CRUZ et al., 2014). Quanto à estabilidade, Lin et al, (1986), sugeriram quatro conceitos:

Tipo 1: o genótipo, é considerado estável se sua variância entre os ambientes for pequena, também considerada como estabilidade no sentido biológico e está relacionada ao desempenho constante de uma cultivar mesmo sob estímulos ambientais, pode ser medida por meio da estimativa da variância de cada cultivar, nos diferentes ambientes.

Este tipo de estabilidade é adequado para características que precisam ser mantidas em quaisquer ambientes, tais como, características de qualidade, resistência as doenças, ou estresse causado pelo frio. Contudo, a estabilidade no conceito biológico é comumente relacionada aos níveis consideravelmente baixos de produtividade, é também conhecida como estabilidade estática (BECKER e LEON, 1988).

Tipo 2: o genótipo é considerado estável quando apresenta resposta ao ambiente, paralela ao desempenho médio de todas as cultivares, nos diferentes experimentos, ou seja, o genótipo acompanha o desempenho médio obtido nos ambientes, é considerada a estabilidade tipo agrônômica, e tem sido bastante usada porque permite a identificação de genótipos estáveis e com potencial de manter-se entre os melhores em todos os ambientes.

Entretanto, esses materiais são restritos a essa condição, ou seja, é uma medida relativa e restrita não podendo ser generalizada, pois, uma cultivar estável em um determinado grupo de cultivares não necessariamente o será na presença de outros materiais (RAMALHO et al., 1993). Conforme Becker e Leon (1988), é considerada estabilidade dinâmica.

Tipo 3: o genótipo é considerado estável se o quadrado médio do desvio do modelo de regressão do índice ambiental for baixo (LIN et al., 1986).

Tipo 4: um quarto tipo de estabilidade foi proposto por Lin e Binns, (1988), em que permite a separação das variações ambientais em dois componentes: previsíveis e imprevisíveis, uma vez que a seleção de indivíduos, para um fator imprevisível, é impossível. Considerando esse conceito, uma cultivar é classificada como estável, quando o quadrado médio da interação genótipos x anos, dentro de locais, for de baixa magnitude, ou seja, pequeno.

### **2.5.2. Métodos de avaliação de adaptabilidade e estabilidade**

Existem diversos métodos que podem ser empregados para avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos, porém, os principais são baseados análise de variância, regressão linear simples; regressão linear bissegmentada; regressão quadrática; modelos não lineares; métodos não-paramétricos; métodos multivariados, como a análise de componentes principais (ACP), análise de agrupamentos; e métodos que unem a análise comum de variância a análise de componentes principais, por exemplo, a análise AMMI (POLIZEL et al., 2013).

Buscam-se por metodologias que expliquem melhor o comportamento dos genótipos frente às variações do ambiente, para escolha do melhor método deve-se considerar o conjunto de dados a serem analisados e a capacidade do método em apresentar respostas mais próximas da realidade, assim, algumas técnicas de análises tradicionais, baseados em análise de variância e regressão linear, possuem restrições para explicar grande parte da interação e, não fornecem informações detalhadas sobre interações específicas positivas ou negativas com ambientes (DUARTE e VENCOVSKY, 1999).

Atualmente, uma metodologia largamente utilizada para estimar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica é denominada GGE biplot, (genótipo + interação genótipo x ambiente), uma modificação da análise AMMI, proposta por Yan e Rajcan (2002), agrupa o efeito de genótipo, que é um efeito aditivo na análise AMMI, com a interação GxE, efeito multiplicativo e submete esses efeitos a um modelo multiplicativo de regressão para locais.

Na análise GGE, o gráfico biplot mostra o desempenho médio, a estabilidade de cada genótipo, e, também, o desempenho relativo de cada genótipo em cada ambiente, além de apoiar o pesquisador no melhor entendimento do ambiente de estudo, pois, fornece informações para estabelecer estratégias e testes de melhoramento de baixo custo, além de identificar genótipos superiores que são amplamente ou especificamente adaptados (YAN et al, 2007; YAN, 2011).

Conforme Mattos (2012), os gráficos do GGE biplot avaliam três particularidades importantes, são elas: a relação entre genótipo e ambiente, admitindo o agrupamento de genótipos e ambientes com desempenhos semelhantes, além, de evidenciar o genótipo com melhor performance e sua identificação em cada subgrupo de ambientes, considera ainda, a relação entre os ambientes, facilitando a identificação do melhor ambiente e recomendando qual ambiente é mais favorável; e, por fim, a interrelação entre genótipos, facilitando a comparação dos genótipos e a ordenação para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade (YAN e RAJCAN, 2002).

O GGE biplot é uma técnica bastante utilizada na avaliação de interação GxA, já foi empregado em diferentes culturas, Trigo (SILVA ROSSI et al.; 2011), Arroz (BUITRAGO et al.; 2011), Morango (COSTA et al.; 2016), Soja (JÚNIOR et al.; 2017), Açaí (NETO et al., 2018), Feijão-caupi (SOUZA et al.; 2018).

Na cultura do algodoeiro, ainda são escassos os trabalhos que utilizaram a metodologia GGE para avaliar a interação GxA, porém, já foi relatado em algumas oportunidades (FARIAS et al.; 2015), (FILHO, 2015), (SILVA, 2016), (SILVA FILHO et al.; 2017).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Material Genético

Os 16 genótipos utilizados são oriundos do Ensaio Regional de Cultivares de Algodoeiro proveniente do Programa de Melhoramento da Embrapa Algodão para as condições do Cerrado. A relação dos genótipos e os respectivos obtentores estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Relação e obtentores dos genótipos utilizados no Ensaio Regional de Cultivares de Algodoeiro para o Cerrado durante a safra 2008/2009.

<b>Sigla</b>	<b>Genótipos</b>	<b>Obtentores</b>
G1	BRS ARAÇA	EMBRAPA
G2	BRS BURITI	EMBRAPA
G3	BRS 286	EMBRAPA
G4	FMT 701	FUNDAÇÃO MT
G5	FM 993	BAYER
G6	FM 910	BAYER
G7	DELTA OPAL	DELTAPINE/MONSANTO
G8	IPR JATAI	IAPAR
G9	LD CV 05	LD MELHORAMENTO
G10	LD CV 02	LD MELHORAMENTO
G11	BRS CEDRO	EMBRAPA
G12	NUOPAL	DELTAPINE/MONSANTO
G13	CNPA MT 05 1245	EMBRAPA
G14	CNPA MT 04 2080	EMBRAPA
G15	CNPA MT 04 2088	EMBRAPA
G16	BRS 293	EMBRAPA

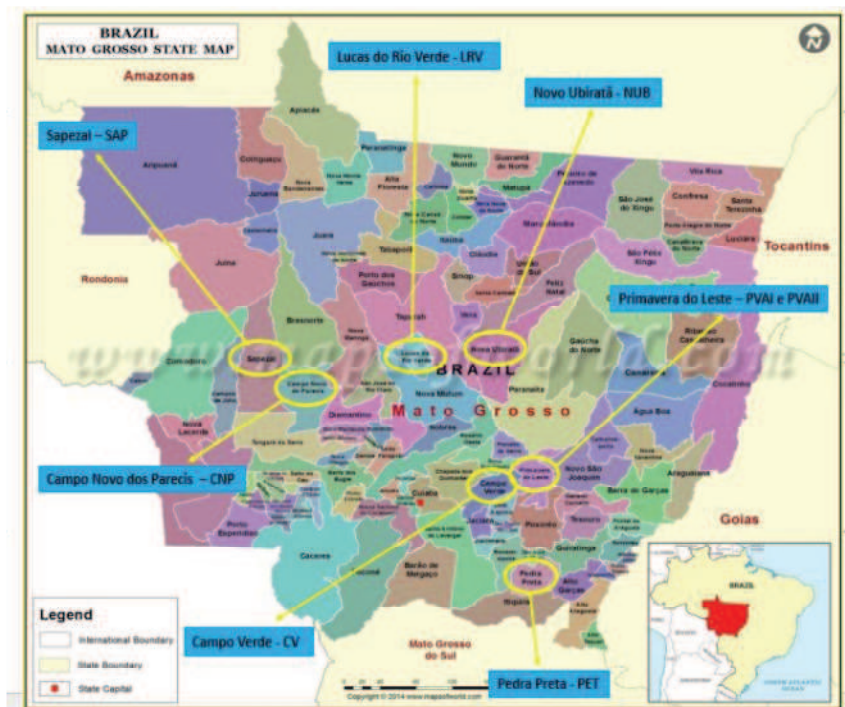
#### 3.2. Locais dos Experimentos.

Os experimentos foram conduzidos na safra 2008/09 em oito ambientes (locais) representativos de regiões algodoeiras do Estado do Mato Grosso: Primavera do Leste, Pedra Preta, Campo Verde, Lucas do Rio Verde, Sapezal, Campo novo dos Parecis, Nova Ubiratã e Primavera do Leste II (Figura 1). A relação dos locais e suas respectivas coordenadas geográficas e precipitações pluviométricas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Coordenadas geográficas e precipitação pluviométrica média anual dos locais de Mato Grosso-MT, onde foi realizado o Ensaio Regional de Algodoeiro para o Cerrado durante a safra 2008/2009.

Sigla	Locais	Coordenadas geográficas	Precipitação média anual (mm)
PVA	Primavera do Leste	15° 33' 35" sul. 54° 17' 46" oeste	636 mm
PET	Pedra Preta	16° 37' 23" sul. 54° 28' 26" oeste	850 mm
CV	Campo Verde	15° 32' 48" sul. 55° 10' 08" oeste	736 mm
LRV	Lucas do Rio Verde	13° 01' 59" sul. 55° 56' 38" oeste	399 mm
SAP	Sapezal	13° 32' 33" sul. 58° 48' 51" oeste	387 mm
CNP	Campo Novo dos Parecis	13° 40' 31" sul. 57° 53' 31" oeste	564 mm
NUB	Novo Ubitatã	12° 59' 26" sul. 55° 15' 17" oeste	396 mm
PVAII	Primavera do Leste II	15° 33' 32" sul. 54° 17' 46" oeste	636 mm

Fonte: Adaptado de (FARIAS et al., 2016).



Fonte: Adaptado do Google Imagens

Figura 1. Representação gráfica e localização dos ambientes do Mato Grosso-MT onde foi realizado o Ensaio Regional de Algodoeiro para o Cerrado durante a safra 2008/2009.

### 3.3. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, com espaçamento de 0,80 m entre linhas e densidade populacional de 110 mil plantas por hectare, cada parcela foi formada por quatro linhas de 5 m de comprimento, área útil de 9 m<sup>2</sup> composta por duas fileiras centrais. O controle de pragas e de plantas daninhas foram realizados quando necessário, de acordo com as recomendações para a cultura.

### 3.4 Variáveis utilizadas nas análises

Para a realização das análises propostas foram utilizadas as seguintes variáveis: PROD (Produtividade de algodão em caroço, Kg/ha), PF% (Porcentagem de Fibras, %), PRODF (Produtividade de Fibra, Kg/ha), COMP (Comprimento de Fibras, mm), STR (Resistência da fibra à ruptura, gf/tex) e MIC (Micronaire, IM).

### 3.5 Análise Estatística dos dados

Inicialmente efetuou-se a análise de variância individual para confirmar a existência de variabilidade genética entre os tratamentos, para as características avaliadas (PROD, PRODF, PF%, COMP, RES, MIC), de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{i,j} = \mu + g_i + b_j + \epsilon_{i,j}$$

Sendo, Y<sub>ij</sub>: valor fenotípico do genótipo i no bloco j,  $\mu$ : média geral do experimento, g<sub>i</sub>: efeito do genótipo i, b<sub>j</sub>: efeito do bloco j,  $\epsilon_{i,j}$ : erro experimental.

Tabela 3. Resumo do esquema de análise de variância individual segundo Cruz et al., (2012).

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	b -1	SQB	QMB	QMB/QMR
Genótipos	g -1	SQT	QMT	QMT/QMR
Resíduo	(b-1)(g-1)	SQR	QMR	
Total	(b*g)-1	SQT		

A partir das análises de variância individuais foram estimados os seguintes parâmetros genéticos e fenotípicos:

Componente de variância fenotípico:  $\sigma_f^2 = \frac{QMT}{r}$

Componente de variância ambiental:	$\sigma_e^2 = \frac{QMR}{r}$
Componente quadrático genotípico:	$\phi_g^2 = \frac{QMT - QMR}{r}$
Coeficiente de determinação genotípico:	$h_g = \frac{\phi_g^2}{\sigma_f^2} \times 100$
Coeficiente de variação ambiental:	$CV_a = \frac{\sigma_e^2}{m} \times 100$
Coeficiente de variação genotípico:	$CV_g = \frac{\phi_g^2}{m} \times 100$
Coeficiente de variação relativo:	$CVR_a = \frac{CV_g}{CV_a} \times 100$

Considerando que os ensaios analisados apresentam o mesmo número de parcelas conforme Pimentel-Gomes (1990), após verificada a relação entre o maior e o menor quadrado médio residual, foi realizada a análise de variância conjunta para verificar a presença da interação genótipos x ambientes. O modelo utilizado na análise de variância conjunta consiste em:

$$Y_{i,j} = \mu + (b/a)_{i,k} + g_i + a_j + ga_{i,j} + \epsilon_{i,j,k}$$

em que,  $Y_{ij}$ : valor fenotípico do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\mu$ : média geral;  $(b/a)_{jk}$ : efeito de blocos ( $k=1,2,\dots,r$ ) dentro de ambientes ( $j=1,2,\dots,q$ );  $g_i$ : efeito de genótipos ( $i=1,2,\dots,p$ );  $a_j$ : efeitos de ambientes ( $j=1,2,\dots,q$ );  $(ga)_{ij}$ : efeito da interação genótipos  $\times$  ambientes;  $\epsilon_{i,j,k}$ : erro aleatório. Tabela 4.

Tabela 4. Resumo do esquema da análise de variância conjunta considerando genótipos (fixo) e ambientes (aleatório), segundo Cruz et al, (2012).

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos e ambientes	a (r-1)	SQB	QMB	QMB/QMR
Genótipos (G)	g-1	SQG	QMG	QMG/QMR
Ambientes (A)	g-1	SQA	QMA	QMA/QMR
G x A	(g-1)(a-1)	SQGA	QMGA	QMGA/QMR
Resíduo	(b-1)(g-1)	SQR	QMR	
Total	(b*g)-1	SQTO		

As estimativas de parâmetros genéticos da análise conjunta foram obtidas a partir das seguintes expressões:

Componente de variância fenotípico:	$\sigma_f^2 = \frac{QMT}{r}$
Componente de variância ambiental:	$\sigma_e^2 = \frac{QMR}{r}$
Componente quadrático genotípico:	$\phi_g = \frac{QMG - QMR}{ak}$
Componente de variância da interação G x A:	$\sigma_{gk}^2 = \frac{QM_{ga} - QMR}{k}$
Coefficiente de determinação genotípico:	$h_g^2 = \frac{\phi_g^2}{QM_g/ak}$
Coefficiente de variação ambiental:	$CV_a = \frac{\sigma_e^2}{m} \times 100$
Coefficiente de variação genotípico:	$CV_g = \frac{\phi_g^2}{m} \times 100$
Coefficiente de variação relativo:	$CVR_a = \frac{CV_g}{CV_a} \times 100$

Para a obtenção do agrupamento de médias dos genótipos, foi utilizado o teste proposto por Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade, e, para obtenção do rank de genótipos com melhor desempenho foi utilizado o índice de Mulamba e Mock (1978).

### 3.6. Análise de adaptabilidade e estabilidade

Para o estudo da adaptabilidade e estabilidade de genótipos pelo modelo GGE foi realizada a análise da parte multiplicativa, pelo método SDV, da matriz de dupla entrada G + GA da seguinte forma:

$$G + GA_{(g+ga)} = [(g + ga)] = \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \delta_{jk} + \rho_{ij}$$

em que: G+GA (g+gxa) é a matriz dos efeitos dos g genótipos somados aos efeitos das interações dos g genótipos por a ambientes;  $\lambda_k$  é o valor singular do k-ésimo eixo da análise dos componentes principais;  $\gamma_{ik}$  e  $\delta_{jk}$  são os autovetores dos componentes principais genotípicos e ambientais para o k-ésimo eixo, respectivamente; k é o número dos componentes principais retidos no modelo; e  $\rho_{ij}$  é o ruído do ajuste do modelo multiplicativo.

A análise GGE, assim como a plotagem do gráfico com o primeiro e segundo componentes principais (biplot) foram realizadas por meio do Programa e Ambiente



estatístico R 2.15.2 (R CORE TEAM, 2012) utilizando o pacote GGEBiplotGUI (BERNAL e VILLARDON, 2012).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análises de variância individual e conjunta para as características agronômicas do algodoeiro

Os resultados da análise de variância individual para os caracteres avaliados evidenciaram diferenças significativas ( $P \leq 0.01$  ou  $P \leq 0.05$ ), pelo teste F, para os efeitos de genótipos para a maioria dos ambientes avaliados Campo Novo dos Parecis (CNP); Campo Verde (CV); Pedra Preta (PET); Primavera do Leste (PVA); Primavera do Leste II (PVAII); Sapezal (SAP), Novo Uiratã (NUB). Houve uma exceção apenas para o ambiente Lucas do Rio Verde (Tabela 5), onde houve efeito significativo apenas para a característica PF%. A presença da significância para genótipos, indica a ocorrência da variabilidade genética entre genótipos para esses caracteres.

A precisão experimental dos ensaios, avaliados através do coeficiente de variação ambiental (CVa%) variou de 6,05 % (Campo Novo dos Parecis) a 24,68% (Lucas do Rio Verde) para PROD; 6,84 % (Campo Novo dos Parecis) a 24,30% (Lucas do Rio Verde) para PRODF e 1,23% (Campo Verde) a 3,23% (Primavera do Leste II) para PF%. As altas estimativas de CVa,% para o ambiente LRV foi devido ao problema de estiagem ocorrido durante a condução do experimento.

Tais estimativas com valores dentro deste intervalo já foram observadas em ensaios nacionais e regionais conduzidos no Brasil (HOOGERHEIDE et al., 2007; FARIAS et al., 2015; SILVA FILHO et al., 2016; KAZAMA et al., 2016; CARVALHO et al., 2016; MORELLO et al., 2016; VASCONCELOS et al., 2018).

Entretanto, Almeida et al., (2017), obtiveram valores superiores para as características PROD (19,46%) e PF (3,34%) em um estudo de avaliação da produtividade de algodoeiro herbáceo submetido a déficit hídrico. Estes altos valores encontrados podem estar relacionados com o déficit hídrico conforme observados por Zonta et al., (2015), e Vasconcelos et al., (2016).

Com relação às médias dos ambientes para PROD, PRODF e PF%, foi observado entre todos os ambientes do estudo, que o ambiente PET (Tabela 6) proporcionou as maiores produtividades de algodão em caroço (6259,35 kg/ha), produtividade de algodão em pluma (2761,02 kg/ha) e porcentagem de fibras (44,15%), tal desempenho médio é explicado devido as ótimas condições climáticas e a adoção de altas tecnologias empregadas para o cultivo do algodoeiro nessa região. Enquanto que no ambiente LRV (Tabela 5) foram observadas as menores médias para as

Tabela 5. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características agronômicas: Produção de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibras (PRODF) e Porcentagem de fibras PF (%), referente aos locais Lucas do Rio Verde e Novo Uiratã – MT, safra 2008/2009.

		Lucas do Rio Verde – MT				Novo Uiratã – MT		
LOCAIS								
FONTES DE VARIAÇÃO	GL	PROD	PRODF	PF(%)	PROD	PRODF	PF(%)	
Blocos	3	387380ns	71870ns	2,2573ns	1031900,00*	150110,00ns	1,2025ns	
Genótipos	15	959000ns	81893ns	7,1444**	640380,00*	145240,00**	8,206**	
Resíduo	45	745360	148580	1,823	305950	56013	1,0019	
Média geral		3258,2593	1411,8895	43,3539	3542,3981	1466,5904	41,315	
CDDG		NST	2,7933	94,9723	52,2236	61,4357	87,7993	
(CVa) (%)		24,6847	24,3077	1,5532	15,6144	10,1841	2,4227	
(CVg) (%)		NST	2,0603	3,3754	8,1625	16,1374	3,2483	
Razão CVg/CVa		NST	0,0848	2,1713	0,5228	0,6311	1,3407	

Tabela 6, Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características agronômicas: Produção de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibras (PRODF) e Porcentagem de fibras PF (%), referente aos locais Pedra Preta e Primavera do Leste – MT, safra 2008/2009.

<b>QUADRADOS MÉDIOS</b>									
<b>LOCAIS</b>									
<b>Pedra Preta – MT</b>					<b>Primavera do Leste – MT</b>				
<b>FONTE DE VARIAÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>PROD</b>	<b>PRODF</b>	<b>PF(%)</b>	<b>PROD</b>	<b>PRODF</b>	<b>PF(%)</b>	<b>PROD</b>	<b>PRODF</b>
Blocos	3	5626100,00**	819910,00**	6,4541**	804000,00ns	127770,00ns	0,5574ns		
Genótipos	15	2171200,00**	498160,00**	7,7433**	864910,00**	181670,00**	6,1850**		
Resíduo	45	691800	133250	0,4802	304260	54694	0,8473		
Média geral		6254,3521	2761,0209	44,1521	4597,3482	1936,3710	42,0815		
CDDG		68,1367	73,2505	93,7984	64,8221	69,8932	86,3004		
(CVa) (%)		13,2987	13,2211	1,5695	11,9981	12,0776	2,1874		
(CVg) (%)		9,7235	10,9393	3,052	8,1435	9,201	2,7451		
Razão CVg/CVa		0,7312	0,8274	1,9445	0,6787	0,7618	1,2549		

características, PROD (3258,25 kg/ha) e PRODF (1411,88 kg/ha) respectivamente. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Farias et al., 2015; Silva Filho et al., 2016; e Morello et al., 2016.

No ambiente NUB (Tabela 5) verificou-se a menor média para PF (41,31%), é um valor médio aceitável nos programas de melhoramento conduzidos no Cerrado brasileiro, onde busca-se valores acima de 40% (FARIAS et al., 2015; SILVA FILHO et al., 2016; MORELLO et al., 2016).

Quanto à análise de variância conjunta (Tabela 7), observa-se que, para os caracteres PROD, PRODF e PF(%) todas as fontes de variação foram significativas ( $P \leq 0.01$  ou  $P \leq 0.05$ ). A significância da fonte de variação para genótipos indica a existência de variabilidade entre os mesmos, aspecto fundamental para que o melhorista possa atuar com sucesso no programa seletivo.

A significância da interação GxA evidencia que o comportamento das cultivares não foi consistente entre os diferentes ambientes. Os efeitos de ambientes foram responsáveis pela maior parte da variação entre os genótipos avaliados, seguidos pelos efeitos de genótipos e da interação respectivamente.

As estimativas dos CVa(%) médios para PROD, PRODF e PF(%) foram 12,57% e 12,81% e 1,99% respectivamente (Tabela 7). De maneira geral, as estimativas de CVa(%) obtidas indicam que em termos médios, a precisão experimental foi adequada, conforme a classificação proposta por Santos et al. (1999), que consideram valores baixos ( $CVa \leq 12,20\%$ ), médios ( $12,20\% \leq CVa \leq 28,54\%$ ) e alto ( $28,54\% \leq CVa \leq 36,73\%$ ). Tais estimativas garantem uma maior segurança na interpretação dos parâmetros genéticos que estão associados ao processo seletivo (FARIAS, 2005).

Estes resultados corroboram aos observados em outras oportunidades em ensaios semelhantes aos conduzidos nesta pesquisa (HOOGERHEIDE et al., 2007; FARIAS et al., 2015; SILVA FILHO et al., 2016; KAZAMA et al., 2016; CARVALHO et al., 2016; MORELLO et al., 2016; ALMEIDA et al., 2017; e VASCONCELOS et al., 2018).

Com relação às médias observadas na análise conjunta, foram obtidos os seguintes valores para as características agronômicas: PROD (4683,9449 kg/ha), PRODF (1999,2542 kg/ha) e PF% (42,5888%), estes valores mostram o elevado potencial produtivo dos genótipos. Para a característica PROD, foi observado resultado próximo ao obtido por Silva, (2016), que obteve uma produtividade média de 4679,64 kg/ha.

Enquanto que Farias et al., (2015), observou um valor médio para produtividade de algodão em caroço e porcentagem de fibras, de 4,300 kg/ha e 42,10%, respectivamente, no

Ensaio Nacional de Cultivares de Algodoeiro Herbáceo nas condições de cerrado, para safra 2013/14.

O comportamento diferenciado dos genótipos diante da variação ambiental para todos os caracteres agronômicos indicou a necessidade de se realizar um estudo detalhado da interação GxA visando identificar genótipos adaptados e estáveis (RAMALHO et al., 2012; CRUZ et al., 2014)

Tabela 7. Resumo da análise de variância conjunta e estimativas de parâmetros genéticos para as características: produtividade de algodão em caroço (PROD), produtividade de fibras (PRODF), porcentagem de fibras (PF%), comprimento de fibras (COMP), resistência da fibra à ruptura (RES) e índice de *micronaire* (MIC) para 16 genótipos avaliados em diferentes ambientes (locais) do Estado de Mato Grosso – MT, safra 2008/2009.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO					
		PROD	PRODF	%FIBRA	COMP	RES	MIC
Blocos	3	2062445*	284337 *	2,6*	0,7014	4,157	0,1532*
Ambiente	7	76415198**	15116901**	76,163**	14,2593**	98,573**	5,3814**
Genótipos	15	2247856**	699658**	52,713**	6,8029**	13,170**	0,7762**
Amb*Gen	105	659284 **	125612**	1,182**	0,7808*	3,273	0,0627
Resíduo	381	410471	75613	0,777	0,5599	2,699	0,0562
*: significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade							
<b>PARÂMETROS GENÉTICOS</b>							
CDG (%)		70,67	82,04	97,75	88,51	75,00	91,85
Acurácia (%)		84,06	90,58	98,87	94,08	86,60	95,84
CVa (%)		12,5765	12,8146	1,9994	2,4162	5,3793	5,2985
Média Geral		4683,9449	1999,2542	42,5888	30,8221	30,8294	4,5207

Neste aspecto, o melhorista pode usar diferentes metodologias para capitalizar a interação GxA e identificar genótipos que sofram menos influências das variações ambientais (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; RAMALHO et al., 2012 e CRUZ et al., 2014).

#### **4.2 Análise de variância individual e conjunta para as características de fibras**

Os resultados da análise de variância individual para os caracteres avaliados evidenciaram diferenças significativas ( $P \leq 0.01$  ou  $P \leq 0.05$ ), pelo teste F, para os efeitos de genótipos para a maioria dos ambientes avaliados.

Para a característica RES, foi observado efeito significativo apenas em alguns ambientes: Campo Verde - CV, Pedra Preta - PET, Sapezal - SAP, para a característica MIC, houve efeito significativo em Sapezal - SPA, Pedra Preta - PET, Lucas do Rio Verde - LRV, Novo Ubiratã - NUB, Campo Verde - CV, enquanto que para a característica COMP, apenas nos ambientes Lucas do Rio Verde - LRV (Tabela 8) e Campo Novo dos Parecis - CNP (Tabela 9) não foi observado efeito significativo.

A qualidade experimental dos ensaios avaliada através das estimativas de CVa%, variou para cada característica, 1,65% (Sapezal) a 3,02% (Primavera do Leste II) para COMP, 4,34% (Campo Verde) a 6,88% (Campo Novo dos Parecis) para RES, e, 3,99% (Pedra Preta) a 8,62% (Primavera do Leste II) para MIC.

Resultados semelhantes de estimativas de CVa% para características tecnológicas de fibras em algodoeiro foram observados por Bonifácio et al., (2017), 5,88%, 3,04%, 5,28%, para MIC, COMP e RES, respectivamente. Contudo, Carvalho et al., (2017), observou as seguintes estimativas: 4,0% (COMP), 5,53% (RES), 6,3% (MIC), enquanto que, no trabalho realizado por Hoogerheide et al., (2007), observou-se estimativas CVa% de: 5,8% 7,2% e 0,7%, para MIC, RES, COMP.

Quanto as médias dos ambientes para as características tecnológicas de fibras, COMP, RES e MIC, foi observado que todos os ambientes apresentaram comprimento médio de fibras superiores a 30,00mm para todos os genótipos, foram classificados como de elevada resistência (acima de 29,83 gt/tex) e apresentaram índices de micronaire superiores a 3,99 IM em todos os ambientes.

Merece destaque o ambiente Novo Ubiratã, que apresentou maior comprimento médio 31,35 mm. Os valores encontrados nesta pesquisa para comprimento de fibras são considerados ótimos para o programa de melhoramento do algodoeiro conforme Carvalho, (2008). Resultado inferior (29,00 mm) foi observado por Hoogerheide et al., (2007), enquanto



que, Morello et al., (2015), observou resultados semelhantes, entre 29,00 e 32,00 mm.  
Resultados semelhantes para comprimento de fibras

Tabela 8. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características tecnológicas de fibras: Comprimento de fibras (COMP), Resistência da fibra à ruptura (RES) e Índice de *Micronaire* (IM), referente aos locais Lucas do Rio Verde e Novo Ubitatã – MT, safra 2008/2009.

LOCALS	Lucas do Rio Verde – MT				Novo Ubitatã – MT			
	FONTE DE VARIAÇÃO	GL	COMP	RES	MIC	COMP	RES	MIC
Blocos	3	14,374ns	12,664ns	0,031ns	0,1739ns	1,947Ins	0,0169ns	
Genótipos	15	14,6290ns	16,686ns	0,2246*	0,9257**	3,5565ns	0,2376**	
Resíduo	45	13,629	11,322	0,1152	0,3198	2,2882	0,0585	
Média geral		30,1782	30,175	4,8656	31,3562	33,6562	4,3281	
CDG		67,3947	2,1953	71,1545	65,4544	35,6616	75,3636	
(CVa) (%)		2,4608	6,1678	4,8193	1,8034	4,9444	5,5902	
(CVg) (%)		1,769	0,462	3,7846	1,2412	1,6731	4,8887	
Razão CVg/CVa		0,7189	0,0749	0,7853	0,6882	0,3723	0,8745	

Tabela 9. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características tecnológicas de fibras: Comprimento de fibras (COMP), Resistência da fibra à ruptura (RES) e Índice de *Micronaire* (IM), referente aos locais Campo Novo dos Parecis e Campo Verde – MT, safra 2008/2009.

<b>QUADRADOS MÉDIOS</b>									
<b>LOCAIS</b>	<b>Campo Novo dos Parecis – MT</b>					<b>Campo Verde – MT</b>			
<b>FONTE DE VARIAÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>COMP</b>	<b>RES</b>	<b>MIC</b>	<b>COMP</b>	<b>RES</b>	<b>MIC</b>		
Blocos	3	1,5817ns	3,206ns	0,0923ns	0,6729ns	1,3763ns	0,0385ns		
Genótipos	15	1,157ns	3,474ns	0,0806ns	1,0978**	3,7752*	0,1730**		
Resíduo	45	0,733	45,436	0,0571	0,4398	1,719	0,0348		
Média geral		30,3884	30,9781	4,5094	30,2815	29,8651	4,4906		
CDG		36,6434	NST	29,2169	59,9397	55,0828	79,9001		
(CVa) (%)		2,8174	6,8808	5,2976	2,1898	4,3493	4,1520		
(CVg) (%)		1,0713	NST	1,7018	1,3394	2,4082	4,1391		
Razão CVg/CVa		0,3803	NST	0,3212	0,6116	0,5537	0,9969		

em algodoeiro já foram observados em outras oportunidades (COUTINHO et al., 2015; BONIFÁCIO et al., 2017; ALMEIDA et al., 2017).

Conforme Fonseca e Santana, (2002), os genótipos apresentaram resistência de fibra satisfatória em todos os ambientes de acordo com as exigências do mercado. O ambiente Pedra Preta apresentou a pior performance para a característica MIC, apresentando o maior valor médio de índice de micronaire, 4,91 IM, entre os ambientes do estudo.

Quanto à análise de variância conjunta (Tabela 7), observa-se que, para os caracteres COMP, RES e MIC a fonte de variação genótipos foi significativa ( $P \leq 0.01$  ou  $P \leq 0.05$ ) em todos os ambientes do estudo. Enquanto que, para fonte de variação interação genótipos x ambientes foi observado efeito significativo ( $P < 0,05$ ) apenas para o caráter COMP. Indicando que os materiais não apresentaram comportamento consistente nos diferentes ambientes para essa característica, justificando assim o estudo mais detalhado a fim de identificar os genótipos de maior adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

Com relação as médias dos ambientes obtidas na análise conjunta para as características tecnológicas de fibras COMP, RES e MIC, verificou-se que, o comprimento médio de fibras foi de 30,82 mm, enquanto que para o caráter resistência foi observado valor médio de 30,82 gt/tex. Esses valores são considerados satisfatórios conforme Fonseca e Santana, (2002), e evidenciam que tais genótipos possuem elevado potencial para esses caracteres.

Porém, para a característica MIC, foi observado valor médio de 4,52 IM, conforme Farias et al. (2015), valores entre 3,9 e 4,2 para índice de micronaire são considerados aceitáveis.

As estimativas de CVa(%) da análise conjunta para COMP, MIC e RES, evidenciaram a adequada precisão dos dados conforme Santos et al. (1999), foram observados os seguintes valores: 2,41% (COMP), 5,37% (RES) e 5,29% (MIC).

#### **4.3 Estimativas dos parâmetros genéticos para as características agrônômicas e de fibras**

Para as estimativas de CVg% foram observados valores de 2,06% para PRODF (Tabela 5) e 16,13% para PROD (Tabela 5) respectivamente, evidenciando que existe variação genética disponível para seleção desses materiais.

Nos estudos realizados por Carvalho et al., (2016), foi observado CVg% de 7,70%, concluindo que altas estimativas são desejáveis, pois, trata-se da magnitude da variação genética disponível para seleção.

Foram observadas altas estimativas de CDG (>50%) para todas as características agronômicas, com exceção apenas do ambiente LRV (Tabela 8A) para PROD (NST) e PRODF (2,79%), estimados através do coeficiente de determinação genotípico (CDG), tais estimativas são consideradas altas segundo Resende, (2009).

Os altos valores encontrados para CDG mostram que tais características possuem um alto controle genético, foram fixadas ao longo das sucessivas gerações de autofecundação e que esses materiais podem ser utilizados em cruzamentos por outros programas de melhoramento.

Merece destaque os altos valores de CDG observados para a característica PF%, superior a 90% na maioria dos ambientes, resultados inferiores foram observados por Carvalho et al., (2017), ao selecionar linhagens de algodoeiro para alto teor de óleo, verificou-se estimativas de  $h^2$  de 75,9% e 72,4% em Apodi (2013 e 2014), respectivamente.

Outras estimativas de CDG para diversas características de algodoeiro foram observadas por Khan et al. (2010), superior a 60%, Albuquerque, (2017), entre 20 e 90%, Resende et al. (2014), superior a 70%, Carvalho et al. (2016), 39%.

A relação  $CV_g/CV_a$  para todas as características agronômicas, apresentou valores próximos e superiores a unidade na maioria dos ambientes, indicando uma situação favorável a seleção, de acordo com Vencovsky, (1987), pois, valores próximos ou superiores a um é indicativo de obtenção de ganhos genéticos no processo seletivo. Valores próximos e superiores a um para relação  $CV_g/CV_a$  em algodoeiro foram observados por Queiroz et al. (2017), Carvalho et. (2017) e Albuquerque, (2017).

Com relação as estimativas de parâmetros genéticos para as características tecnológicas de fibras COMP, MIC e RES foram observados valores de coeficientes de determinação genotípico (CDG), inferiores a 50% para o caráter COMP (36,64%) apenas no ambiente Campo Novo dos Parecis (Tabela 9). Os demais ambientes apresentaram valores acima de 50%, considerados satisfatórios conforme Resende, (2002).

Para o caráter MIC apenas nos ambientes Primavera do Leste – PVA (Tabela 10), Primavera do Leste II (Tabela 11), e Campo Novo dos Parecis (Tabela 9) foi verificado estimativas de CDG inferiores a 50%. Enquanto que para a característica RES, apenas os ambientes Pedra Preta – PET (Tabela 10), Sapezal – SAP (Tabela 11) e Campo Verde – CV (Tabela 9) apresentaram valores de CDG superiores a 50%, para os demais ambientes foi observado estimativas de CDG inferiores a 50% para esse caráter.

Estimativas de CDG em algodoeiro para características de qualidade de fibras foram observados por diversos autores, Bonifácio et al., (2017), verificou valores de CDG de

60,75% (MIC), 92,90% (COMP) e 88,51% (RES), enquanto, Carvalho et al., (2017), observou os seguintes valores 85,4% (COMP), 72,2% (RES) e 74,0% (MIC).

Em outra explicação, foi verificado que a relação  $CV_g/CV_e$  foi próxima e superior a unidade para todas as características tecnológicas de fibras (COMP, MIC e RES), apenas no ambiente Sapezal - SAP (Tabela 11), enquanto que, no ambiente Campo Novo dos Parecis – CNP (Tabela 9), foi observado baixos valores de relação  $CV_g/CV_e$  para tais características. Conforme Vencovsky, (1987), relações próximas e superiores a um indicam situação favorável no processo seletivo

Tabela 10. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características tecnológicas de fibras: Comprimento de fibras (COMP), Resistência da fibra à ruptura (RES) e Índice de *Micronaire* (IM), referente aos locais Pedra Preta e Primavera do Leste – MT, safra 2008/2009.

<b>QUADRADOS MÉDIOS</b>									
<b>LOCAIS</b>		<b>Pedra Preta – MT</b>				<b>Primavera do Leste – MT</b>			
<b>FONTE DE VARIÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>COMP</b>	<b>RES</b>	<b>MIC</b>	<b>COMP</b>	<b>RES</b>	<b>MIC</b>		
Blocos	3	0,4191ns	0,1268ns	0,0135ns	0,5505ns	2,3143ns	0,0433ns		
Genótipos	15	1,9300**	5,7627**	0,1136**	1,9708**	4,6619ns	0,0568ns		
Resíduo	45	0,5094	2,1424	0,0387	0,7489	3,1691	0,0621		
Média geral		31,1229	29,8359	4,9156	31,3095	30,4671	4,5562		
CDG		73,6058	62,8231	65,9817	61,9985	32,0214	NST		
(CVa) (%)		2,2932	4,9057	3,9995	2,7640	5,8429	5,4698		
(CVg) (%)		1,9148	3,1886	2,7851	1,7652	2,0051	NST		
Razão CVg/CVa		0,835	0,65	0,6963	0,6386	0,3432	NST		

Tabela 11. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características tecnológicas de fibras: Comprimento de fibras (COMP), Resistência da fibra à ruptura (RES) e Índice de *Micronaire* (IM), referente aos locais Primavera do Leste II – MT e Sapezal - MT, safra 2008/2009.

<b>QUADRADOS MÉDIOS</b>									
<b>LOCAIS</b>		<b>Primavera do Leste II – MT</b>				<b>Sapezal – MT</b>			
<b>FONTE DE VARIÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>COMP</b>	<b>RES</b>	<b>MIC</b>	<b>COMP</b>	<b>RES</b>	<b>MIC</b>		
Blocos	3	0,5748ns	3,4144ns	0,1614ns	0,7342ns	1,0750ns	0,0179ns		

Genótipos	15	1,8241*	4,9333ns	0,1558ns	1,6714**	6,4160**	0,2097**
Resíduo	45	0,8722	2,8318	0,1188	0,2632	1,8372	0,0334
Média geral		30,9082	31,2093	3,9984	31,032	30,45	4,5
CDG		52,1823	42,5978	23,7268	84,2985	71,365	84,089
(CVa) (%)		3,0216	5,3919	8,6220	1,6533	4,4513	4,0588
(CVg) (%)		1,5783	3,3225	2,4044	1,912	3,5136	4,6654
Razão CVg/CVa		0,5223	0,4307	0,2789	1,1564	0,7893	1,1465



Com relação as estimativas de CVg%, foram observadas estimativas inferiores a 5% para todas as características de fibras, tais estimativas são esperadas, pois, os genótipos que compõem o ensaio regional de cultivares algumas são linhagens e cultivares, assim, os alelos já estão fixados para essas características devido as sucessivas etapas de seleção.

Foram observados valores superiores aos aqui encontrados para CVg% no trabalho de Resende et al., (2014), 11,00% (COMP), e 18,03 (MIC).

Através da análise de variância conjunta para os caracteres PROD, PROF, PF%, COMP, MIC, e RES (Tabela 7), foi observado valores de CDG superiores a 70%, corroborando com os resultados observados por Resende et al., (2014).

Entretanto, Carvalho et al., (2016), observou valor inferior (39%) para PROD, ao selecionar genótipos de algodoeiro com maior adaptabilidade e estabilidade. Merece destaque a característica PF% (97,75%), que apresentou maior estimativa de CDG, para esses resultados, é possível inferir que a seleção com base nessas características é bastante eficiente.

Valores semelhantes para estimativa de CDG em algodoeiro, foram observados por Queiroz et al., (2017), 57,85% (PROD) e 85,28% (PF%). Carvalho et al., (2017), também observou altas estimativas de CDG para as características tecnológicas de fibras, 82,1% (COMP), 72,7% (RES), 74% (MIC).

Foram observados valores de acurácias acima de 80% para todos os caracteres agrônômicos e de fibras (Tabela 7), evidenciando que há segurança para seleção dessas características, porém, vale destacar o valor encontrado para PF% (98,87%). Resende et al., (2014), também observaram altos valores de acurácia para acessos de algodoeiro, entre 89 e 94%. Mas, Carvalho et al., (2016), observaram acurácia de 62%, selecionados genótipos de algodoeiro quanto a estabilidade e adaptabilidade fenotípica.

#### **4.4. Índice de Seleção**

Na Tabela 6, encontra-se o índice de Mulamba e Mock (1978), e o agrupamento das médias dos genótipos a partir do teste de Scott Knott (1974) à 5% de probabilidade para as características: PROD, PRODF, PF%, COMP, RES, MIC.

Para o caráter PROD foram formados apenas três grupos, com destaque para o genótipo BRS BURITI (5043,6080 kg/ha), que apresentou maior média para o primeiro grupo, esta cultivar produz em média 4,868 kg/ha de algodão em caroço, foi lançada pela EMBRAPA para o uso no cerrado na safra 2005/2006, apresenta níveis adequados de resistência às principais doenças de ocorrência em condições de cerrado (MORELLO et al., 2006). O segundo grupo foi formado pelos genótipos BRS 286 (4419,3020 kg/ha) e DELTA OPAL

(4317,6560 kg/ha). Estes materiais tiveram grande aceitação por parte dos produtores do Cerrado da Bahia (FARIAS et al; 2015 e SILVA FILHO, et al., 2016).

Resultados superiores para produtividade de algodão em caroço foram observados por Farias et al., (2015), valores médios entre 6,069 kg/ha, e 5,315 kg/há, entretanto, Hoogerheide et al., (2007), estudando a estabilidade fenotípica de genótipos de algodoeiro no Estado do Mato Grosso observaram valores de 4,8932 até 5,4410 kg/há para essa característica.

Quanto à característica PF%, houve a formação de sete grupos, com destaque para CNPA MT 04 2080, que apresentou a maior percentagem de fibras, 44,3694%, desempenho semelhante para esta linhagem foi relatado por Pedrosa et al., (2011), ao estudar o comportamento de cultivares de algodão no cerrado da Bahia para a safra 2009/10, foi observado porcentagem de fibras acima de 46% para esta linhagem.

Todos os genótipos apresentaram valores de PF% acima de 40%, corroborando com os valores encontrados por outros autores, 42,8% (FARIAS et al., 2015), 42,6% (MORELLO et al., 2015), 43,5% (SILVA FILHO et al., 2016).

Para esse caráter, os valores aqui encontrados, são considerados altos, e, deve-se aos programas de melhoramento desenvolvidos para o Cerrado, que possuem progenitores de boas qualidades de fibras (CARVALHO, 2015). A PF% é um dos caracteres mais importantes dos programas de melhoramento da cultura, deve-se ao preço pago pela pluma, superior em média 3,5 vezes ao pago pelo algodão em caroço (COUTINHO et al., 2015).

Para a característica PRODF, verifica-se que, houve a formação de quatro grupos, com destaque para o genótipo FM 993, que apresentou média de 2142,9200 kg/ha, esta mesma cultivar apresentou desempenho superior ao ser avaliada em épocas distintas de semeadura em Ipameri, - GO, foram 3,683,25 kg/ha (1ª Época-01-12-07), 3,351,38 kg/ha (2ª Época-14-12-07). Enquanto que, os genótipos DELTA OPAL (1802,7140 kg/ha) e LD CV 02 (1588,2960 kg/ha) apresentaram menor produtividade de fibras.

Outros resultados de produtividade de fibras em algodoeiro foram relatados por Morello et al, (2015), foram observados valores entre 1,516 e 2,100 kg/ha ao estudar o desempenho de cultivares de algodoeiro no Cerrado do Estado da Bahia na safra 2013/2014. Enquanto que Farias et al., (2015), observaram resultados inferiores para PRODF, foram eles, 1,417 e 1,874 kg/ha, no Ensaio Nacional de Cultivares de Algodoeiro Herbáceo nas Condições do Cerrado – Safra 2013/2014.

Com relação ao caráter COMP, ocorreu a formação de quatro grupos com o genótipo FM 910, apresentando maior comprimento médio, 31,6222 mm no principal grupo, seguido

por BRS BURITI (31,4888 mm). Os genótipos LD CV 02 e LD CV 05 compõem o último grupo em destaque, apresentam comprimento médio de 30,1378 e 30,1316 respectivamente.

Todos os genótipos apresentaram comprimento médio de fibras superiores a 30 mm, classificados como algodão de fibra longa (FONSECA e SANTANA, 2002). Outros resultados para comprimento de fibras de algodoeiro foram encontrados por Farias et al., (2015), 29,7 mm e Silva filho et al., (2016) 30,6 mm. Porém, Carvalho et al., (2017), ao selecionar cultivares de algodoeiro para alto teor de óleo observou comprimentos de fibras variando de 28,1 mm à 29,9 mm.

O comprimento de fibra desempenha papel fundamental no índice de fiabilidade e na regularidade da distribuição das fibras no fio, afetando diretamente a resistência do fio (JERÔNIMO et al., 2014). Além, de determinar o preço pago pela pluma, quanto mais longa, melhor é a fibra, por proporcionar fios mais fortes e finos (KAZAMA et al., 2016).

Em relação a característica RES, ocorreu formação de dois grupos, sendo o principal grupo, composto pelos genótipos que possuem resistência superior a 31,2594 gt/tex, são eles: DELTA OPAL, FMT 701, LD CV 05, FM 993, FM 910 e CNPA MT 04 2088. O segundo grupo em destaque é formado pelos genótipos que apresentam valores médios superiores a 29,8938 gt/tex. Conforme Fonseca e Santana, (2002), para os resultados aqui encontrados, as fibras são classificadas como de elevada resistência (27-29 gt/tex) e resistência muito elevada (acima de 30 gt/tex).

Existem na literatura resultados semelhantes para resistência de fibras de algodoeiro 27 gf/tex a 30 gf/tex (FARIAS et al., 2015), 31,40 a 31,50 gf/tex (MORELLO et al., 2015), superior 30 g/tex (SILVA FILHO et al., 2016).

Quanto ao caráter MIC, ocorreu a formação de quatro grupos, o genótipo FMT 701 (4,8313), formou o grupo em destaque, obteve maior índice, apresentando a pior performance, seguido pelos materiais: LD CV 05 (4,7406), BRS 293 (4,6594), BRS CEDRO (4,6000) e FM 993 (4,5906). Todos os genótipos apresentaram valores de MIC superiores a 4,0, com destaque para o genótipo NUOPAL (4,2750 IM) que apresentou o menor índice de *micronaire*.

Nos programas de melhoramento da cultura, valores entre 3,9 e 4,2 são considerados aceitáveis (FARIAS et al., 2015). Para os resultados encontrados quanto ao índice de *micronaire*, os genótipos são classificados como de finura regular, conforme Fonseca e Santana, (2002). Resultados similares foram relatados por (MORELLO et al., 2015) 4,33IM, (BONIFÁCIO et al., 2015), 3,31 a 4,26, (ALBRECHT et al., 2018) 4,6. Porém, valores

inferiores a 3,5 indicam imaturidade da fibra, tornando o processo de fiação dificultado (ECHER, 2014).

O índice de seleção de Mulamba e Mock (1978) baseia-se na construção de um índice calculado pelo somatório dos postos ou ranking entre os genótipos para o conjunto de características avaliadas. Assim sendo, os genótipos com menores índices são aqueles que se destacaram como os de melhor classificação quando considerado os caracteres individualmente.

Na Tabela 6, observa-se que os genótipos ordenados de forma crescente com relação ao índice, destacando-se os genótipos FM 993 e FM 910 como os de melhor desempenho e conseqüentemente de melhor adaptação para o conjunto de ambientes de avaliação, em seguida, os genótipos CNPA MT 04 2080, BRS BURITI e CNPA MT 04 2088 com bom desempenho.

Os genótipos NUOPAL, FMT 701, BRS CEDRO, DELTA OPAL e CNPA MT 05 1245, podem ser considerados com um desempenho e adaptação mediana, enquanto os genótipos BRS ARAÇA, LD CV 05, BRS 293 e IPR JATAÍ, com uma baixa adaptação. Por fim, os genótipos BRS 286 e LD CV 02 não demonstraram adaptação para os ambientes avaliados, apresentando os piores resultados em termos de desempenho geral.

Resende et al., (2014), estudaram a divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra e concluíram que, o índice de Mulamba e Mock (1978), mostrou-se promissor, identificando três genótipos superiores à média geral, para, pelo menos, cinco características

Tabela 12. Estimativa de índice de seleção de Mulamba e Mock (1978), com teste de médias Scott-Knott (1974), para as características: Produção de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibras (PRODF), Porcentagem de fibras (PF%), Comprimento de fibras (COMP), Resistência da fibra à ruptura (RES) e Índice de *Micronaire* (MIC), em diferentes ambientes (locais) do Estado de Mato Grosso – MT, safra 2008/2009.

Genótipos	PROD	R	%F	R	PRODF	R	COMP	R	RES	R	MIC	R	Rank Total
FM 993	4889,3750 a	2	43,6591 b	5	2142,9200 a	1	31,1941 b	4	31,5719 a	4	4,5906 b	5	28
FM 910	4770,2790 a	8	44,0206 b	2	2105,0640 a	4	31,6222 a	1	31,3625 a	5	4,5844 b	7	30
CNPA MT 04 2080	4817,0420 a	4	44,3694 a	1	2138,3880 a	2	30,5828 c	11	30,7281 b	8	4,5656 b	8	35
BRS BURITI	5043,6080 a	1	41,9644 e	11	2116,0010 a	3	31,4888 a	2	30,4844 b	11	4,5844 b	6	39
CNPA MT 04 2088	4677,0900 a	12	43,9491 b	3	2060,0040 a	8	30,8844 c	7	31,2594 a	6	4,4969 b	10	43
NUOPAL	4763,8800 a	9	40,8669 f	14	1948,0060 b	12	31,3453 b	3	30,8719 b	7	4,2750 d	16	46
FMT 701	4860,0020 a	3	42,9178 c	7	2086,2070 a	7	30,2738 d	14	31,7125 a	2	4,8313 a	1	49
BRS CEDRO	4757,9200 a	10	43,8963 b	4	2092,9960 a	5	30,5753 c	12	30,6625 b	9	4,6000 b	4	53
DELTA OPAL	4317,6560 b	15	41,7947 e	12	1802,7140 c	15	31,1700 b	5	31,8000 a	1	4,4000 c	12	53
CNPA MT 05 1245	4726,9250 a	11	42,3850 d	9	2002,9980 b	10	30,6550 c	9	30,2969 b	12	4,3594 c	14	54
BRS ARAÇA	4787,1930 a	5	40,8125 f	15	1958,6480 b	11	31,0988 b	6	30,2250 b	14	4,3906 c	13	55
LD CV 05	4782,1090 a	6	42,8753 c	8	2053,9600 a	9	30,1316 d	16	31,5750 a	3	4,7406 a	2	57
BRS 293	4773,6790 a	7	43,6366 b	6	2087,9410 a	6	30,6313 c	10	29,8938 b	16	4,6594 b	3	59
JPR JATAI	4632,7390 a	13	41,6394 e	13	1929,4350 b	13	30,7891 c	8	30,2813 b	13	4,4219 c	11	66
BRS 286	4419,3020 b	14	42,3603 d	10	1874,4910 c	14	30,5744 c	13	29,9094 b	15	4,2969 d	15	68
LD CV 02	3924,3200 c	16	40,2738 g	16	1588,2960 d	16	30,1378 d	15	30,6484 b	10	4,5344 b	9	81
<b>MÉDIAS</b>	<b>4683,9449</b>	<b>-</b>	<b>42,5888</b>	<b>-</b>	<b>1999,2542</b>	<b>-</b>	<b>30,8221</b>	<b>-</b>	<b>30,8294</b>	<b>-</b>	<b>4,5207</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

#### 4.5. Método GGE biplot

Na interpretação dos gráficos GGE biplot são apresentados dois eixos (x e y) que correspondem a decomposição da interação G x A em componentes principais, assim o eixo x representa o componente principal 1 (CP1) e o eixo y o componente principal 2 (CP2). A soma dos percentuais em cada eixo indica quanto da interação está sendo explicado.

Na figura 2, verifica-se 40,4% para o CP1 e 28,12% para o CP2, assim, tem-se que o gráfico GGE biplot representado pela figura 2 explica um total de 68,52% da variação total da interação G x A para produtividade de algodão em caroço (PROD), enquanto que, para produtividade de fibra (PRODF), tem-se 88,94% (figura 3). Valores próximos ou superiores à 70 % são considerados muito bons.

Resultados semelhantes foram observados por Farias et al., (2016), ao estudar a estabilidade fenotípica de genótipos de algodoeiro no Estado do Mato Grosso via análises AMMI e GGE, verifica-se explicação de 69,10% da variação total da interação via método GGE. Enquanto que Silva, (2016), ao estudar a adaptabilidade e estabilidade de algodoeiro também via AMMI e GGE, captou 72,64% da variação total da interação, conforme o autor, o método GGE é de fácil interpretação, pois facilita a visualização direta dos mega ambientes.

Na figura 2 e 3, observa-se que, houve uma distribuição relativamente homogênea dos genótipos em relação ao ponto central do gráfico, demonstrando uma baixa contribuição para a interação e conseqüentemente uma boa estabilidade quanto à produtividade de algodão em caroço e produtividade de algodão em fibras no conjunto de ambientes, com exceção dos genótipos G2 (BRS BURITI), G7 (DELTA OPAL) e G10 (LD CV 02).

Verifica-se, que os genótipos DELTA OPAL e LD CV 02 apresentaram um baixo rendimento quanto ao seu desempenho médio para as características avaliadas na média dos ambientes, indicando baixa adaptabilidade e estabilidade e, portanto, inadequação ao cultivo na região.

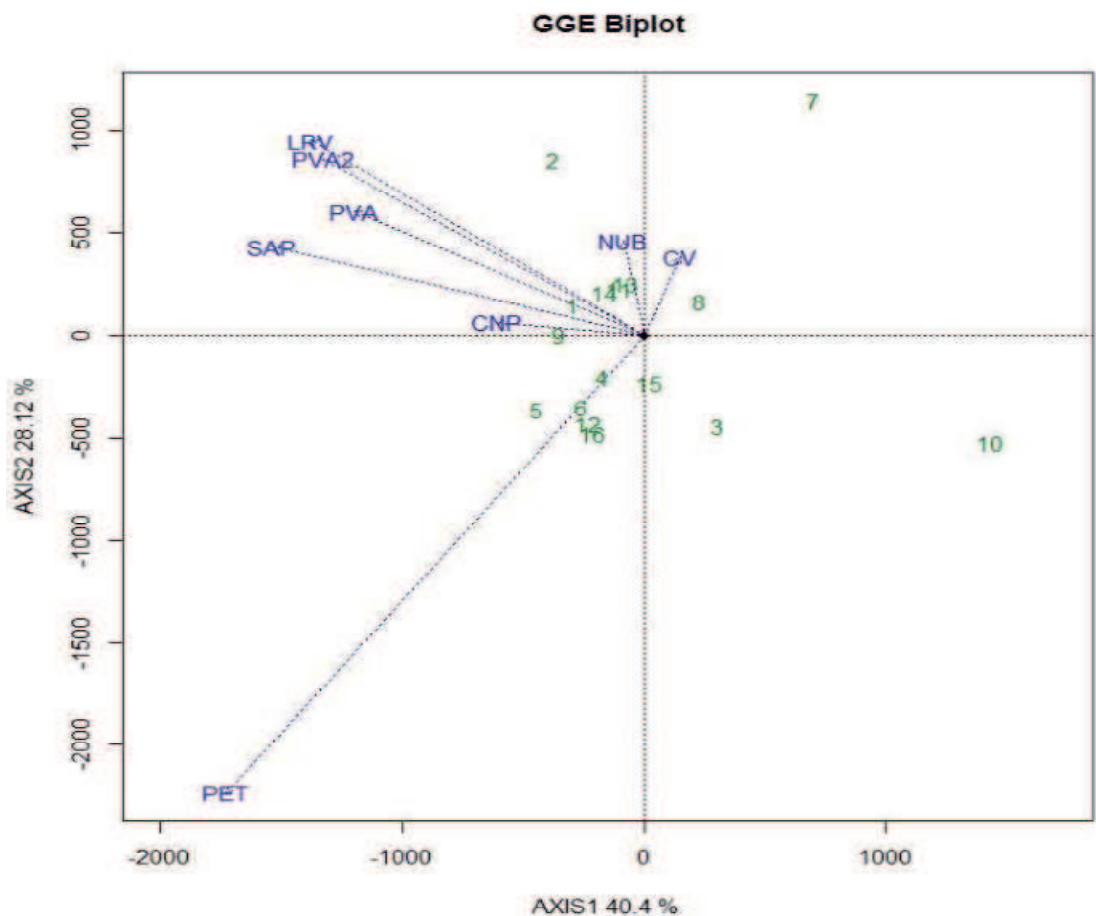
Com relação ao genótipo BRS BURITI, este apresentou o 4º melhor desempenho quando considerado o índice de seleção de Mulamba e Mock, entretanto, pela metodologia do GGE Biplot foi evidenciado uma baixa estabilidade, este genótipo pode ser considerado também inadequado ao cultivo na região, sendo este resultado gerado provavelmente pela adaptação maior a alguns ambientes específicos do conjunto de avaliação.

Quanto aos ambientes, observa-se uma baixa contribuição para a interação dos ambientes Campo Verde, Novo Ubiratã e Campo Novo dos Parecis. Mediana contribuição para os ambientes Primavera do Leste, Primavera do Leste II, Sapezal e Lucas do Rio Verde, e

uma alta contribuição do ambiente Pedra Preta. Deste modo, quanto menor a contribuição dos ambientes, menor os efeitos destes sobre a variação do desempenho produtivo dos genótipos e mais próximo é o desempenho destes com a média geral dos ambientes.

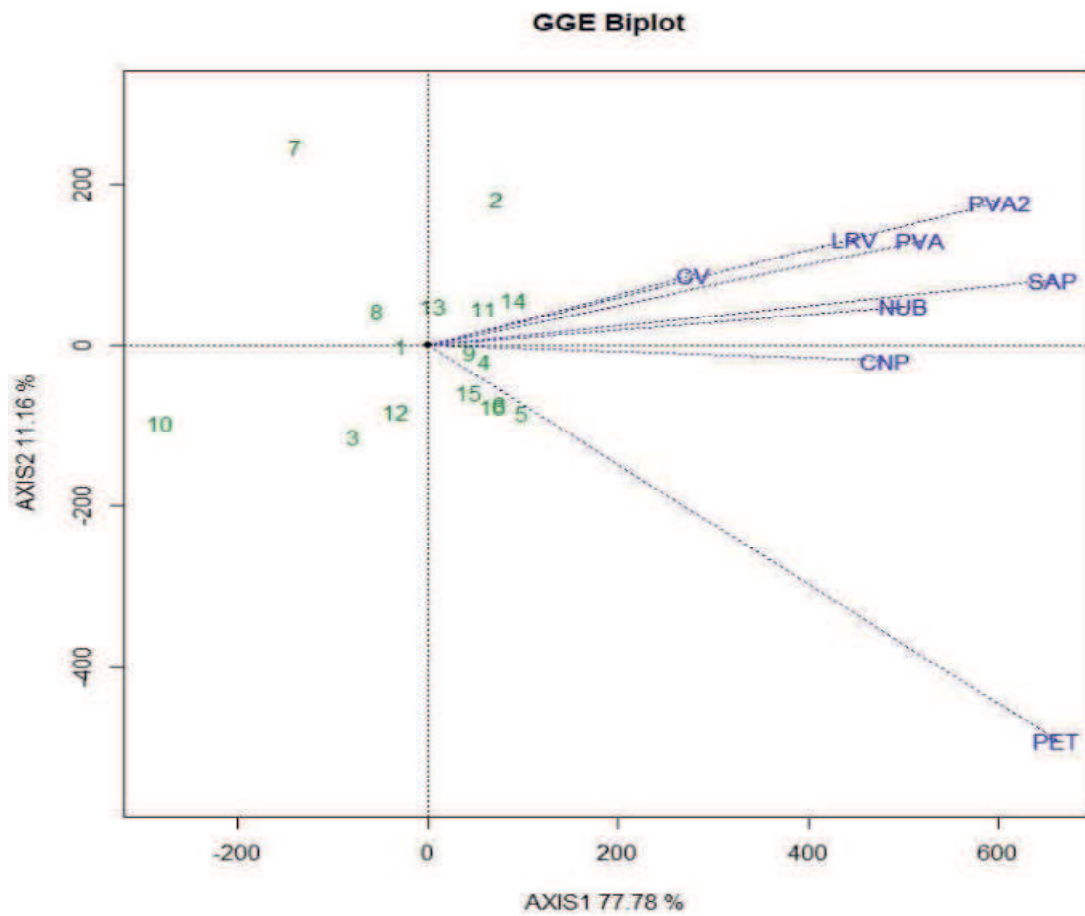
Verifica-se também, um elevado agrupamento de genótipos em um mesmo quadrante, sendo este agrupamento produzido por similaridades destes ambientes quanto aos seus efeitos no ranqueamento dos genótipos, indicando similaridades quanto as variáveis edafoclimáticas e de manejo, sendo o ambiente Pedra Preta – PET, o mais divergente destes.

Corroborando com os resultados observados por Farias et al., (2016), verifica-se semelhança de instabilidade para o ambiente PET, ao avaliar um conjunto de ambientes semelhantes. Conforme os autores, tais resultados são explicados pelas condições edafoclimáticas de cada ambiente, que mostram diferenças de altitude, latitude e longitude, sendo a precipitação o maior diferencial entre os ambientes, e, o ambiente PET apresenta maior volume de precipitação comparado os demais.



CV: Campo Verde, NUB: Novo Ubiratã, CNP: Campo Novo dos Parecis, LRV: Lucas do Rio Verde, PVA: Primavera do Leste, PVAII: Primavera do Leste II, SAP: Sapezal, PET: Pedra Preta

Figura 2. Representação gráfica do GGE Biplot para característica produtividade de algodão em caroço – PROD, de 16 genótipos avaliados no Estado do Mato Grosso – MT.



CV: Campo Verde, NUB: Novo Ubitatã, CNP: Campo Novo dos Parecis, LRV: Lucas do Rio Verde, PVA: Primavera do Leste, PVAII: Primavera do Leste II, SAP: Sapezal, PET: Pedra Preta

Figura 3. Representação gráfica do GGE Biplot para a característica produtividade de algodão em fibras – PRODF, de 16 genótipos avaliados no Estado do Mato Grosso – MT.



## 5. CONCLUSÕES

1. Existe variabilidade genética entre os genótipos para as características agronômicas e de qualidade de fibras, podendo serem utilizados para cruzamentos em outros programas de melhoramento do algodoeiro visando a incorporação de características específicas;
2. As altas estimativas de CDG observadas para todas as características, indica a existência de variabilidade suficiente para obtenção de ganhos em novos ciclos de seleção;
3. A utilização do índice de Mulamba e Mock permite auxiliar na seleção dos genótipos de melhor desempenho e adaptação ao conjunto de ambientes, mostrando-se eficiente e de fácil interpretação para a cultura do algodoeiro.
4. A metodologia GGE biplot foi eficiente para capitalizar a interação GxA e selecionar os genótipos e ambientes mais estáveis e adaptados quanto as características produtividade de algodão em caroço e produtividade de algodão em fibras.
5. O genótipo BRS BURITI não pode ser recomendado para o cultivo na região, pois, apesar de apresentar bom desempenho, é considerado instável.

## REFERÊNCIAS

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; PAIOLA ALBRECHT, A. J. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**. (on-line) – 2018.  
<http://www.redalyc.org/html/995/99515223003/>.

ALBUQUERQUE, R. R. S. de. **Seleção de genótipos de algodoeiro de fibra colorida para as condições da região semiárida do Nordeste**. Dissertação (Melhoramento Genético de Plantas) - 65f. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande – PB. 2017.

ALMEIDA, R. S. A. B.; PEREIRA, J. R.; AZEVEDO, C. A. V.; ARAÚJO, W. P.; ZONTA, J. H.; LIMA, R. F. de. Algodoeiro herbáceo submetido a déficit hídrico: Qualidade da fibra. **ACSA**, Patos-PB, v.12, n.3, p.251-257, julho-setembro, 2016, ISSN: 1808-6845.

AMPA: Associação Matogrossense dos produtores de algodão. **História do Algodão**. Disponível em: <[http://www.sincti.com/clientes/ampa/site/qs\\_historia.php](http://www.sincti.com/clientes/ampa/site/qs_historia.php)>. Acesso em: 20-1-2018.

ANNICCHIARICO, P. **Genotype x environment interaction: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendation**. FAO Plant Production and Protection (Paper No. 174) - 2002.

AZEVEDO, A. M.; ANDRADE, J. V. C.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; OLIVEIRA, C. M. Desempenho agrônômico e parâmetros genéticos em genótipos de batata-doce. **Horticultura Brasileira** - 2015. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000100014>.

BÁRBARO, I. M.; MAURO, A. O.; CENTURIM, M. A. P. C.; MACHADO, P.C.; BÁRBARO JUNIOR, S. B. Análise genética em populações de soja resistentes ao cancro da haste e destinadas para áreas de reforma de canavieiras. **Colloquium Agrariae**. 07-24p. 2009.

BECKER, H. C.; LEON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**. 1988. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0523.1988.tb00261.x>.

BELTRÃO, N. E. de M. **Componentes da produção na cotonicultura: uma visão integrada**. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 3. 2001, Campo Grande. Anais. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2001. p.605- 608.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed) **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2nd Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2008, p.413-430.

BERNAL, E. F.; VILLARDON, P. G. **GGEBiplot GUI**: interactive GGE Biplot in RSalamanca, Spain. 2012. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=GGEBiplotGUI>. Acesso em 10-01-2018.

BESPALHOK, F. J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Melhoramento de plantas autógamas por hibridação. In: BESPALHOK, F. J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Melhoramento de Plantas**. Disponível em <  
<http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/capitulo%207.pdf>> Acesso em 23 de dezembro de 2017.

BONIFÁCIO, D. O. C.; MUNDIM, F. M.; SOUZA, L. B. Variabilidade genética e coeficiente de determinação em genótipos de algodoeiro quanto a qualidade da fibra. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil) v. 10, n.3, p 66 - 71, jul-set, 2015. DOI:<http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i3.3618>.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa. MG: UFV. 2009. 529 p.

BRIGGS, F. N.; KNOWLES, P. F. Introduction to Plant Breeding. Davis: **Reinhold Publishing**. 426p. 1977.

BUITRAGO, I. C.; INTIRE, E. Q. M.; MENDOZA, R. G. Identificação de ambientes representativos e discriminatórios para selecionar genótipos de arroz através do GGE Biplot. **Agronomía Mesoamericana**. vol.22 n.2 San Pedro dezembro de 2011.

CAMARGO, L. K. P.; RESENDE, J. T. V.; A, F. M.; CAMARGO, C. K.; MURCHAIDT, S. M. Uso de índice de seleção na identificação de genótipos de batata doce com diferentes aptidões. **Horticultura Brasileira**. vol.34 n°4 Vitória da Conquista Oct./Dec. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620160410> .

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

CARVALHO, L. P. 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. 2008. p. 251-270.

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**. vol. 75. n° 3. Julho-Setembro. 2016. pp. 314-321. São Paulo – SP. Campinas. Brasil.

CARVALHO, L. P.; RODRIGUES, J. I. S.; FARIAS, F. J. C. Seleção de linhagens de algodão para alto teor de óleo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.52, n.7, p.530-538, jul. 2017 DOI: 10.1590/S0100-204X2017000700007.

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 n°4. Santa Maria. Abril de 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr2013023>.

CARVALHO, L. P.; SANTOS, J. A. T.; ALVES, H. S. **Índice de seleção baseada em ganhos desejados e seleção baseada em níveis independentes de eliminação em algodoeiro**. VI Congresso Brasileiro do Algodão. Uberlândia – Minas Gerais. 2007.

CHAVES, L. J. Interação de genótipos com ambientes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento – plantas**. Rondonópolis: Fundação MT. 2001. p. 673-713.

COCKERHAM, C. C. Effects of linkage on the covariances between relatives. **Genetics Betscheda**. v.41. p.138-141. 1956.

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento. **A Cultura do Algodão: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2006/07 a 2016/17**. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_06\\_06\\_11\\_19\\_13\\_8\\_compendio\\_de\\_estudos\\_conab\\_algodao\\_-\\_volume\\_8\\_2017.pdf](https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_06_06_11_19_13_8_compendio_de_estudos_conab_algodao_-_volume_8_2017.pdf)>. Acesso em 20-11-17.

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim de grãos**. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_07\\_12\\_11\\_17\\_01\\_boletim\\_graos\\_julho\\_2017.pdf](https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_julho_2017.pdf). Acesso em 21-01-2018.

COSTA, A. F.; TEODORO, P. E.; BHERINGH, L. L.; LEAL, N. R.; TARDIN, F. D.; DAHER, R. F. Biplot analysis of strawberry genotypes recommended for the State of Espírito Santo. **Genetics and Molecular Research**. 2016, gmr.15038919. DOI <http://dx.doi.org/10.4238/gmr.15038919>.

COUTINHO, C. R., ANDRADE, J. A. S., PEGARARO, R. F. Produtividade e qualidade de fibra de cultivares de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) na região do semiárido mineiro. **Essentia**, Sobral, v. 16, n. 2, p. 62-82, Jan/Jun. 2015.

COUTINHO, T. C.; GUIMARÃES, M. A.; VIDAL, M. S. Determinação da diversidade genética entre acessos de algodão por meio de marcadores microssatélites. **Bioscience Journal**. Uberlândia. v. 30. n. 5. p. 1447-1458. Setembro/Outubro 2014.

CRISÓSTOMO, J. R. **Avaliação da estrutura e do potencial genético de uma população de algodoeiro (G. hirsutum L.) parcialmente autógama**. 1989. 191 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”. Piracicaba.

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

DARWIN, C. On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. London: **John Murray**. 1859.

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 1999. 60p.

ECHER, F. R. **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes**. Instituto Mato-Grossense do Algodão – IMAmt. Boletim de P&D, 1. p. 123. Cuiabá - MT, 2014.

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

EGEWARTH, V. A.; FERREIRA, S. D.; TSUTSUMI, C. Y. MÉTODOS DE MELHORAMENTO DE TRIGO. **Journal of Agronomic Sciences**. Umuarama. v.4. n. especial. p. 318-331. 2015.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Produção Embrapa**. Disponível:<[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducao16\\_1galceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaoId=7718&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicoId=7985](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7718&p_r_p_-996514994_topicoId=7985) 2017>. Acesso em 10-01-2018.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1987. p. 279.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. Introduction to quantitative genetics. 4<sup>a</sup> ed. New York: **Longman**. 1996. 464p.

FARIAS NETO, J. T.; CLEMENT, C. R.; RESENDE, M. D. V. de. Estimativas de parâmetros genéticos e ganho de seleção para produção de frutos em progênies de polinização aberta de pupunheira no Estado do Pará, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.72, n. 2, p.122-126, 2013.

FARIAS, F. J. C. **Índice de seleção em cultivares de algodoeiro herbáceo**. Tese (Doutorado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) - 121 f. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2005.

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**. 2016. DOI <http://dx.doi.org/10.4238/gmr.15028009>.

FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; BÉLOT, J. L. Caracteres de importância econômica no melhoramento do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. (Ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p. 413-429.

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**. Brasília. v. 31. n. 12. p. 877-883. 1996.

FARIAS, F. J. C.; SILVA FILHO, J. L.; MORELLO, C. L.; SUASSUNA, N. D.; RIBEIRO, J. L.; CARVALHO, L. P.; SANTOS, J. W.; FILIPIAKE, A. L. **Ensaio nacional de cultivares de algodoeiro médio precoce nas condições do cerrado - safra 2012/13**. 10<sup>o</sup> Congresso Brasileiro do Algodão, 2015, Foz do Iguaçu. Resumos. Brasília, DF: ABRAPA, 2015.

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

FEHR, W. R. Principles of cultivar development - theory and technique. 2. ed. New York **Macmillan Publishing Co**. 1987. 536p.

FILHO, A. L. **Dissimilaridade de ambientes no melhoramento do algodoeiro**. Genética e Melhoramento de Plantas. Dissertação. 69p. Universidade Federal de Lavras – UFLA, Minas Gerais - 2015.

FONSECA, R. G.; SANTANA, J. C. F. **Resultados de Ensaio HVI e Suas Interpretações (ASTM D-4605)**. Circular técnica, nº 66. Embrapa. Campina Grande – PB, 2002.

FRANÇA, A. E. D.; PARRELA, R. A. C.; SOUZA, V. F.; BASTOS, G. Q.; NUNES, J. A. R. N.; SCHAFFERT, R. E. Seleção simultânea em progênies de sorgo-sacarina por meio de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.51, n.10, p.1737-1743, out. 2016 DOI: 10.1590/S0100-204X2016001000005.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. de L.; FARIAS, F. J. C. **Melhoramento do Algodoeiro e cultivares obtidas para o cerrado**. In: Algodão no Cerrado do Brasil. 2ª Edição Revisada e Ampliada. Mundial gráfica. Aparecida de Goiânia – GO. 2011.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; FILHO, J. L. S.; NETO, F. C.V.; PEDROSA, M. B.; SUINAGA, F. A.; COSTA, J. N.; ANDRADE, F. P. Objetivos e métodos usados nos programas de melhoramento do algodão. *In*: BELTRÃO, N.E. de; AZEVEDO, M.P. de. Eds. **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2ºed.. Brasília.Embrapa Informação Tecnológica. 2008. p.301-323.

FREITAS, I. L. J.; JÚNIOR, A. T. A.; FREITAS, J. R, S. P.; CABRAL, P. D. S.; RIBEIRO, R. M.; GONÇALVES, L. S. A. Genetic gains in the UENF-14 popcorn population with recurrent selection. **Genetics and Molecular Research**. Ribeirão Preto. v. 13. n. 1. p. 518-527. 2014.

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

GARCIA, A. A. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Comparação de índices não paramétricos para seleção de cultivares. **Bragantia**, v. 58, n. 2 , p. 253-267, 1999.

GUIMARÃES, H. A.; RODRIGUES, J. O.; FERRAZ, Y. T.; MARIANO, D. C.; OKUMURA, R. S. Adubação nitrogenada de cobertura em diferentes estádios fenológicos e cultivares de algodão em Tangará da Serra-Mt. **Agroecossistemas**. v. 9. n. 1. p. 2 – 10. 2017. ISSN online 2318-0188.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. Quantitative genetics in maize breeding. Ames: **Iowa State University**. 1981. 468p.

HOOGERHEIDE, E. S. S.; FARIAS, F. J. C.; VENCOVSKY, R.; FREIRE, E. C. Estabilidade fenotípica de genótipos de algodoeiro no Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.5, p.695-698, maio 2007.

IAC: Instituto Agrônomo de Campinas. **Cultivares de Algodão**. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/resultados\\_quantitativos\\_view.php?pesquisa=Algodão](http://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/resultados_quantitativos_view.php?pesquisa=Algodão)>. Acesso em: 25/10/2017.

IMAMT: Instituto Matogrossense do Algodão. **O IMA-MT**. Disponível em: <<http://www.imamt.com.br/home/paginas/1/>> Acesso em: 16-1-18.

JERÔNIMO, J. F.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, O. R. R.; BRANDÃO, Z. N.; SOFIATTI, V.; GOMES, J. P. Qualidade da semente e fibra de algodão na caracterização do descaroçador de 25 serras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. R. v.18, n.6, p.664-671, 2014.

JÚNIOR, E. U. R.; BROGIN, R. L.; GODINHO, V. P. C.; BOTELHO, F. J. E.; TARDIN, F. D.; TEODORO, P. E. Identificação de genótipos de soja com alta estabilidade para a macro-região brasileira 402 através de análise biplot. **Genetics and Molecular Research: gmr** 16039786. 2017. DOI: 10.4238/gmr16039786.

KAZAMA, E. H., FERREIRA, F. M., SILVA, A. R. B. da., FIORESE, D. A. Influência do sistema de colheita nas características da fibra do algodão. **Rev. Ceres**, vol.63 no.5 Viçosa Sept./Oct. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201663050006>.

KHAN, N. U.; MARWAT, K. B.; HASAN, G. Genetic variation and heritability For cotton seed. fiber and oil traits in *G. hirsutum*. **Pakistan Journal of Botany**. Islamabad. v. 42. n. 1. p. 615-625. 2010.

LARIK, A. S.; ANSARI, S. R.; KUMBHAR, M. B. Heritability analysis of yield and quality components in *G. hirsutum*. **Pakistan Journal of Botany**, Islamabad, v. 29, n. 1, p. 97-101, 1997.

LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVITCH, L. O. Stability analysis: where do we stand? **Crop Science**. v.26. n.5. p.894-900. 1986.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, L. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA NETO, F. P.; Análise genética em genótipos de manga rosa via REML/BLUP. **Revista Agrotecnologia**, v. 5, p. 01 - 16, 2014.



MATTOS, P. H. C. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos precoces de cana-de-açúcar no Estado do Paraná pelos métodos AMMI e GGEbiplot**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - 42 p. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MOREIRA, J. A. N.; SANTOS, R. F. **Origem, crescimento e progresso da cotonicultura no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA. 1994. 169p.

MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; SILVA FILHO, J. L.; FREIRE, E. C. **Cultivares do Algodoeiro para o Cerrado**. Circular Técnica, Campina Grande - PB, 2006.

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

MORELLO, C. L.; PEDROSA, M. B.; SUASSUNA, N. D.; SILVA FILHO, J. L.; FREIRE, E. C.; PERINA, F. J.; ALENCAR, A. R.; TAVARES, J. A.; OLIVEIRA, W. P.; OLIVEIRA, E. R.; SOUZA, M. M. **Comportamento de Linhagens de Algodoeiro no Cerrado Baiano – Safra 2014/2015**. Campina Grande – PB. Junho, 2016.

NAMKOONG, G. Introduction to quantitative genetics in forestry. Washington: USDA. **Forest Service**. 1979, p. 342.

NASCIMENTO, A. F.; SILVA, J. C.; Melhoramento genético do algodoeiro no Brasil: breves considerações. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer - Goiânia. vol.6. N.11; 2010 Pág. 1.

NETO, J. T. de F.; YOKOMIZO, G. K. I.; OLIVEIRA, M. do S. P.; HONGYU, K. GGE Biplot para estabilidade e adaptabilidade em progênies de açaizeiro de Anajás, PA. **Revista Agroambiente On-line**, v. 12, n. 1, p. 409-417, janeiro-março, 2018. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v12i1.4220.

OLIVEIRA, N. S.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SILVA, D. O.; PASTORIZA, R. J. G.; MELO, R. A.; SILVA, J. W.; MENEZES, D. Seleção e parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira**. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000300007>.

PEDROSA, M. B.; SANTOS, A. C.; SUASSUNA, N. D.; MORELLO, C. L.; FREIRE, E. C.; SILVA FILHO, J. L.; ALENCAR, A. R.; OLIVEIRA, W. P. **Comportamento de cultivares de algodão no cerrado da Bahia, safra 2009/10**. 8º Congresso Brasileiro de Algodão & I Cotton Expo 2011, São Paulo, SP – 2011.

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

PIMENTEL, A. J. B.; GUIMARÃES, J. F. R.; SOUZA, M. A.; RESENDE, M. D. V.; MOURA, L. M.; ROCHA, J. R. A. S.; RIBEIRO, G. Estimação de parâmetros genéticos e predição de valor genético aditivo de trigo utilizando modelos mistos. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.49. n.11. p.882-890. nov. 2014. Disponível em: DOI: 10.1590/S0100-204X2014001100007.

POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; GUIMARÃES, S. L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do mato grosso. **Bioscience Journal**. Uberlândia. v. 29. n. 4. p. 910-920. July/Aug. 2013.

QUEIROZ, D. R.; FARIAS, F. J. C.; CAVALCANTI, J. J.; CARVALHO, L. P.; SOUSA, L. S. S. de. **Parâmetros genéticos de caracteres agrônômicos em genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*)**. 11º Congresso Brasileiro do Algodão – Melhoramento Vegetal, n 173. Maceió – AL. 2017.

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

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. Lavras: **Editora UFLA**, 2012. 522p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. dos. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento – plantas**. Rondonópolis: Fundação MT. 2001. p. 201-230.

RANGEL, R. M.; JÚNIOR, A. T. A.; GONÇALVES, L. S. A.; JÚNIOR FREITAS, S. P.; CANDIDO, L. S. Análise biométrica de ganhos por seleção em população de milho pipoca de quinto ciclo de seleção recorrente. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, p. 473-481, Abril - Junho, 2011.

REIS, C. A. F.; GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ROSADO, A. M. Estratégias na seleção simultânea de vários caracteres no melhoramento do Eucalyptus. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 457-467, abr.-jun., 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509818465>.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo. Embrapa Florestas. 561p. 2007.

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

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

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 Goiânia July/Sept. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632014000300006>.

RESENDE, M. D. V.; FREITAS, J. A.; LANZA, M. A.; VILELA DE RESENDE, M. D.; AZEVEDO, C. F. Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia. v. 44. n. 3. p. 334-340. jul./set. 2014.

RESENDE, M. D. V.; FURLANI-JÚNIOR, E.; MORAES, M. L. T.; FAZUOLI, L. C. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**. 60:185-193. 2001.

RESENDE, M. D. V.; SILVA, F. F.; AZEVEDO, C. F. Estatística Matemática. Biométrica e Computacional: modelos mistos, multivariados, categóricos e generalizados (REML/BLUP), inferência bayesiana, regressão aleatória, seleção genômica. QTL-GWAS, estatística espacial e temporal, competição, sobrevivência. 1. ed. Visconde do Rio Branco: **Suprema**. 2014. v. 1. 881p.

ROCHA, R. B.; LAVIOLA, B. G.; SILVA, S. D. A.; JUHÁZ, A. C. P.; ALBRECHT, J. C.; ROSADO, T. B. Adaptabilidade e estabilidade de progênies de meios-irmãos de pinhão-manso em diferentes regiões do Brasil. **Revista Ceres**. Viçosa. v. 63. n.2. p. 174-182. mar/abr. 2016. DOI: 10.1590/0034-737X201663020008.

RODRIGUES, E. V.; DAMASCENO SILVA, K. J.; BASTOS, E. A.; ROCHA, M. M.; TEODORO, P. E. Seleção de populações de feijão-caupi tolerantes ao déficit hídrico por índice de seleção. IV CONAC. **Congresso Nacional de Feijão Caupi**. Sorriso, Mato Grosso – MT. 2016.

ROSADO, L. D. S.; SANTOS, C. E. M.; BRUCKNER, C. H.; NUNES, E. S.; CRUZ, C. D. Simultaneous selection in progenies of yellow passion fruit using selection indices. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.1, p. 95-101, Janeiro/Fevereiro, 2012.

SANTOS, J. W.; MOREIRA, J. A. N.; FARIAS, F. J. C.; FREIRE, E. C. Avaliação dos coeficientes de variação de algumas características da cultura de algodão: uma proposta de classificação. **Revista. Óleos e fibras**. Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 35-40, jan-abr. 1998.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SILVA FILHO, J. L. da.; SUASSUNA, N. D.; FARIAS, F. J. C.; LAMAS, F. M.; PEDROSA, M. B.; SUASSUNA, T. de M. F. Estratificação ambiental em algodão na presença ou ausência de genótipos com alta ecovalência. Raça de Cultivo. **Appl. Biotechnol.** vol.17 no.1 Viçosa Jan./Mar. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1a5>.

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

SILVA ROSSI, R.; SILVA, G. O.; MARCHIORO, V. S.; ALMEIDA, J. L.; MATEI, G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p.1439-1447, nov. 2011.

SILVA, M. G. de M.; VIANA, A. P. Alternativas de seleção em população de maracujazeiro-azedo sob seleção recorrente intrapopulacional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.34 n°2 Jaboticabal Junho, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000200026>.

SILVA, R. C. da. **Métodos AMMI e GGE no estudo da interação genótipos x ambientes em algodão**. **Biotechnologia e Melhoramento Vegetal**. Dissertação. 59p. Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, Campina Grande – 2016.

SOUZA LEITE, W.; PAVAN, B. E.; FILHO, C. H. A. M.; NETO, F. de A.; OLIVEIRA, C. B. de O.; FEITOSA, F. S. Estimativas de parâmetros genéticos, correlações e índices de seleção para seis caracteres agrônômicos em linhagens F8 de soja. **Revista Comunicata Scientiae** 7(3): 302-310, 2016. DOI: 10.14295/CS.v7i3.1176.

SOUZA, M. S.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; ROCHA, M. de M.; JÚNIOR, J. A. N. de M.; LIMA, L. R. L. Genotype by environment interaction in cowpea lines using GGE Biplot method. **Rev. Caatinga, Mossoró**, v. 31, n. 1, p. 64 –71, jan. –mar., 2018.

TANG, J. N. B.; JENKS, C. E.; WATSON, J. C. Evaluation of genetic variation. heritabilities and correlations yield and ber traits among cotton F 2 hybrids populations. **Euphytica Wageningen**. v. 91. n. 3. p. 315-322. 1996.

TELES, C. G.; FUCK, P. M. Pesquisa e Desenvolvimento de Cultivares: O Perfil Tecnológico da Cotonicultura Brasileira. **Informe Gepec**, Toledo, v. 20, n. 1, p. 61-77, jan./jun. 2016.  
VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W. E. (Coord.). **Melhoramento e genética**. São Paulo: Melhoramentos, 1969. p. 17-37.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento e a produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1987. p.137-214.

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

VIANA, A. P.; GONÇALVES, G. M. Genética quantitativa aplicada ao melhoramento genético do maracujazeiro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005.p.243-274.

VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. **Melhoramento genético de plantas no Nordeste**. Capítulo em livro científico. Título: Melhoramento genético do algodoeiro. p. 49-83. Brasília. DF: Embrapa. 2013. Disponível em:  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100490/1/CLV13032.pdf>.

YAN, W. GGE Biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*. **Madison**. v. 47. n. 2. p. 643-655. 2007.

YAN, W. GGE Biplot vs. AMMI graphs for genotype-by-environment data analysis. **Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics**. New Delhi. v. 65. n. 2. p. 181-193. 2011.

YAN, W.; RAJCAN, I. Biplot Analysis of Test Sites e Trait Relations of Soybean in Ontario. **Crop Science**. 42 (1): 11. (2002).

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

## APÊNDICES

Tabela 13A. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características agronômicas: Produção de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibras (PRODF) e Porcentagem de fibras PF (%), referente aos locais Campo Novo dos Parecis e Campo Verde - MT, safra 2008/2009.

		QUADRADOS MÉDIOS					
		Campo Novo dos Parecis – MT			Campo Verde – MT		
LOCAIS		PROD	PRODF	PF (%)	PROD	PRODF	PF(%)
FONTES DE VARIÇÃO	GL	PROD	PRODF	PF (%)	PROD	PRODF	PF(%)
Blocos	3	318830,00ns	32034,00ns	0,8576ns	2448600,00**	475290,00**	0,6979ns
Genótipos	15	426040,00**	116740,00**	8,1030**	503530,00**	83197,00*	4,9227**
Resíduo	45	129710,00	29016,00	0,5422	180740,00	34672,00	0,2765
Média geral		5997,4595	2489,0303	41,4809	4137,4868	1764,5765	42,6626
CDG		69,5545	75,1445	93,3087	64,1065	58,3253	94,384
(CVa) (%)		6,0050	6,8436	1,7751	10,2751	10,5523	1,2324
(CVg) (%)		4,5382	5,9497	3,3144	6,8658	6,2418	2,5262
Razão CVg/CVa		0,7557	0,8694	1,8671	0,6688	0,5915	2,0498

Tabela 14A. Resumo da análise de variância individual e estimativa de parâmetros genéticos para as características agronômicas: Produção de algodão em caroço (PROD), Produtividade de fibras (PRODF) e Porcentagem de fibras PF (%), referente aos locais Primavera do Leste II e Sapezal – MT, safra 2008/2009.

<b>QUADRADOS MÉDIOS</b>										
<b>LOCAIS</b>										
<b>Primavera do Leste II – MT</b>										
<b>Sapezal – MT</b>										
<b>FONTE DE VARIAÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>PROD</b>	<b>PRODF</b>	<b>PF(%)</b>	<b>PROD</b>	<b>PRODF</b>	<b>PF(%)</b>	<b>PROD</b>	<b>PRODF</b>	<b>PF(%)</b>
Blocos	3	299260,00ns	29706,00ns	3,1191ns	1774300,00**	325470,00**	0,5896ns			
Genótipos	15	750490,00*	203480,00**	10,2050**	863900,00**	229290,00**	6,6049**			
Resíduo	45	305400	61277	1,8296	211210	38355	0,3683			
Média geral		4355,0214	1825,6648	41,8148	5329,2342	2338,8904	43,8493			
CDDG		59,307	69,8849	82,0712	75,5518	83,2725	94,4232			
(CVa) (%)		12,6894	13,5589	3,2347	8,6236	8,3733	1,3840			
(CVg) (%)		7,6596	10,3275	3,4605	7,5798	9,3413	2,8476			
Razão CVg/CVa		0,6036	0,7617	1,0698	0,879	1,1156	2,0574			