



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

ALINE DAYANNA ALVES DE LIMA MARCELINO

**COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO SUBMETIDOS A
ESTRESSE SALINO**

**CAMPINA GRANDE-PB
2018**

ALINE DAYANNA ALVES DE LIMA MARCELINO

**COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO SUBMETIDO
A ESTRESSE SALINO**

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

Orientador: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti

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

**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.

M314c Marcelino, Aline Dayanna Alves de Lima.
Comportamento de genótipo de algodoeiro submetidos a estresse salino [manuscrito] : / Aline Dayanna Alves de Lima Marcelino. - 2018.
55 p. : il. colorido.

Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2018.
"Orientação : Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti, Embrapa Algodão."
"Coorientação: Prof. Dr. Roseane Cavalcanti dos Santos, Embrapa Algodão"

1. Estresse osmótico. 2. *Gossypium hirsutum*. 3. Salinidade.

21. ed. CDD 580

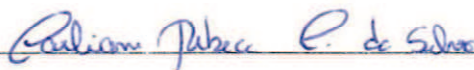
ALINE DAYANNA ALVES DE LIMA MARCELINO

**COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO SUBMETIDOS
A ESTRESSE SALINO**

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

Aprovada em 20 de Fevereiro de 2018

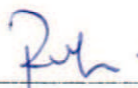
BANCA EXAMINADORA:



Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva (UFRPE)



Prof^ª. Dra. Liziane Maria de Lima (Embrapa Algodão)



Prof^ª. Dra. Roseane Cavalcanti dos Santos (Embrapa Algodão)
(Coorientador)



Prof. Ph.D. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti (Embrapa Algodão)
(Orientador)

*À minha mãe Marli Alves Rodrigues, por ser meu porto seguro e minha inspiração para seguir...
Ao meu esposo Suelio Alves Marcelino, pelo amor e dedicação...*

Dedico

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito”
(Marthin Luther King)

AGRADECIMENTO

Quero agradecer a todos,
Em forma de poesia
Pois agradecer é antes
Um ato de ousadia,
Reconhecendo que não há
Conquistas sem companhia.

Pois sozinho nada somos,
Se não fosse a cooperação
De tantos que ajudaram
A completar a missão
Principalmente ao Deus Pai,
Agradeço de todo coração,

Agradeço à DEUS pela vida,
Pela saúde e amor,
Pela força que me destes
Ô Deus pai meu Salvador,
Obrigado por colocar anjos,
Que trabalharam ao meu favor

Agradeço as Instituições
UEPB e EMBRAPA
Pelas oportunidades
Que a mim foram ofertadas,
Sem esquecer da CAPES
Que não me deixou endividada

Agradeço ao meu Orientador
JOSÉ JAIME CAVALCANTI
Pelo conhecimento e apoio
Pela orientação brilhante
Pelos conselhos falados
Pela presença constante

Minha coorientadora Rose
Como poderia esquecer
ROSEANE CAVALCANTI
Sempre lembrarei de você
Que me ensinou como uma mãe
O caminho a percorrer

Ao Dr. PEDRO DANTAS,
Agradeço a colaboração
Seu apoio e paciência

E tamanha atenção
Obrigado professor
Por ter me estendido a mão

Meu maior agradecimento
Vai para quem me acompanhou
Desde bem pequenininha
Me dando carinho e amor
MARLI, MAINHA querida
Te agradeço pelo que sou

Ao meu amor SUELIO,
Agradeço com emoção,
Meu esposo e companheiro,
Obrigada pela compreensão
Pelo apoio incondicional,
Pelo carinho e atenção

Aos meus FAMILIARES
Que tanto lhes quero bem,
Pelo apoio e torcida
Por querer sempre meu bem
Com vocês eu aprendi
O valor do que se tem

A todos da BIOTECNOLOGIA
Que sempre me apoiaram,
Aos AMIGOS que fiz
A todos que me ensinaram
Aos que indiretamente
Sem saber me ajudaram

Deixo aqui meu agradecimento
A TODOS acima citados
Gostaria de expressar
O quanto a vocês sou grato
E dizer que a minha dissertação
É um sonho concretizado.

RESUMO

MARCELINO, ALINE DAYANNA ALVES DE LIMA. Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão; Fevereiro de 2018; COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO SUBMETIDOS A ESTRESSE SALINO; Orientador: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti; Coorientadora: Prof. Dr^a. Roseane Cavalcanti dos Santos;

A salinidade é um estresse abiótico de ocorrência mundial que vem acarretando danos à produção agrícola e levando à prejuízos econômicos. Os efeitos osmótico e íon-específico da absorção de sais provocam distúrbios funcionais na planta limitando a fotossíntese, em virtude do fechamento dos estômatos e de danos aos cloroplastos. Além disso, o excesso de sais causa inibição do potencial germinativo, redução do crescimento de raízes primárias e laterais e diminuição da produtividade. Todavia, as plantas respondem diferentemente ao estresse salino, dependendo da espécie, do genótipo, do estágio fenológico e do tempo de exposição ao sal. Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa, foi identificar genótipos de algodoeiro mais promissores quanto a tolerância ao estresse salino por meio de descritores agrônômicos e fisiológicos. Foram cultivados em casa de vegetação nove genótipos de algodoeiro (G1-BRS Seridó, G2-BRS 286, G3- FM 966, G4-CNPA 7MH, G5-FMT 701, G6-CNPA 5M, G7-CNPA ITA 90, G8-FMT 705 e G9- BRS RUBI) submetidos, durante 35 dias, à irrigação com água salina (CEa de 6,0 dSm⁻¹). O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, constituindo um arranjo fatorial 9 x 2, com quatro repetições, totalizando 72 parcelas. Foram avaliados o crescimento, trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*. Os dados foram submetidos a análises multivariada, com métodos não hierárquico (componentes principais) e hierárquico (UPGMA). A salinidade causou reduções significativas nas variáveis de trocas gasosas e fluorescência. As cultivares BRS Seridó, CNPA 7MH, CNPA 5M, CNPA ITA 90, FMT 705 e BRS RUBI conseguiram vencer o estresse osmótico imposto pelo ambiente salino, por meio de mecanismos diferentes, apresentando aumento ou manutenção da taxa fotossintética (*A*). Entre estes genótipos a BRS Seridó, CNPA ITA 90, FMT 705 e BRS Rubi são mais promissoras por apresentar manutenção ou aumento de *A* com manutenção ou redução de *gs* e *E*. A execução do experimento forneceu informações valiosas à cerca de uma melhor compreensão dos efeitos da salinidade nessa espécie. As cultivares selecionadas são importantes para o programa de melhoramento do algodão, visando a obtenção de linhagens superiores com tolerância ao estresse salino.

Palavras chave: Estresse osmótico, *Gossypium hirsutum*, salinidade, melhoramento genético

ABSTRACT

Salinity is an abiotic stress of global occurrence that damages agricultural production, leading to economic losses. Osmotic and salt absorption specific ion effects cause functional disturbances on plants, limiting photosynthesis due to stomata closure and damage to chloroplasts. Beyond that, excess salts causes inhibition of germinative potential, reduction of primary and lateral roots growing and decrease in productivity. However, plants respond differently to salinity stress, depending on the species, genotype, phenological stage and duration of salt exposure. This paper has the objective of identify cotton plants' genotypes that tolerate salinity stress through agronomic and physiological descriptors. Nine cotton plants' genotypes had been cultivated in a vegetation house (G1-BRS Seridó, G2-BRS 286, G3- FM 966, G4-CNPA 7MH, G5-FMT 701, G6-CNPA 5M, G7-CNPA ITA 90, G8-FMT 705 and G9- BRS Rubi) submitted, for 35 days, to irrigation of saline water (CEw de 6,0 dSm⁻¹). The experimental delimitation was casual blocks, constituted by a factorial arrangement 9 x 2, with four repetitions, totalizing 72 parcels. This work evaluates growth, gas exchange and fluorescence of chlorophyll a. Multivariate Analysis with non-hierarchical (main components) and hierarchical (UPGMA) methods treated data. Salinity caused significant reductions on variables of gas exchange and fluorescence. BRS Seridó, CNPA 7MH, CNPA 5M, CNPA ITA 90, FMT 705 and BRS RUBI farm's beat osmotic stress imposed by saline environment, by diferente means, showing increase or conservation of photosynthetic rate (A). Between those genotypes, BRS Seridó, CNPA ITA 90, FMT 705 and BRS Rubi stand out. They are most promissing for showing conservation or increase of A with conservation or reduction of *gs* and *E*. Experiment execution provided valuable informations for better understanding effects of salinity in this species. Selected farms are important for cotton improvement program, aiming on getting superior lineages tolerant to saline stress.

Key Words: Osmotic stress, *Gossypium hirsutum*, salinity, genetic improve

LISTA DE ABREVIATURAS

- ECe** - Condutividade elétrica no estrato de saturação do solo
- ECa** - Condutividade elétrica da água de irrigação
- Kc** - Coeficiente da cultura
- AP** - Altura da planta
- DH** - Diâmetro da haste
- NN** - Número de nós
- NF** - Número de folhas
- gs** - Condutância estomática
- Ci** - Carbono interno
- E** - Transpiração
- EiUA** - Eficiência instantânea do uso da água
- EiC** - Eficiência instantânea de carboxilação
- IRGA** - Analisador de gás infravermelho
- Fo** - Fluorescência inicial
- Fv** - Fluorescência variável
- Fm** - Fluorescência máxima
- Fv/Fm** - Eficiência quântica do fotossistema
- UPGMA** - Método de agrupamento de pares usando médias aritméticas não ponderado

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Redução do crescimento em porcentagem de diversas culturas glicófitas, quando submetidas ao estresse salino no solo ECe e na água de irrigação ECw, a partir da salinidade limiar de cada cultura (Adaptado de AYERS e WESTCOTT, 1976).....23
- Tabela 2.** Descrição de nove genótipos de algodoeiro (variedades e híbridos), utilizados no experimento, Campina Grande – PB, 201728.
- Tabela 3.** Características químicas do solo, usados no enchimento dos vasos, para cultivo de genótipos de algodoeiro sob estresse salino.....29
- Tabela 4.** Características físicas do solo, usados no enchimento dos vasos, para cultivo de genótipos de algodoeiro sob estresse salino.29
- Tabela 5.** Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento nas cultivares de algodão submetidas a 35 dias de estresse salino.....34
- Tabela 6.** Resumo da análise de variância das variáveis fisiológicas registradas nas cultivares de algodão submetidas a 25 dias de estresse salino.....38
- Tabela 7.** Autovalores (variâncias), percentuais de variância isolada e acumulada dos componentes principais obtidas a partir da matriz formada pelas variáveis agronômicas e fisiológicas em genótipos de algodoeiro submetidos ao estresse salino.....44

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** História evolutiva do *Gossypium*. O parente mais próximo do *Gossypium* é uma linhagem que contém o Gênero africano-malgaxe *Gossypoides* e do gênero endêmico havaiano *Kokia*. Seguindo a sua provável origem 5 a 10 milhões de anos, *Gossypium* dividiu-se em três principais diplóides ; linhas: o clado do Novo Mundo (genoma D); O clade africano-asiático (Genomas A, B, E e F); e o clade australiano (genomas C, G e K), a junção de espécies diplóides do genoma D com genoma A, originando as espécies alopoliplóides (Adaptado de WENDEL e GROVER, 2015).....18.
- Figura 2.** Visão geral do experimento, com plantas de genótipos de algodoeiro submetidas ao estresse salino, Campina Grande, 2017.....31
- Figura 3.** Análises de trocas gasosas em genótipos de algodoeiro com 25 dias de estresse salino. A: pinça foliar com luz acoplada realizando a leitura de trocas gasosas na folha; B: analisador de gás infravermelho – IRGA- fornecendo os dados de trocas gasosas.....32
- Figura 4.** Etapas de análise de fluorescência em genótipos de algodoeiro com 25 dias de estresse salino. A: pinças foliares (leaf clips) colocadas nas folhas; B: leitura da fluorescência após 30 min de adaptação ao escuro; C: fluorômetro não modular, com visor apresentando os dados de F_o , F_m e F_v/F_m32
- Figura 5.** Média de altura das cultivares de algodão submetidas a CEa de 6.0dSm^{-1} , durante 35 dias de estresse salino. 1- BRS Seridó, 2- BRS 286, 3- FM 966, 4- CNPA 7MH, 5- FMT 701, 6- CNPA 5M, 7- CNPA ITA 90, 8- FMT 705, 9- BRS Rubi..... 36
- Figura 6.** Média das trocas gasosas registrada nas cultivares de algodão, após 25 dias de estresse salino, em CEa de $6,0\text{ dSm}^{-1}$. A- Fotossíntese (A), B- Condutância estomática (g_s), C- Transpiração (E)..... 39
- Figura 7.** Média das Eficiência instantânea no uso da água ($EiUA$) e Eficiência intrínseca de carboxilação (EiC) nas cultivares de algodão, após 25 dias de estresse salino, em CEa de $6,0\text{ dSm}^{-1}$41
- Figura 8.** Análise da fluorescência da clorofila a , em nove genótipos de algodoeiro, submetidos a 25 dias de estresse salino; A) F_o : fluorescência inicial; B) F_m : fluorescência máxima; C) F_v : fluorescência variável; D) F_v/F_m eficiência quântica do fotossistema II : BRS Seridó; 2: BRS

286; 3: FM 966; 4: CNPA 7MH; 5 FMT 701; 6: CNPA 5M; 7: CNPA ITA 90; 8: FMT 705; 9: BRS Rubi Médias dos tratamentos salino em cada genótipo seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F.....42

Figura 9. Dispersão gráfica para nove genótipos de algodão submetidos a 25 dias de estresse salino, método biométrico de componentes principais. Grupo I: FMT 705, BRS Rubi, BRS Seridó e BRS 286, Grupo II: CNPA ITA 90, Grupo III: CNPA 5M e CNPA 7MH, Grupo IV: FM 966 e FMT 701.....44

Figura 10. Dendrograma obtido pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA, a partir da matriz de dissimilaridade gerada com nove cultivares de algodão submetidos a estresse salino.....45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo geral	15
1.2 Objetivos específicos	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Algodão	17
2.1.1 Origem taxonômica do algodão	17
2.1.2 Aspectos morfológicos e fisiológicos do algodão	18
2.1.3 Importância sócio econômica do algodão	19
2.1.4 Melhoramento do algodoeiro	20
2.2 Estresse abiótico	21
2.2.1 O estresse salino	21
2.2.2 Efeitos da salinidade no algodão	24
2.2.3 Respostas e mecanismo de tolerância ao estresse salino	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Local	27
3.2 Características climáticas	27
3.3 Tratamento e delineamento experimental	27
3.4 Características físico-químicas do solo	28
3.5 Preparo da água salina	29
3.6 Instalação e condução do experimento	30
3.7 Variáveis analisadas	31
3.7.1 Análises de crescimento	31
3.7.2 Análises de trocas gasosas e fluorescência	31
3.7.3 Análises estatísticas e modelos multivariados adotados	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Análise de crescimento	34
4.2 Parâmetros fisiológicos	37
4.3 Fluorescência Fo, Fm, Fv e Fv/Fm	41
4.4 Clusterização das cultivares via métodos multivariados	43
5. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é um típico arbusto perene lenhoso, de elevada complexidade morfofisiológica, desenvolve simultaneamente suas estruturas vegetativas e reprodutivas e apresenta baixa eficiência assimilatória, pois sua rota metabólica é do tipo C3, apresenta uma elevada taxa de fotorrespiração e alto ponto de compensação de CO₂, além de ser fortemente sensível à falta de luminosidade, hipoxia e anoxia (SILVA et al., 2011).

O algodão é uma grande commodity mundial cultivada em vários países de clima tropical e semiárido. O Brasil é o quinto maior produtor de algodão em caroço, com uma parcela de 3% do mercado mundial (OECD-FAO, 2015). A cotonicultura exerce grande influência socioeconômica para o país, visto que o algodão fornece uma importante matéria prima, a fibra têxtil natural mais utilizada pela humanidade, além de apresentar semente produtora de óleo, que é redirecionado para uso de biocombustíveis, bem como o seu bagaço que é aproveitado para o consumo animal (BELTRÃO et al., 2008).

Como parte viva da planta, a fibra recebe influência constante do ambiente e apresenta diversas respostas aos estresses abióticos e bióticos. Apesar de apresentar mecanismos para defesa em condições estressantes, é relatado uma diminuição na produção quando a planta é exposta a condições desfavoráveis ao desenvolvimento. A correlação entre o genótipo ideal e elementos ambientais é essencial para o sucesso da produção (ZONTA et al; 2015).

A salinidade é um estresse abiótico global que afeta o desenvolvimento e produção das lavouras. Estima-se que há de um a dez bilhões de hectares de área afetada com salinidade em todo o mundo (JESUS et al., 2015).

Encontra-se principalmente nas regiões áridas e semiáridas, podendo ocorrer por causas naturais (primária) como intemperismo nas rochas, ou por ações antropogênicas (secundária) como o uso e manejo inadequado de águas salobras na irrigação (FAO, 2015). Mesmo sendo usada água de boa qualidade, haverá transportes de sais para o solo, levando à um aumento da salinidade inicial por efeito da irrigação (MACHEKPOSHTI et al., 2017). No Brasil, a região mais comprometida é o Nordeste, que apresenta temperaturas elevadas e índice pluviométrico baixo, fatores que favorecem o acúmulo de íons no solo, conferindo um caráter salino (FAO, 2015).

Quando a concentração salina do solo ultrapassa os limites relativos a cada faixa de salinidade limiar das lavouras, os efeitos adversos, osmóticos e de íon-específico da absorção de sais, afetam diretamente o metabolismo das plantas, inibindo a absorção da água, por efeito da redução da pressão osmótica externa. Como consequência, decorrem modificações nas funções

fisiológicas e bioquímicas das células vegetais, tais como redução da fotossíntese, deformações diretamente nos cloroplastos e alterações iônicas, levando à toxicidade e desbalanço nutricional (RAMASHWARAM et al., 2016; WANG et al., 2017), causando redução considerável da germinação e vigor, quando submetidas a tal condição (SOARES et al., 2015; FURTADO et al., 2007).

Apesar desses distúrbios, o estresse osmótico não afeta igualmente todas as culturas; algumas produzem rendimentos aceitáveis em altos níveis de salinidade como as halófitas, enquanto outras são sensíveis a níveis relativamente baixos, denominadas glicófitas. A diferença entre esses tipos se deve a capacidade de ajustar-se osmoticamente, quando se encontram em ambiente salino (ADNAN et al., 2016). Segundo Gupta e Huang (2014), espécies tolerantes apresentam habilidades que impedem, por meio de regulação, que excessivas quantidades de sais cheguem ao protoplasma, tolerando assim os efeitos tóxicos e osmóticos decorrentes.

A vulnerabilidade do algodão à salinidade varia em função do ciclo fenológico da cultura, do genótipo e período de exposição ao sal. De acordo com Zhang et al. (2014), que submeteram genótipos de algodão a níveis diferenciados de salinidade, desde 80 até 240 mM de NaCl, (0,0; 80; 160; 240 dSm⁻¹) os maiores níveis de sal levaram à uma redução na taxa fotossintética líquida (Pn), condutância estomática (gs) e conteúdo de clorofila a, clorofila b e clorofila (a + b) em ambas as cultivares, sendo mais expressiva para cultivar sensível.

O conhecimento de fontes de resistência às condições desfavoráveis, são importantes para utilização nos programas de melhoramento genético da cultura. A interação genótipo x ambiente é um dos maiores desafios das plantas para uma boa produtividade. Nesse contexto, percebe-se a importância de se identificar genótipos tolerantes a estresses abióticos tais como a salinidade, visando possível indicação para programas de melhoramento.

1.1 Objetivo geral

Selecionar genótipos de algodoeiro tolerantes às condições de estresse salino, avaliando os efeitos da salinidade no desenvolvimento, reconhecendo os genótipos mais promissores como fonte de tolerância para o programa de melhoramento genético da Embrapa Algodão.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o crescimento e desenvolvimento do algodoeiro submetido ao estresse salino.

- Avaliar as variações nas trocas gasosas em genótipos de algodoeiro submetidos a condições de salinidade.
- Analisar as alterações na fluorescência em genótipos de algodoeiro em condições de salinidade.
- Determinar a divergência genética entre os genótipos, por meio de análises usando modelo multivariado não hierárquico do tipo componentes principais e agrupamento hierárquico (UPGMA).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Algodão

2.1.1 Origem taxonômica do algodão

A tribo taxonômica *Gossypiaie* é um grupo monofilético que agrupa nove gêneros, dentre eles o *Gossypium* (FRYXELL, 1968). Estudos filogenéticos a partir de análises moleculares, sugerem que o gênero *Gossypium* divergiu de seus parentes mais próximos, *Kokia* e *Gossypioide*, cerca de 12,5 milhões de anos atrás (SEELANAN et al., 1997). Segundo Cronn et al. (2002) utilizando sequências de DNA nuclear e de cloroplastos, afirmam que o *Gossypium* apresentou rápida irradiação e diversificação, a partir de dispersões transoceânicas atreladas à especiação regional e hibridação entre linhagens.

Essa rápida disseminação global proporcionou uma oportunidade para diferentes culturas humanas antigas, em vários continentes, domesticar independentemente diferentes tipos de algodoeiro, favorecendo uma extensa evolução cromossômica, com espécies diplóides da África-Ásia, *G. arboreum* L. e *G. herbaceum*, e duas alopoliplóides das Américas, *G. barbadense* L. e *G. hirsutum* L. O gênero apresenta ampla distribuição geográfica, com mais de 50 espécies reconhecidas e com contínua descobertas de novas espécies (GROVER et al., 2014). Distribuídas em regiões áridas e semiáridas, trópicos e subtropicais (WENDEL e GROVER, 2015).

As investigações filogenéticas em *Gossypium* distinguem espécies diplóides modernas distribuídas entre três grandes linhagens geográficas e oito genomas (Figura 1), sendo o genoma D do novo mundo, o genoma A, F, B e E da África/Ásia, e os genomas C, G e K da Austrália (WENDEL et al., 2010). Espécies alopoliplóides surgiram aproximadamente há 1,2 milhões de anos no Pleistoceno (WENDEL e GROVER, 2015). Essas espécies alopoliplóides, contém dois genomas coexistentes, um de espécies de genoma (A) africano ou asiático, e o outro de espécie similar aos do genoma (D) americano (WENDEL e CRONN, 2003; WENDEL et al., 2012).

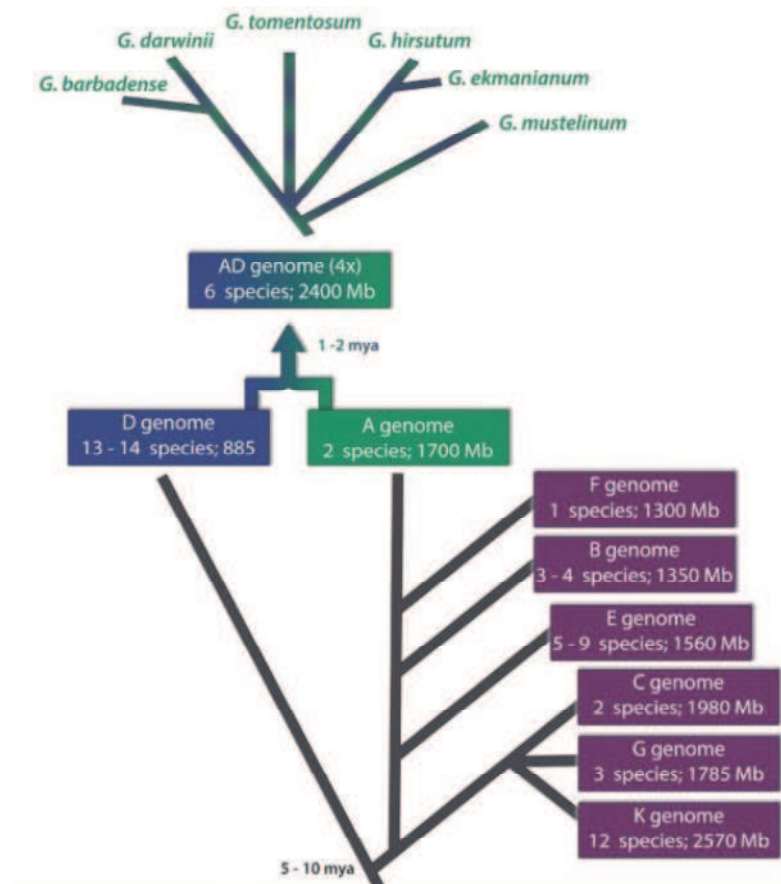


Figura 1. História evolutiva do *Gossypium*, inferida de múltiplos dados filogenéticos. O parente mais próximo do *Gossypium* é uma linhagem que contém o gênero africano-malgaxe *Gossypoides* e o gênero endêmico havaiano *Kokia*. Seguindo a sua provável origem 5 a 10 milhões de anos, *Gossypium* dividiu-se em três principais diplóides, linhas: o clado do Novo Mundo (genoma D); o clade africano-asiático (Genomas A, B, E e F); e o clade australiano (genomas C, G e K). A junção de espécies diplóides do genoma D com genoma A deu origem as espécies alopoliplóides (Adaptado de Wendel e Grover, 2015).

2.1.2 Aspectos morfológicos e fisiológicos do algodão

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. raça *Latifolium* Hutch.) é uma espécie pertencente à família das malváceas, uma espermatófita dicotiledônea, que apresenta complexidade morfológica e fisiológica, além de uma admirável plasticidade fenotípica; apresenta em média dois tipos de ramos (frutíferos e vegetativos), tipos distintos de folhas, as do ramo e as dos frutos (MAUNEY, 2015).

Sua raiz pivotante penetra o solo rapidamente, podendo atingir profundidade de 25 cm ou mais por ocasião da abertura dos cotilédones. Durante esta fase, a raiz deve crescer de 1,2 a 5 cm por dia, se não houver impedimento (SILVA et al., 2011). O caule é cilíndrico, ereto e às vezes

pode apresentar forma ligeiramente quadrangular ou penta angular. As folhas do algodoeiro são simples e apresentam-se como uma expansão laminar do caule. Existem três tipos de folhas, as cotiledonares, os prófilos e as folhas verdadeiras. A flor é do tipo hermafrodita e simétrica e seu fruto é em forma de cápsula (MAUNEY, 2015).

O crescimento da copa do algodoeiro é do tipo monopodial, apresenta uma forte dominância apical e as gemas continuam produzindo folhas estando em condições ambientais favoráveis. Desenvolvem-se os nós e internós, podendo surgir um ou mais ramos vegetativos. Os primeiros 4 a 5 nós da haste principal são vegetativos e suas folhas têm duração curta. O primeiro botão floral aparece entre o quinto e o sexto nó (ROSOLEM e ECHER, 2015).

A planta é de crescimento indeterminado, com ciclo variando entre 120 e 180 dias, apresenta larga plasticidade genética para adaptar-se à estresse abiótico (OLIVEIRA et al., 2009). Conforme Beltrão et al. (2008) o desenvolvimento vegetativo foliar tem início após a emergência das plântulas, tendo como função primordial usufruir da luz solar para produção de fotoassimilados. Ao passo que cresce, os órgãos vegetativos competem com órgãos reprodutivos por açúcares orgânicos, ainda mais, o metabolismo fotossintético do algodão é do tipo C3, apresentando baixa eficiência assimilatória.

A fibra do algodão tem origem nas células da epiderme do óvulo que receberam estímulos bioquímicos e hormonais, elas crescem e se diferenciam das demais células. É constituída basicamente por celulose. Seu desenvolvimento é marcado pela alongação, que tem início na antese, onde cresce linearmente e atinge um comprimento entre 20 a 30 mm, aproximadamente 10 dias após, inicia o desenvolvimento das fibras curtas, denominadas línter (BELTRÃO, 2006). Por fazer parte da célula, a fibra sofre com os estresses do ambiente, que pode se refletir na produção.

2.1.3 Importância sócio econômica do algodão

O algodoeiro encontra-se entre as dez principais espécies vegetais mais cultivadas no mundo, sendo cultivado economicamente em mais de 60 países, sendo a China desde 2003, o maior produtor e consumidor dessa commodity, representando aproximadamente 40% das importações totais de fibra de algodão (FENG et al., 2017).

No Brasil a cultura do algodoeiro representa grande importância econômica, chegando o país a ser o quinto produtor mundial de algodão em caroço, gerando 1.789,0 mil toneladas de algodão em pluma na safra 2017/2018. Essa produção concentra-se na região Centro-Oeste, sendo o estado do Mato Grosso o maior produtor nacional. Na Região Nordeste, destaca-se o

estado da Bahia como o maior produtor dessa malvácea (CONAB, 2018). Atualmente no Brasil, são plantados 1.102,3 mil hectares de algodão (CONAB, 2018).

É uma cultura que apresenta a fibra como seu principal produto, responsável por mais de 43% das vestes para a humanidade, além de ser usada para fabricação de linhas, cordas, e ser o linter, uma fonte de celulose importante para indústria. A semente produz óleo, também usado em biocombustíveis, que varia entre 14 a 28% do peso seco da semente. Possui uma média de 26% de proteínas, com elevado valor biológico (BELTRÃO, 2006).

2.1.4 Melhoramento do algodoeiro

O germoplasma de uma espécie corresponde a todo o acervo de genes contido no conjunto de genótipos que a constituem e representa a fonte de variabilidade genética potencialmente disponível para o melhoramento. O gênero *Gossypium*, ao qual pertence o algodoeiro, apresenta ampla variabilidade genética, com grande número de espécies e características botânicas, resultando em uma imensa variação de porte, ciclo, cores, formas, tamanho, características, resistência, densidade e presença de estruturas especiais, na planta e em suas estruturas vegetativas e reprodutivas (CARVALHO et al., 2003). O conhecimento da diversidade e variabilidade é de grande importância para o melhoramento genético.

No Brasil o melhoramento do algodoeiro teve início em 1921, quando no Ministério da Agricultura foi reativado o Serviço Federal do Algodão, com os objetivos de dar assistência técnica aos agricultores, estimular o melhoramento das variedades, proceder a estudos dos solos e do clima, incentivar a criação de campos experimentais e, por fim, desenvolver o estudo das pragas e doenças do algodoeiro, para permitir o seu combate. Em 1924, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) iniciou os trabalhos de melhoramento genético do algodoeiro. Nessa época, foram iniciados também os programas de melhoramento do algodoeiro herbáceo e arbóreo em vários estados (FREIRE et al., 2015).

Os programas de melhoramento buscam selecionar características e estabelecer padrões que atendam às demandas da cadeia produtiva, possuem como objetivos comuns, o aumento de produtividade e do rendimento de fibra, e a obtenção de fibras mais finas e uniformes, bem como tolerância à diversos estresses bióticos, tais como, múltiplas doenças e pragas (ramulária, viroses, nematoides e lagartas), e estresses abióticos, seca, salinidade, entre outros (NOVAES et al., 2011; FREIRE et al, 2015; RODRIGUES et al., 2016).

2.2 Estresse abiótico

O estresse se refere a qualquer condição que imponha perturbação ou pressão ao meio. É um desvio significativo das condições ótimas para a vida, induzindo mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, sendo a princípio reversíveis, no entanto, pode se tornar permanente (DIAS e BLANCO, 2010). As plantas, devido a sua característica de serem sésseis, estão expostas a uma grande variedade de estresses, sejam eles bióticos ou abióticos, respondendo a certas condições em nível celular e molecular, isso ocorre devido a alterações metabólicas na célula (RICHA et al., 2017).

Dentre os efeitos do estresse nas plantas, destacam-se déficit hídrico, temperaturas extremas (tanto altas como baixas), metais pesados, radiação ultravioleta, privação de nutrientes, alta luminosidade, defensivos químicos e salinidade (RICHA et al., 2017; ZOUARI et al., 2017). Independentemente do tipo de estresse, os prejuízos e injúrias são observados em todos os aspectos, podendo levar a perdas irreparáveis.

Farooq et al. (2016) observaram redução no crescimento em altura e comprimento de raiz, no algodoeiro MNH 886, quando submetido a estresse por elementos traços, com níveis crescentes de cádmio.

A temperatura também é causa de estresse abiótico para os vegetais, de acordo com Krzyzanowski e Delouche (2011) um aumento da temperatura acima da zona ideal, diminuiu a taxa de germinação do algodoeiro, bem como a percentagem de germinação, que declina com temperaturas acima de 32 °C.

Não só a temperatura, mas a deficiência de oxigênio no solo, causada por encharcamento, prejudica diversas espécies vegetais, dentre elas o algodão. De acordo com Souza et al. (2001) com o encharcamento de quatro dias, ocorre uma redução na atividade enzimática, a fotossíntese é afetada e alcança decréscimo de 58,63%, enquanto que carboidratos são acumulados nas folhas, caule e raízes, reduzindo o rendimento de algodão em caroço em 35,76%.

As plantas sofrem com o excesso de água no solo e também com sua deficiência, em regiões com escassez hídrica, causando prejuízos impactantes, principalmente, no que diz respeito a produção em algumas cultivares. A ausência da água no solo, pode levar a outro estresse para as plantas, o estresse salino, uma vez que os íons tendem a se acumular no solo, mediante a evaporação da água.

2.2.1 O estresse salino

A elevada concentração de sais no solo representa um fator estressante para as plantas, pois promove um desbalanço osmótico em seu metabolismo, prejudicando a absorção de água pela planta. No processo germinativo, com o aumento da salinidade, a condutividade elétrica reduz o potencial osmótico do meio, aumentando o tempo de embebição de água pelas sementes, ocasionando, inicialmente, o prolongamento do período de emergência da plântula e quando a redução do potencial osmótico é intensificada, ocorre a inibição do processo germinativo e do vigor das sementes (LOPES e SILVA, 2010).

Além do desbalanço osmótico, os principais danos do estresse salino nas plantas estão relacionados ao efeito tóxico de íons específicos, como os íons de Na^+ e Cl^- , efeito de natureza nutricional, que interfere na absorção de outros elementos essenciais (SÁ et al., 2013). Conforme Siqueira et al. (2005), fisiologicamente a salinidade afeta as plantas de várias maneiras, sendo inegáveis os sintomas visuais que ocorrem sob salinidade extrema.

O excesso de sal não só causa deformações morfológicas, bem como fisiológicas, quando os efeitos adversos, osmótico e íon-específico da absorção de sais excedem o nível de tolerância da planta. Ocorrem também distúrbios funcionais que limitam a fotossíntese ocasionando o fechamento dos estômatos e afetando diretamente os cloroplastos. Além disso, a respiração, principalmente nas raízes, é prejudicada, podendo ocorrer um decréscimo no crescimento (DIAS e BLANCO, 2010), o excesso de sal é um dos estresses abióticos mais limitantes do crescimento, desenvolvimento e produtividade. Plantas submetidas ao estresse osmótico, geralmente são atrofiadas, em muitos casos, apresentam folhas espessas e muito suculentas (FREIRE et al., 2014). Trabalhando com tomateiro, Wang et al. (2011), constataram que o estresse salino inibiu fortemente o crescimento e a fotossíntese, levando à um aumento de Na^+ e K^+ nas folhas, e indicou que o estresse ao afetar a raiz causou um desbalanço na absorção de Na^+ , sendo o aumento desse íon no meio intracelular, a principal causa de reduções da condutância estomática e das taxas fotossintéticas líquidas sob estresse salino.

A salinidade não afeta igualmente todas as culturas; algumas produzem rendimentos aceitáveis em altos níveis de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos cuja diferença se deve à mecanismos biológicos de adaptação que algumas culturas apresentam. As menos sensíveis possuem uma melhor capacidade osmótica que, permite absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água (MEDEIROS et al., 2012).

As respostas à salinidade variam amplamente de acordo a espécie da planta. Sendo elas classificadas em relação à tolerância como halófitas ou glicófitas. Aquelas que apresentam mecanismos que se adaptam em ambientes salinos são as halófitas, enquanto que as mais sensíveis e que sofrem com a salinidade são as glicófitas (WILLADINO e CAMARA, 2010).

Efeito drástico da salinidade, no solo (ECe,) e na água de irrigação (ECa,) foi observado por Munns et al (2002) em diversas culturas para a produção agrícola, com importantes perdas agrícolas, com a redução da biomassa (Tabela 1). O nível de tolerância de uma espécie vegetal pode ser expresso em termos da porcentagem de biomassa produzida ou da porcentagem de sobrevivência).

Tabela 1. Redução do crescimento em porcentagem de diversas culturas glicófitas, quando submetidas ao estresse salino no solo ECe e na água de irrigação ECa, a partir da salinidade limiar de cada cultura (Adaptado de AYERS e WESTCOTT, 1999)

Máx.	Perda na Produção em %								
	0%		10%		25%		50%		
	ECe	ECa	ECe	ECa	ECe	ECa	ECe	ECa	ECe
Cevada (<i>Hordeum vulgare</i>)	8,0	5,3	10	6,7	13	8,7	13	12	28
Algodão (<i>Gossypium</i>)	7,7	5,1	9,6	6,4	13	8,4	17	12	27
Beterraba (<i>Beta vulgaris</i>)	7,0	4,7	8,7	5,8	11	7,5	15	10	24
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,4	13	8,7	20
Soja (<i>Glycine max</i>)	5,0	3,3	5,5	3,7	6,2	4,2	7,5	5,0	10
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	4,0	2,7	5,1	3,4	7,2	4,8	11	7,2	18
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	3,0	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11
Milho (<i>Zea mays</i>)	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4	6,5
Azeitona (<i>Olea europaea</i>)	2,7	1,8	3,8	2,6	5,5	3,7	8,4	5,6	14
Laranja (<i>Citrus sinensis</i>)	1,7	1,1	2,3	1,6	3,2	2,2	4,8	3,2	8,0
Limão (<i>Citrus limon</i>)	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0
Maça (<i>Malus sylvestris</i>)	1,7	1,0	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0
Uva (<i>Vitis spp.</i>)	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12
Ameixa (<i>Prunus domestica</i>)	1,5	1,0	2,1	1,4	2,9	1,9	4,3	2,8	7,0
Morango (<i>Fragaria spp.</i>)	1,0	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	4,0
Pepino (<i>Cucumis sativa</i>)	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10
Melão (<i>Cucumis melo</i>)	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8	9,1	6,1	16
Espinafre (<i>Spinaciaoleracea</i>)	2,0	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	15
Batata (<i>Solanum tuberosum</i>)	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10
Milho doce (<i>Zea mays</i>)	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10
Batata (<i>Ipomoea batatas</i>)	1,5	1,0	2,4	1,6	3,8	2,5	6,0	4,0	10
Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,2	3,4	9,0
Cebola (<i>Allium cepa</i>)	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,5
Cenoura (<i>Daucus carota</i>)	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,1	8,0
Alfafa (<i>Medicago sativa</i>)	2,0	1,3	3,4	2,2	5,4	3,6	8,8	5,9	15

2.2.2 Efeitos da salinidade no algodão

Apesar do algodoeiro ser considerado uma espécie moderadamente tolerante à presença de sais no solo, diversos trabalhos demonstram a sensibilidade significativa de cultivares de algodoeiro ao estresse salino. De acordo com Furtado et al. (2007), algumas cultivares apresentaram redução expressivas no percentual germinativo quando tratadas com soluções salinas.

Reinhardt e Rost (1995) observaram o efeito da salinidade em raízes primárias e raízes laterais, constataram que o alongamento das raízes laterais sofreram influência negativa do estresse. O crescimento das raízes laterais foram mais afetado do que o crescimento da raiz primária. Daniel et al. (2011) afirmam que quanto maior for o nível de NaCl, menor será a taxa de germinação, o índice de velocidade de germinação e o comprimento de parte aérea e raiz.

De acordo com Zhang et al. (2012), algodoeiros tratados com distintos níveis de salinidade, acumularam 112% a mais de Na⁺ nas folhas em condições de salinidade moderada e forte. O estresse levou à um estado de senescência foliar precoce. A biomassa da planta, índice de área foliar máximo e índice de colheita foram muito afetados pelo estresse, a senescência foliar acelerada sob forte salinidade foi atribuída ao aumento do acúmulo de íons tóxicos como o Na⁺ nas folhas.

Santos et al. (2016), analisando a morfofisiologia e a produção de algodão, constaram que houve diminuição na taxa de crescimento absoluto, no número de capulhos e a produção de algodão em caroço, com o incremento na condutividade elétrica da água de irrigação, sendo a área foliar a variável mais afetada. Devido ao desbalanço osmótico, que afeta o turgor e a expansão das células, prejudicando assim o crescimento e expansão celular.

Variedades distintas de algodoeiro, sendo uma, sabidamente sensível e outra tolerante, após submetidas a condições salina por 3, 12 e 48 h, apresentaram diferenças significativas, quanto a quantidade de eletrólitos na folha, regulação transcricional, transdução de sinal e o metabolismo secundário, demonstrando que variedades com diferentes graus de tolerância ao sal exibiram diferentes níveis de expressão gênica (GUO et al. 2015).

2.2.3 Respostas e mecanismo de tolerância ao estresse salino

Os principais mecanismos de respostas do algodoeiro em meio à salinidade, ocorre em níveis, morfológicos, fisiológicos e bioquímicos. Dentre os mecanismos morfológicos, destaca-se a redução da área foliar, como forma de economizar água reduzindo a superfície transpirante (ZANG et al., 2014).

O ajustamento osmótico é a principal resposta fisiológica observada em diversas plantas submetidas ao estresse. Quando os níveis de salinidade da solução do solo encontram-se elevados, ocorre um acúmulo de solutos orgânicos, as plantas, sintetizam e acumulam metabólitos de baixo peso molecular definidos como, osmólitos, osmoprotetores ou solutos compatíveis. Esses solutos compatíveis não são tóxicos para a célula vegetal e, mesmo em altas concentrações no citosol, são compatíveis com a atividade. Atuam mantendo o potencial osmótico dentro da célula mais negativo, permitindo assim, que a planta absorva a água disponível para manter o seu turgor (TAIZ e ZEIGER, 2013; GUPTA e HUANG 2014). Zahoor et al. (2017) trabalhando com dois genótipos de algodoeiro, o Siza 3 e o Simian 3, submetidos ao estresse por seca, verificaram que esses cultivares apresentaram um bom ajustamento osmótico nas folhas funcionais aumentando o conteúdo de aminoácidos livres solúveis, açúcares inorgânicos e K^+ nas células.

Outro mecanismo de grande importância é a acumulação de íons Na^+ e Cl^- , que ocorre quando a planta acumula íons nos vacúolos celulares, impedido que se acumulem no citoplasma celular, evitando danos por toxicidade. Tal resposta é indicativo de plantas tolerantes ao estresse salino. Sousa et al. (2010), trabalharam com espécies distintas (algodão, feijão e sorgo) sob estresse osmótico e verificaram um maior acúmulo de Na e Cl no algodão, quando comparado com as outras espécies estudadas que apresentaram uma salinidade limiar inferior ao algodão, sendo consideradas mais sensíveis ao estresse salino.

A exclusão de Na^+ , também representa uma medida contra a salinidade, ocorre mediante um gradiente eletroquímico, gerado por uma proteína de membrana (H^+ -ATPase). Ao bombear prótons H^+ para o exterior da célula, gera um gradiente eletroquímico, capaz de produzir a força necessária ao antiporter Na^+ / H^+ , promovendo o transporte de um íon H^+ a favor de seu gradiente eletroquímico e o transporte de um íon Na^+ contra o gradiente para o meio extracelular (BLUMWALD, 2000).

Os mecanismos de acúmulo ou exclusão de Na^+ , ocorrem através da via SOS (Salt Overly Sensitive), onde um complexo de proteína quinase SOS3-SOS2 dependente de cálcio citosólico controla o nível, a expressão e a atividade dos transportadores de íons. Essa via é composta por três proteínas, SOS1, SOS2 e SOS3, que ao interagirem culminam na exclusão de Na^+ do citoplasma e, ainda, influenciam na ativação de outras proteínas transportadoras atuando para o restabelecimento da homeostase iônica (ZHU, 2002).

Efeitos bioquímicos também são observados como defesa por parte das plantas submetidas ao estresse. Esses mecanismos refletem no aumento de enzimas antioxidantes, que

atuam defendendo as plantas de espécies reativas de oxigênio (EROs) substâncias tóxicas formadas no protoplasma celular.

As espécies reativas de oxigênio mais conhecidas são: o oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$); o superóxido ($\text{O}_2^{\cdot-}$), o qual apresenta baixa capacidade oxidativa; peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que pode romper a membrana nuclear e causar danos a molécula de DNA, e o radical hidroxila (OH^{\cdot}), que apresenta alta reatividade (BARBOSA et al., 2014; RAJA et al., 2017).

Aumento de enzimas antioxidantes é observado em resposta ao aumento de EROs, como defesa para atuar na desintoxicação da célula. Entre as principais enzimas destacam-se: superóxido desmutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX). Além das enzimas atuam na desintoxicação outras moléculas não enzimáticas, como carotenoides, ácido ascórbico, vitamina E, flavonoides, prolina, glutathione, entre outras (NASCIMENTO e BARRIGOSS, 2014).

Trabalhando com estresse hídrico em nove genótipos de algodoeiro, Rodrigues et al. (2016) observaram aumentos de até 85, 52, 30 e 19% em SOD, para os genótipos CNPA 5M, BRS Seridó, BRS 286 e CNPA 7MH, respectivamente, tendo esses genótipos apresentado melhor ajuste ao estresse hídrico, quando comparados aos demais, pouco tolerantes.

Zhang et al. (2014), em trabalho com duas cultivares de algodoeiro, CCRI-79 tolerante ao sal e Simian 3 sensível, verificaram que o aumento nos níveis de salinidade, levou à um aumento também das enzimas antioxidantes em raízes e folhas de CCRI-79. Esse aumento propiciou uma maior eficácia na eliminação de H_2O_2 em folhas e raízes, com o genótipo CCRI-79 apresentando uma maior tolerância ao estresse.

Com tantos mecanismos de tolerância à salinidade, espera-se que seja derivada de um efeito multigênico, onde vários genes divididos em grupos funcionais diferentes estão em conjunto atuando mutuamente para minimizar os efeitos do excesso de sal. Esses genes codificam algumas proteínas que atuam na fotossíntese e outras ligadas ao transporte para o vacúolo, síntese de osmólitos e ativação de enzimas antioxidantes (PARIHAR et al 2014; GUO et al., 2015). Tratamentos com 200 mmol de NaCl em variedades de algodão, por 24h, foi o suficiente para ocorrer um aumento nos níveis de transcrição dos genes GhCAT1 e GhcAPX1, aumentando assim também o nível das enzimas antioxidantes correspondentes (WANG et al., 2016; RICHA et al., 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

Uma população composta por nove cultivares de algodão (Tabela 2), desenvolvidas pela Embrapa (BRS), Bayer® (FM) e Fundação Mato Grosso (FMT), foi usada neste estudo visando identificar materiais com tolerância ao estresse salino, baseando-se em descritores agrônômicos e fisiológicos.

O experimento foi conduzido no período de junho de 2016 a agosto de 2017, em ambiente protegido, casa de vegetação, com cobertura de fibro-polipropileno translucido e telados nas laterais, localizada na Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, situada na Rua Osvaldo Cruz, Campina Grande – PB cujas coordenadas geográficas são 7° 13'34,8" de latitude Sul e 35°54'22,3" de longitude oeste do meridiano de Greenwich.

3.2 Características climáticas

A cidade de Campina Grande está em uma altitude de 551 metros, possui clima do tipo Aw, segundo a classificação climática de Köppen e Geiser, considerado como seco sub-úmido. O período chuvoso está situado entre os meses de março a julho com precipitação pluviométrica em torno de 800 mm. A temperatura máxima média anual é de 28,7 °C e a mínima de 19,8 °C variando pouco ao longo do ano e umidade relativa do ar variando entre 72 e 91%.

3.3 Tratamento e delineamento experimental

Os tratamentos foram compostos pela combinação dos seguintes fatores: genótipos (GEN) e salinidade (SAL), sendo nove genótipos e dois níveis de salinidade. O fator genótipo foi representado pelas seguintes cultivares: G1-BRS Seridó, G2-BRS 286, G3- FM 966, G4-CNPA 7MH, G5-FMT 701, G6-CNPA 5M, G7-CNPA ITA 90, G8-FMT 701 e G9- BRS Rubi. O fator salinidade foi composto de dois níveis de condutividade elétrica: 6,0 dSm⁻¹ (Tratamento salino) e 0,6 dSm⁻¹ (Controle); esta última representando a ausência de salinidade.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, constituindo um arranjo fatorial 9 x 2, com quatro repetições, totalizando 72 parcelas, com duas plantas úteis em cada vaso, resultando em 144 unidades experimentais.

Tabela 2. Descrição dos nove genótipos de algodoeiro (variedades e híbridos), utilizados no experimento, Campina Grande – PB, 2017.

Genótipo	Tipo	Indicação	Característica
1- BRS Seridó	H	Semiárido	FB, TS, BP
2- BRS 286	H	Semiárido	FM, AP
3- FM 966	H	Cerrado	FB, P, AP
4- CNPA 7MH ¹	A	Semiárido	FB, TS, BP
5- FMT 701	H	Cerrado	FB, AP
6- CNPA 5M	A	Semiárido	FB, TS, AP
7- CNPA ITA 90	H	Cerrado	FB, TS, AP
8- FMT 705	H	Cerrado	FB, AP
9- BRS Rubi	H	Semiárido	FM, AP

¹ derivado de cruzamento entre mocó e herbáceo. H: herbáceo, A: arbustivo, FB: fibra branca, FM: fibra marrom; P: precocidade, AP: alta produtividade, BP: boa produtividade, TS: tolerância à seca,

3.4 Características físico-químicas do solo

O solo utilizado para preenchimento dos vasos classificado como areia franca, foi coletado no município de Campina Grande-PB. Uma amostra de 2 kg foi encaminhada ao departamento de solos, na Universidade Federal da Paraíba, setor de ciências do solo, onde foram realizados os testes laboratoriais (Tabela 3 e 4).

O solo de textura franco-arenosa, foi previamente fertilizado, de acordo com sugestões do Laboratório de Fertilidade do Solo, da Embrapa Algodão, com 8 g de sulfato de amônia aplicados em cada vaso individualmente, 310 g de cloreto de potássio diluídos em 10 L de água, aplicados 100 mL por vaso, e 100 mL de solução nutritiva contendo B, Cu, Mo, Mn, Fe e Zn (NOVAES et al., 1991).

Tabela 3. Características químicas do solo, usados no enchimento dos vasos, para cultivo de genótipos de algodoeiro sob estresse salino.

Análise de Fertilidade do Solo												
Água (1:2,5)		mg/dm³		Complexo Sortivo (mmolc/dm³)							g/Kg	
pH	P	SSO ₄	K ⁺	Na ⁺	H+Al ³	Al ³	Ca ²	Mg ²	SB	CTC	M.O.	
6,0	4,96	-	44,15	0,12	1,57	0,05	0,34	0,32	0,89	2,46	4,54	

Tabela 4. Características físicas do solo, usados no enchimento dos vasos, para cultivo de genótipos de algodoeiro sob estresse salino.

Análise Física do Solo										
-----g/kg-----			-g/kg-	-kg/dm ³ -	-g/cm ³ -	-kg/dm ³ -	-m ³ /m ³ -	-g/kg		
2-0,05	0,05-0,002	<0,002						0,01	0,33	
1,50										
Areia	Silte	Argila	AD	G.F	DS	DP	Porosidade	Umidade	Textural	
860	76	64	13	797	1,44	2,58	0,44	56-34-17	Areia Franca	

AD: Argila dispersa ; G.F: Grau de floculação; DS: Densidade do solo; DP: Densidade da partícula

3.5 Preparo da água salina

A água salina foi preparada no Laboratório de solos da Embrapa Algodão, a partir da dissolução de uma mistura de sais, na proporção 7:2:1 adaptado de Rhoads (1992), sendo respectivamente cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio bihidratado (CaCl 2H₂O) e cloreto de magnésio hexahidratado (MgCl 6H₂O). Foi utilizado para comprovar a condutividade elétrica CEa da água, um condutímetro de bolso (Hanna Water proof), após a diluição, buscando verificar se a mesma atingiu a CEa esperada de aproximadamente 6,0 dSm⁻¹. Esse valor foi adotado baseando-se no trabalho de Lima et al. (2017).

A água com a concentração de 0,6 dSm⁻¹ (Controle) foi proveniente de abastecimento. A condutividade elétrica foi determinada, para garantir que o seu valor fosse inferior à 1,0 dSm⁻¹, considerada não salina.

3.6 Instalação e condução do experimento

Sementes previamente deslintadas de cultivares de algodoeiro, foram fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPQ), selecionadas ao acaso e semeadas há 3 cm de profundidade, em vasos com capacidade para 32 L. Foram colocadas seis sementes por vaso, deixando-se apenas duas após o desbaste.

Os vasos utilizados apresentaram furo central com diâmetro de 8 mm, ao qual foi acoplado uma mangueira, para drenar o líquido lixiviado para outro recipiente, para que se fizesse um controle da condutividade elétrica através do líquido lixiviado. Os vasos ficaram suspensos sobre bancadas de ferro à uma altura de aproximadamente 1 m do piso, onde estavam os recipientes coletores do líquido lixiviado (FIGURA 2). No fundo de cada vaso foi colocado um disco em tela com malha de 1 mm, recortadas em círculo, com raio de 18 cm, sobre o qual foi colocado o solo.

O solo foi irrigado até a capacidade de campo para garantir o sucesso da germinação das sementes, de modo que todos foram irrigados com água de boa qualidade com ($0,6 \text{ dSm}^{-1}$) até os 24 dias após a germinação. A partir desse momento teve início a irrigação com água salina, que se deu quando as plantas estavam com quatro folhas verdadeiras conforme Zhang et al. (2014), correspondendo ao estágio V4. Nesta fase, considera-se folhas verdadeiras as que estiverem expandidas, apresentando a nervura principal do limbo maior que 2,5 cm (MARUR e RUANO, 2001). As irrigações, foram realizadas com um recipiente graduado.

Usou-se turno de rega de dois dias, mantendo-se o solo próximo a capacidade de campo, sendo os volumes de água aplicados de acordo com a necessidade hídrica das plantas, utilizando o coeficiente da cultura (K_c) conforme Oliveira et al. (2013), Balanço hídrico: volume de água aplicado menos o volume de água drenado na irrigação (ALMEIDA et al., 2015), e a evapotranspiração com o auxílio de um tanque evaporímetro, instalado dentro da casa de vegetação.

Para evitar acúmulo de sais no solo, foi realizada uma lixiviação durante o experimento. Para a sua realização, foi elevada a umidade da lâmina de água, superior a 20% da capacidade de campo do solo, coletando-se o volume percolado para análise da condutividade elétrica, de acordo com a metodologia de Richards (1954).



Figura 2. Visão geral do experimento, com plantas de genótipos de algodoeiro submetidas ao estresse salino e o controle, Campina Grande – PB, 2017.

3.7 Variáveis analisadas

As coletas de dados iniciaram a partir dos 15 dias de estresse salino e finalizaram aos 35 dias de estresse.

3.7.1 Análises de crescimento

A análise de crescimento foi realizada a cada dez dias, a partir do 15º dia de estresse salino, em três datas distintas, por meio da mensuração da altura da planta (AP), diâmetro da haste principal (DH), número de nós (NN) e número de folhas (NF). A altura da planta foi estimada pela distância entre a base do caule, até a inserção da folha mais nova, com o uso de uma trena métrica. O diâmetro da haste foi mensurado à uma altura de 2,0 cm do solo com o auxílio de um paquímetro digital, o número de folhas foi contabilizado considerando-se apenas as folhas totalmente expandidas e com nervura central medindo 2,5 cm de comprimento com coloração verde e uniforme refletindo seu estado funcional.

3.7.2 Análises de trocas gasosas e fluorescência

A análise das trocas gasosas foi realizada aos 25 dias após o início do estresse salino, na fase que precedia o início da floração. Foram coletados dados de condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (C_i), transpiração (E), fotossíntese líquida (A), Eficiência instantânea do uso da água ($EiUA$) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC), com auxílio do

analisador de gás infravermelho (IRGA, modelo LCpro+, ADC), em folhas jovens completamente expandidas situadas na parte superior da copa. Os dados climáticos foram ajustados para 25 C°, irradiação de 1600 $\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 ml min^{-1} (FIGURAS 3A e 3B)

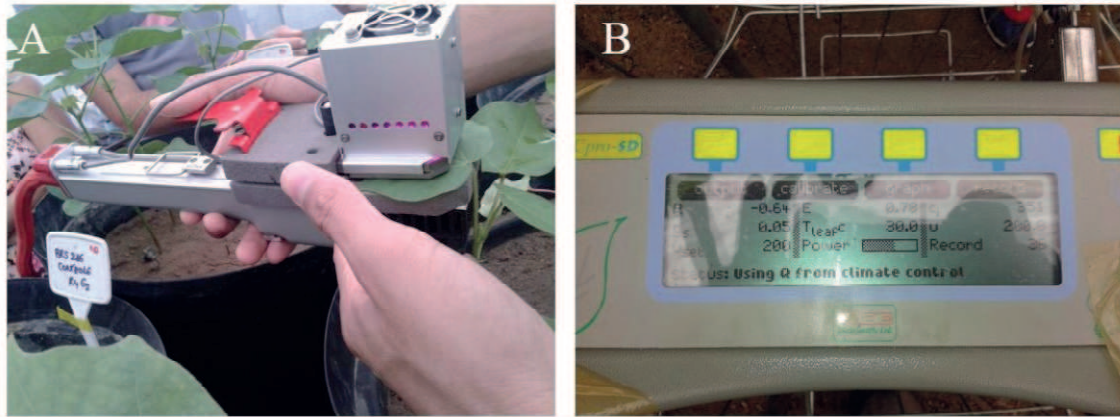


Figura 3. Análises de trocas gasosas em genótipos de algodoeiro com 25 dias de estresse salino. A: pinça foliar com luz acoplada realizando a leitura de trocas gasosas na folha; B: analisador de gás infravermelho – IRGA- fornecendo os dados de trocas gasosas.

As variáveis de fluorescência (fluorescência inicial- F_0 , fluorescência máxima- F_m , fluorescência variável- F_v e rendimento quântico potencial- F_v/ F_m) foram coletadas com auxílio de fluorômetro não modular (Plant Efficiency Analyser – PEA II, Hansatech Instruments, UK). Pinças foliares (leaf clips) foram colocadas nas folhas jovens situadas na parte superior da copa e mantidas no escuro por 30 min. (FIGURA 4).



Figura 4: Etapas de análise de fluorescência em genótipos de algodoeiro com 25 dias de estresse salino. A: pinça foliar (leaf clips) colocada na folha; B: leitura da fluorescência após 30 min de adaptação ao escuro; C: fluorômetro não modular, com visor apresentando os dados de F_0 , F_m e F_v/F_m .

3.7.3 Análises estatísticas e modelos multivariados adotados

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors e posteriormente à análise de variância (ANAVA) pelo teste F ($p \leq 0.01$) e as médias comparadas pelo teste Scott - Knott ($p < 0.05$).

A diferença entre as médias das variáveis fisiológicas obtidas nos tratamentos controle e estresse e que foram significativas no teste F, foi usada para classificação dos genótipos, adotando-se o método hierárquico (UPGMA, Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages) e não hierárquico (componentes principais) como modelos multivariados. Para adequação do método hierárquico estimou-se o coeficiente de correlação cofenética (SOKAL e ROHLF, 1962). A medida adotada para estimar a dissimilaridade entre os genótipos foi a Distância Euclidiana.

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com auxílio do software GENES, versão 2017.3.31 (CRUZ, 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de crescimento

Nove genótipos de algodoeiro foram submetidos ao estresse salino, iniciado na fase V4, e avaliados durante 35 dias após o início do estresse, nos aspectos de crescimento e fisiológico. As análises de crescimento foram procedidas a cada 10 dias. Durante o período de avaliação, nenhum sinal expressivo foi visualizado no crescimento das plantas irrigadas com água salina (CEa de 6,0 dSm⁻¹), baseando-se na análise estatística realizada aos 15 e 25 dias de estresse (dados não apresentados). Aos 35 dias contudo, os sintomas se tornaram visíveis, representados por deformações e espessamento nas folhas e redução no crescimento, na maioria das plantas. Nesta fase, verificou-se diferença estatística significativa entre genótipos para todas as variáveis (Tabela 5), porém diferença entre os tratamentos foi detectada apenas para altura das plantas. Efeito de interação G x T foi observado para altura da planta e diâmetro da haste, indicando que as cultivares responderam diferentemente ao estresse submetido, apenas nessas variáveis (Figura 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento nas cultivares de algodão submetidas a 35 dias de estresse salino

SV	GL	AP	QM DH	NN	NF
Genótipo (G)	8	72.35**	3.07**	4.69**	7.76**
Tratamento (T)	1	135.98**	0.04	0.12	0.34
G x T	8	47.39**	0.40**	1.15	1.40
Bloco/T	6	0.69	0.30	0.60	1.01
Erro	48	1.42	0.11	0.66	1.12
Média		34.10	5.12	6.93	7.51
CV (%)		3.49	6.70	11.80	14.13

** - significativo a 1%, pelo teste F; FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; AP: Altura da planta; DH: Diâmetro da haste principal; NN: Número de nós da haste principal; NF: Número de folhas.

A interação genótipo x tratamento é uma informação muito importante nessa análise, pois quando significativa, como observado para AP e DH (Tabela 5), permite inferir que os genótipos, tem comportamento diferenciado quanto ao estresse imposto, indicando que os mesmos possuem mecanismos genéticos que conferem tolerância ao estresse.

Na Figura 5 se encontra as medias de altura da planta (5A) e diâmetro da haste (5B) das cultivares submetidas a estresse salino, durante 35 dias. Observa-se que das nove cultivares

testadas, três (CNPA 7MH, CNPA 5M e CNPA ITA 90) apresentaram redução no crescimento (FIGURA 5A), e apenas CNPA 5M e FMT 705 apresentaram redução no diâmetro da haste. Embora as diferenças encontradas tenham sido pequenas, esses resultados indicam que CNPA 5M foi mais afetada pela salinidade no período avaliado. Essa resposta, contudo, pode não estar diretamente associada a falta de tolerância da cultivar ao estresse imposto, mas sim, a fase em que ela foi avaliada, que é diferente das demais cultivares testadas. A CNPA 5M é um tipo perene da subsp. Marie Galant, de hábito semi arbustivo e largamente tolerante a ambientes de alta insolação e baixa disponibilidade hídrica (Rodrigues et al, 2016; Carvalho et al, 2014). Embora o início do estresse tenha sido estabelecido para a fase V4 para todas cultivares, acredita-se que essa fase tenha sido ainda muito tenra para essa cultivar, em função de sua fenologia tardia.

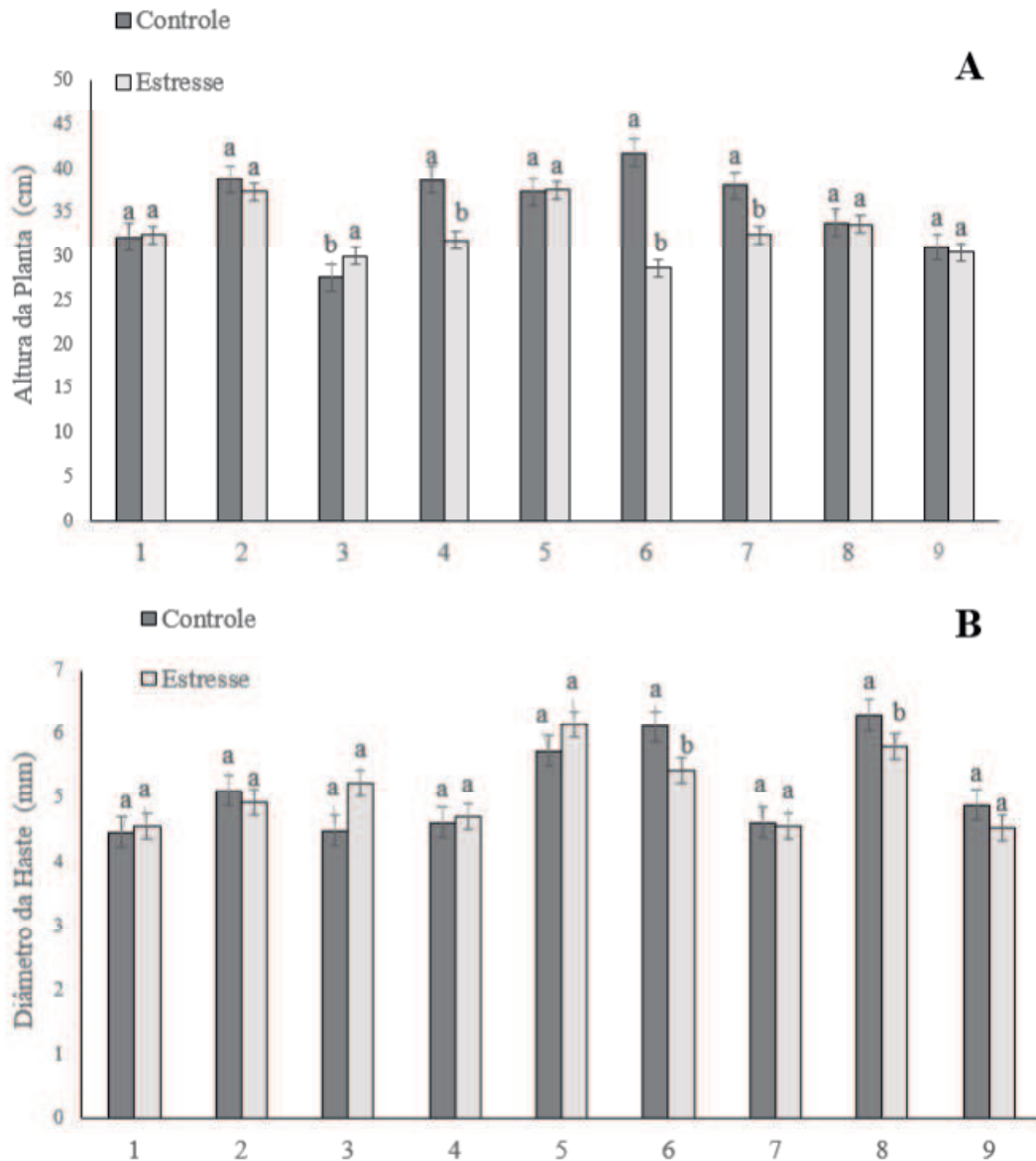


Figura 5. Média de altura das cultivares de algodão submetidas a CEa de 6.0dSm^{-1} , durante 35 dias de estresse salino. 1- BRS Seridó, 2- BRS 286, 3- FM 966, 4- CNPA 7MH, 5- FMT 701, 6- CNPA 5M, 7- CNPAITA 90, 8- FMT 705, 9- BRS Rubi. Médias dos tratamentos salino em cada genótipo seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott - Knott.

A literatura disponibiliza vários artigos reportando sobre a seletividade de genótipos de algodão quanto a tolerância a salinidade. De acordo com Hassan et al (2014), embora o algodoeiro tenha tolerância a ambientes salinos, a sensibilidade da cultura na fase de produção é perceptível. Redução na biomassa, decorrentes das limitações do crescimento radicular, expansão da área foliar e produção de matéria seca são amplamente reportados. Lima et al (2017), submeteram a cv Rubi a 5 níveis de CEa (5.1 até 9.1 dSm^{-1}), durante 120 dias, e viram alterações de crescimento, referentes à altura, diâmetro da haste, área foliar, matéria seca das

hastes e folhas e produção de capulhos nas CEa superiores a $6,0 \text{ dSm}^{-1}$. No presente trabalho, denota-se que nessa condutividade as cultivares de algodão herbáceo não foram drasticamente afetadas no crescimento, baseando-se nas diferenças de altura e no diâmetro da haste. Apesar da detecção de diferença estatística para essas variáveis, acredita-se que o crescimento das cultivares possam ser perfeitamente recuperáveis, com a finalização do estresse.

Como a tolerância a salinidade é genótipo-dependente, a resposta do genótipo irá depender de sua herança e da condição de estresse a que será submetida. Silva et al (2017) submeteram a cultivar colorida Topázio a quatro condições de salinidade, baseando-se nas CEa de 1,5; 3,0; 4,5 e $6,0 \text{ dSm}^{-1}$ e verificaram que o crescimento da cultivar foi bastante prejudicado na condutividade de $6,0 \text{ dSm}^{-1}$, com expressiva redução do diâmetro da haste, altura das plantas, número de folhas e área foliar, nos períodos de 53 a 108 de estresse. De acordo com os autores, aumentos progressivos da CEa (1,5; 3,0; 4,5 e $6,0 \text{ dSm}^{-1}$) levaram à uma redução na altura da planta na ordem de 31,93% em 53 dias e 46,34% aos 108 dias de estresse, além de redução de 9,6% no número de folhas aos 53 dias de estresse.

Qadir e Shams (1997) submeteram quatro cultivares de algodão a níveis crescentes de sal, nas CEa de 10 a 20 dSm^{-1} , até a fase de início da floração. Os autores verificaram que o crescimento foi prejudicado em todas cultivares, porém em duas tolerantes, verificou-se melhor ajustamento osmótico, seguido de menor relação Na^+/K^+ e Cl^- nas folhas. Apesar de se tratar de concentrações elevadas de sal, foi possível identificar materiais tolerantes para auxiliar nos trabalhos de melhoramento.

4.2 Parâmetros fisiológicos

As informações relativas as trocas gasosas e fluorescência das cultivares foram tomadas aos 25 dias após o início do estresse salino, na fase que antecede a floração. Diferenças estatísticas significativas ($p < 0,01$) foram encontradas entre cultivares e na interação C x T, para todas variáveis, exceto C_i , indicando que as cultivares apresentaram níveis diferentes de tolerância, em função do estresse submetido. Para tratamento foram encontradas diferenças apenas para F_o , F_v/F_m e $EiUA$.

Tabela 6. Resumo da análise de variância das variáveis fisiológicas registradas nas cultivares de algodão submetidas a 25 dias de estresse salino.

FV	GL	A	gs	E	Ci	Fo	Fm	Fv	Fv/Fm	EiUA	EiC
Cultivar (C)	8	0,03**	0,010**	0,47**	12,6	195**	256**	266**	0,001**	0,018**	0,01**
Tratamento (T)	1	0,001	0,003	0,18	3,40	127*	934	175	0,001**	0,004*	0,01
C x T	8	0,024* *	0,005**	0,66**	9,96	40,1**	247**	236**	0,001**	0,027**	0,01**
Bloco/T	6	0,001	0,001	0,04	18,9	19,4	483	393	0,001	0,001	0,01
Residuo	4	0,001	0,001	0,03	8,93	9,60	269	270	0,001	0,001	0,01
Média		0,24	0,15	1,77	326	137	558	421	0,75	0,14	0,01
CV (%)		12,6	15,0	9,38	0,91	2,25	2,93	3,90	1,19	18,3	10,0

*; ** - significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F; FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; A: Fotossíntese; gs: Condutância estomática; E: Transpiração; Ci: Carbono interno; Fo: Fluorescência inicial; Fm: Fluorescência máxima; Fv: Fluorescência variável; Fv/Fm: Rendimento quântico potencial. Eficiência instantânea no uso da água (EiUA); Eficiência instantânea de carboxilação (EiC).

Na Figura 6 se encontra o comportamento das cultivares quanto as trocas gasosas, analisado nas folhas completamente expandidas, no período de 8:00h as 10:00h. Das nove cultivares avaliadas, apenas quatro (BRS Seridó, CNPA ITA 90, FMT 705 e BRS RUBI) conseguiram vencer o estresse osmótico imposto pelo ambiente salino, por meio de mecanismos diferentes, que proporcionou aumento ou manutenção da taxa fotossintética (A) (Figura 6A), com manutenção ou redução da condutância estomática (gs) (Figura 6B), e transpiração (E) (Figura 6C).

CNPA ITA 90 e FMT 705 tiveram comportamento peculiar, uma vez que conseguiram elevar a taxa de fotossíntese mesmo com o fechamento dos estômatos (Figura 6B), cuja estratégia foi relevante para evitar a perda de água nos tecidos, via transpiração. A taxa de transpiração desses materiais foi reduzida em 27,3% e 35,9% respectivamente, denotando ajuste na retenção de água, seguido pela BRS Seridó que teve redução, de 16,9 % (Figura 6C). A transpiração é uma fonte de variação importante para a fotossíntese, de acordo com Adnan et al. (2016), plantas submetidas ao estresse salino apresentam redução na transpiração, uma vez que essa redução é efetuada como forma de conservar a água dos tecidos.

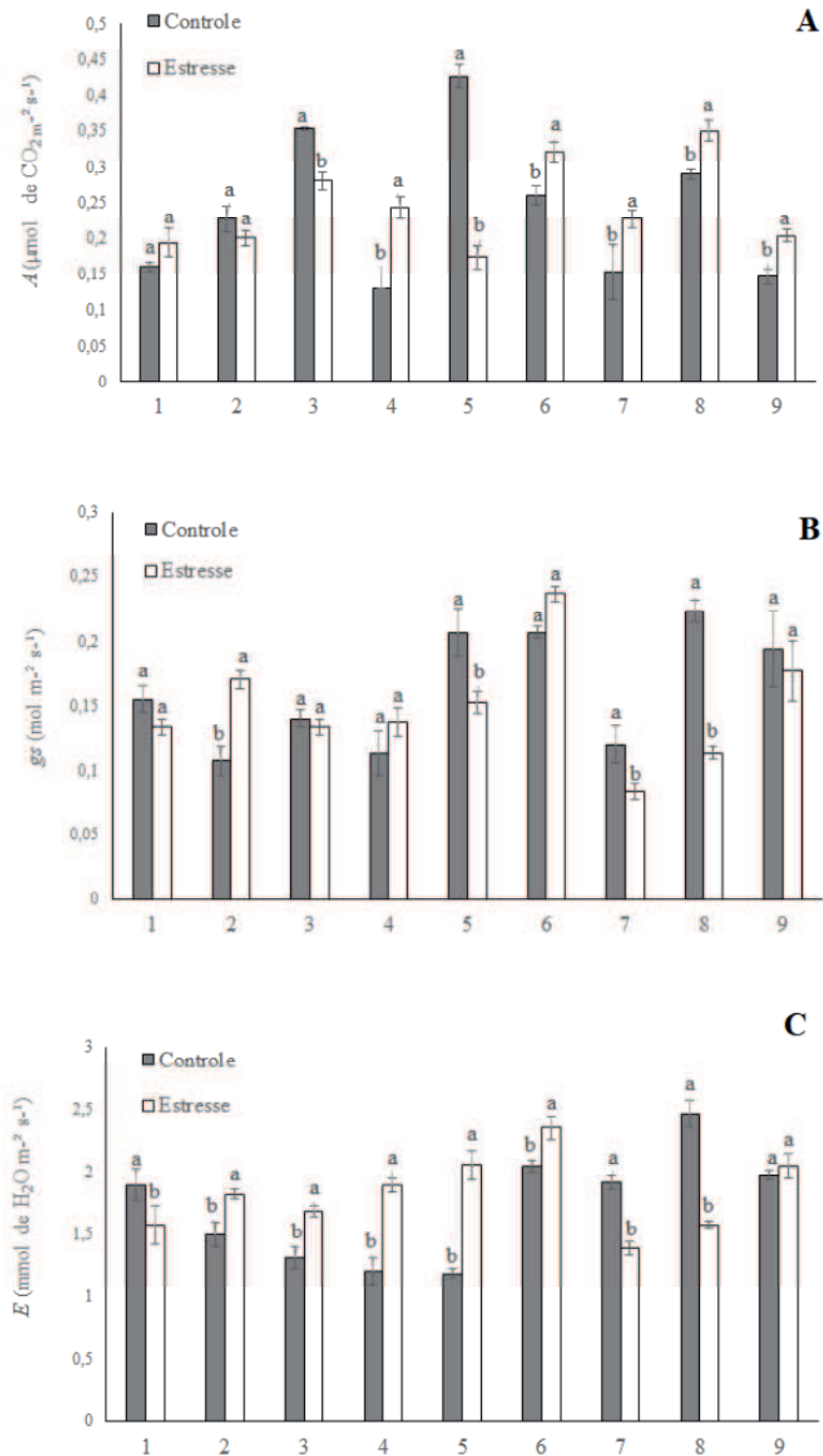


Figura 6. Média das trocas gasosas registrada nas cultivares de algodão, após 25 dias de estresse salino, em CEa de 6,0 dSm⁻¹. A: Fotossíntese (A), B: Condutância estomática (gs), C: Transpiração (E); Médias dos tratamentos salino em cada genótipo seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F. 1- BRS Seridó, 2- BRS 286, 3- FM 966, 4- CNPA 7MH, 5- FMT 701, 6- CNPA 5M, 7- CNPAITA 90, 8- FMT 705, 9- BRS Rubi. Médias dos tratamentos salino em cada genótipo seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott – Knott.

A Figura 7 contém os valores de $EiUA$ (7A) e EiC (7B). Verifica-se que BRS Seridó, CNPA 7MH, CNPA 5M, CNPA ITA 90, FM 705 e BRS Rubi, foram eficientes nessas variáveis, indicando que elas tiveram melhor ajustamento para utilizar a água e o carbono disponíveis, na condição de estresse a que foram submetidas. Entre essas, destacam-se BRS Seridó, CNPA ITA 90, FMT 705 que aumentaram a eficiência em fixar o CO_2 em função da E , o que resultou em aumento da eficiência instantânea no uso da água $EiUA$ (Figura 7A), contribuindo para manutenção da fotossíntese, é esperado que essas cultivares apresentem uma maior concentração de alelos favoráveis para tolerância ao estresse salino, visto que em uma concentração de 6.0 dSm^{-1} na água de irrigação, não apresentaram danos fisiológicos.

A tolerância à salinidade, é um efeito multigênico, de acordo com GUO et al. (2015), algodoeiros com diferentes graus de tolerância, exibem diferentes níveis de expressão, genes induzidos em genótipos tolerantes, são ao mesmo tempo reprimidos em genótipos sensíveis, e variedades tolerantes ao sal podem apresentar um mecanismo específico para responder ao estresse, com fator de transcrição, desintoxicação, metabolismo hormonal e outros, que causam mudanças fisiológicas permitindo que a planta se aclimate as condições do meio ambiente.

As cultivares CNPA 5M e CNPA 7MH, que são cultivadas em ambiente semiárido, em várias situações de salinidade do solo, apresentaram um comportamento diferenciado, elevando a fotossíntese e mantendo a condutância estomática, porém aumentaram a taxa de transpiração. Essa elevação, contudo, não resultou em limitação das $EiUA$ e EiC , indicando que essas cultivares podem ter adquirido habilidades de tolerar a salinidade em função da condição climática que elas naturalmente convivem.

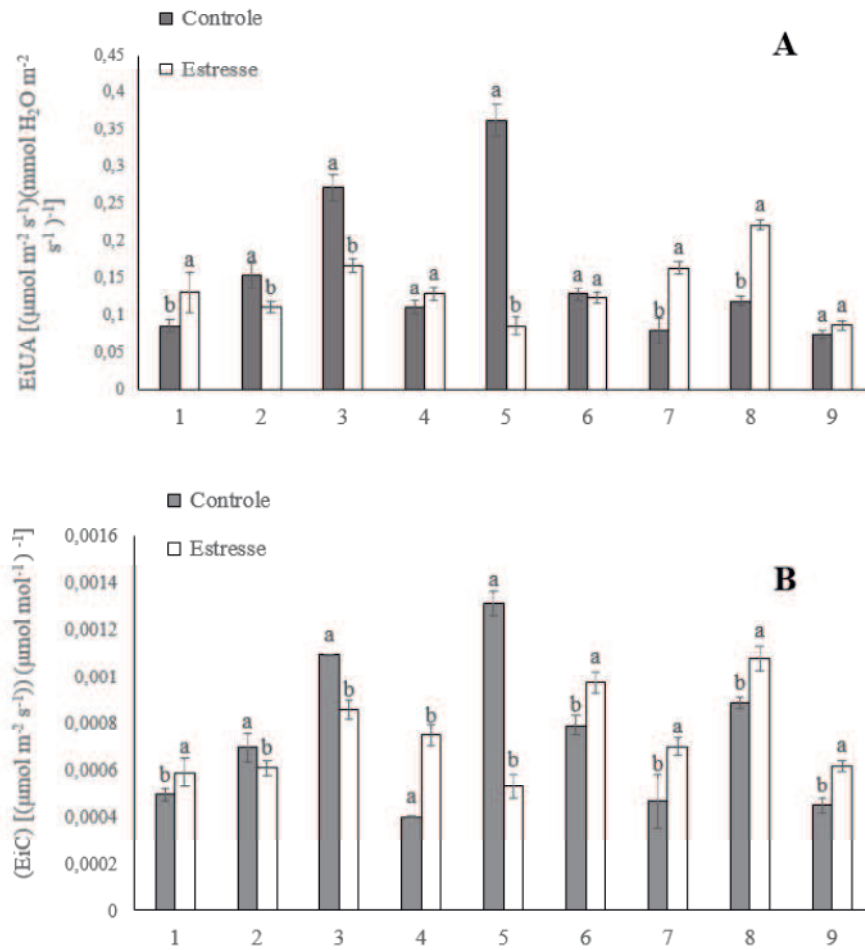


Figura 7. Média das Eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) e Eficiência intrínseca de carboxilação (*EiC*) nas cultivares de algodão, após 25 dias de estresse salino, em CEA de 6,0 dSm⁻¹. Médias dos tratamentos salino em cada genótipo seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott – Knott. 1- BRS Seridó, 2- BRS 286, 3- FM 966, 4- CNPA 7MH, 5- FMT 701, 6- CNPA 5M, 7- CNPAITA 90, 8- FMT 705, 9- BRS Rubi.

4.3 Fluorescência Fo, Fm, Fv e Fv/Fm

As médias de fluorescência das cultivares submetidas a estresse salino se encontram na Figura 8. Verificou-se congruência dos resultados, baseando-se com os dados obtidos nas trocas gasosas, onde se identificou que BRS Seridó, CNPA ITA 90, FM 705e BRS Rubi mantiveram a eficiência fotossintética (Figura 8A, B e C), indicando que a salinidade, na condutividade elétrica adotada, não afetou a transferência de elétrons do complexo antena para o fotossistema II, nessas cultivares.

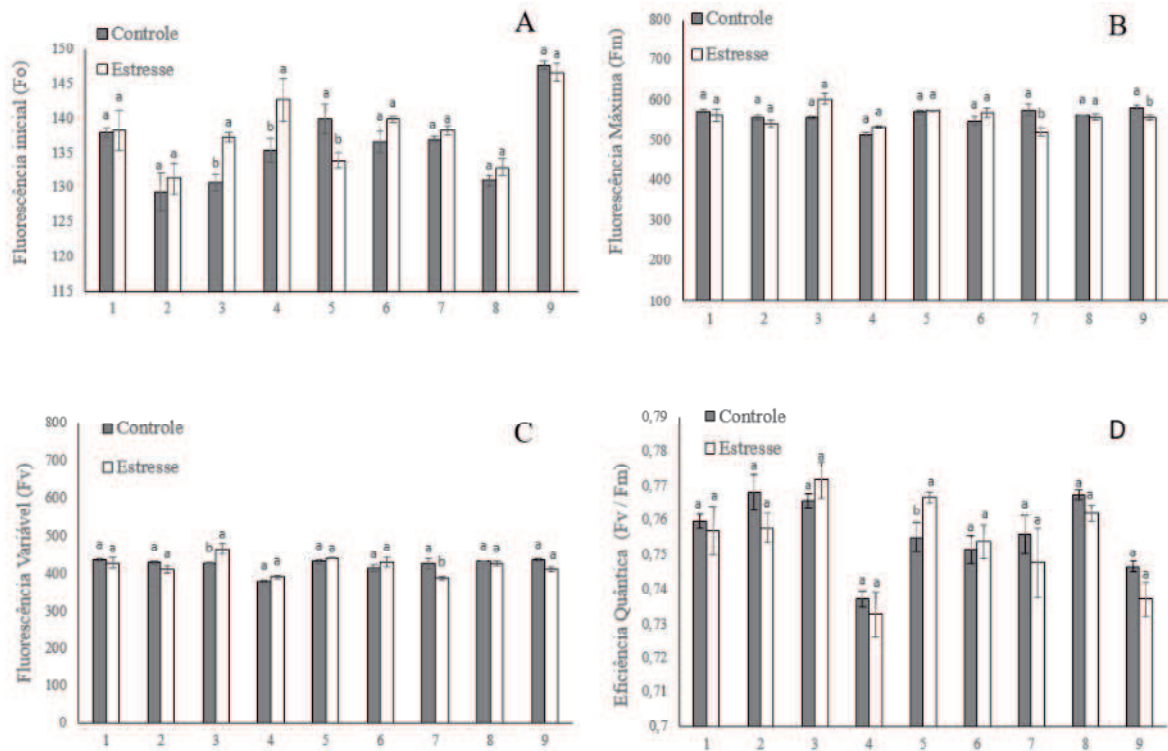


Figura 8. Análise da fluorescência da clorofila *a*, em nove genótipos de algodoeiro, submetidos a 25 dias de estresse salino; A) F_o : fluorescência inicial; B) F_m : fluorescência máxima; C) F_v : fluorescência variável; D) F_v/F_m eficiência quântica do fotossistema II: 1: BRS Seridó; 2: BRS 286; 3: FM 966; 4: CNPA 7MH; 5: FMT 701; 6: CNPA 5M; 7: CNPA ITA 90; 8: FMT 705; 9: BRS Rubi. Médias dos tratamentos salino em cada genótipo seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F.

A manutenção da eficiência fotossintética é um sinal de tolerância a estresse abiótico, pois de acordo com Bolhàr-Nordenkamp et al. (1989), a estimativa de F_v/F_m se configura um indicador confiável do dano fotoinibitório, cujo valor deve se situar entre 0,75 e 0,85, como observado para as cultivares citadas.

A salinidade é um tipo de estresse abiótico que ocorre frequentemente em vários tipos de solos, com efeitos mais acentuados em regiões áridas e semiáridas. No aspecto fisiológico, o excesso de sal prejudica a homeostase osmótica e iônica celular, comprometendo a fotossíntese e levando a desequilíbrios redox. Com o decorrer do estresse, as estruturas celulares têm seu metabolismo alterado, levando as plantas ao crescimento anormal e até à morte (Zhang et al, 2013; Bolhàr-Nordenkamp et al, 1989).

O efeito da salinidade na fotossíntese foi observado por Zhang et al. (2013) que submeteram, duas cultivares de algodoeiro à níveis crescentes de salinidade no solo (1,2; 5,8;

9,6; 13,2 e 14,6) avaliando os efeitos decorrentes da salinidade nas fases de floração e formação das maçãs, observaram que a partir de $5,8 \text{ dSm}^{-1}$ as taxas de fotossíntese e F_v/F_m foram maiores na cultivar tolerante quando comparada com a sensível. Comprovaram ainda, que a redução fotossintética na cultivar sensível, está associada a mudanças nas insaturações dos lipídeos das membranas do tilacóide, o que leva a alterações na estabilidade da membrana.

Peng et al. (2016) avaliaram o efeito da salinidade ($6,0$ e 11 dSm^{-1}) sobre o metabolismo de sacarose das folhas em genótipos tolerante e sensível de algodão, foi verificado redução do teor de clorofila e a taxa de fotossíntese líquida (P_n) nas plantas, decorrente do aumento na concentração de sal no solo. A taxa de transpiração e condutância estomática nas folhas jovens e completamente expandidas foram reduzidas na planta sensível, seguidas de declínio da C_i . No algodão, cerca de 60% a 87% do carbono nas maçãs provém da absorção de CO_2 e as folhas jovens e brácteas são as principais responsáveis pela acumulação de biomassa (CONSTABLE e RAWSON, 1980; WULLSCHLEGER e OOSTERHUIS, 1990).

4.4 Clusterização das cultivares via métodos multivariados

Dois métodos de clusterização não-hierárquico (PCA) e hierárquico (UPGMA) foram adotados para classificação das cultivares submetidas a estresse salino. A matriz de similaridade foi construída a partir da diferença entre as médias das variáveis que revelaram diferença estatística significativa entre cultivares. A contribuição relativa dos caracteres para a divergência genética foi estimada de acordo com o descrito em Singh (1981).

Na Tabela 7 se encontra a estimativa dos autovalores e o percentual acumulado dos componentes principais. Verificou-se que toda variação só pode ser explicada pelos três primeiros autovalores (82,19%), cuja dispersão gráfica foi representada de forma tridimensional (Figura 9). Quatro grupos foram identificados, sendo o primeiro (I) representado pelas cultivares BRS Seridó, BRS 286, FMT 705 e BRS Rubi; o segundo grupo (II) agrupou apenas a CNPA ITA 90, enquanto os terceiro e quarto grupos (III e IV), contiveram 2 cultivares cada, representadas por CNPA 5M e CNPA 7MH, ambas também de elevada tolerância a ambiente semiárido (Rodrigues et al, 2016), e FM 966 e FMT 701, ambas cultivadas nos cerrados do Centro Oeste e Nordeste brasileiros.

Tabela 7. Autovalores (variâncias), percentuais de variância isolada e acumulada dos componentes principais obtidas a partir da matriz formada pelas variáveis agronômicas e fisiológicas em genótipos de algodoeiro submetidos ao estresse salino.

Componentes	Autovalor	Variância (%)	Var. Acumula(%)
CP 1	4,360	39,64	39,64
CP 2	3,004	27,31	66,95
CP 3	1,676	15,23	82,19
CP 4	0,8545	7,768	89,96
CP 5	0,6274	5,704	95,67
CP 6	0,3893	3,543	99,21
CP 7	0,0717	0,6624	99,86
CP 8	0,0151	0,1373	100,0

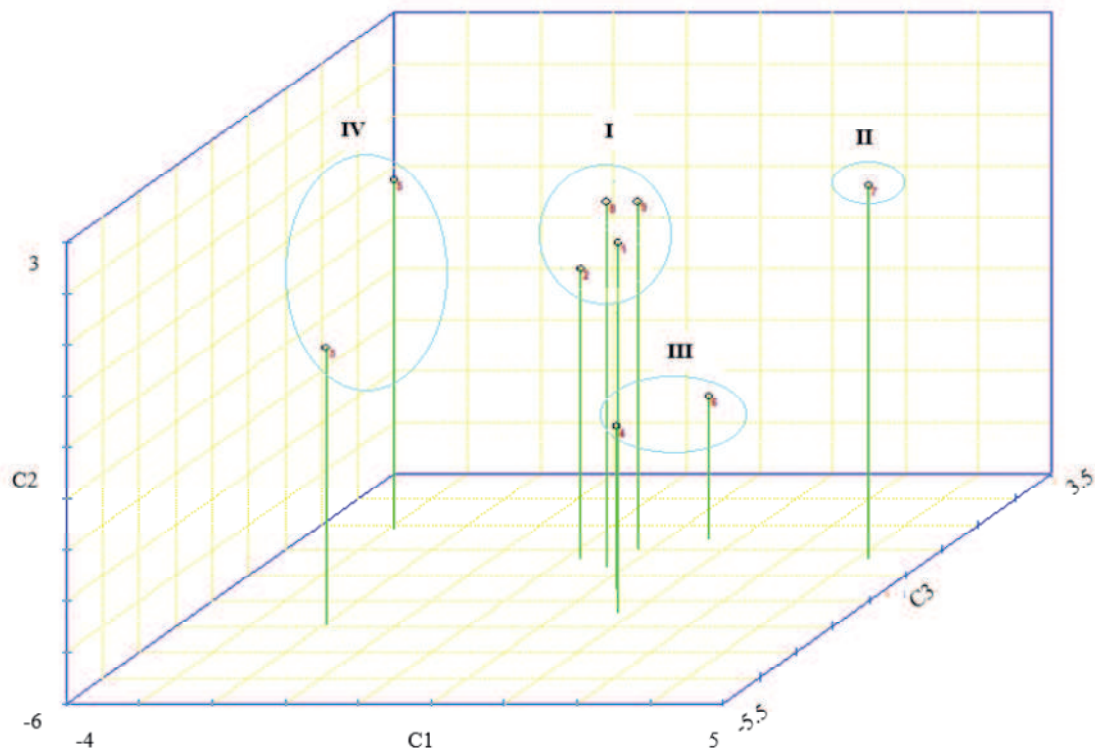


Figura 9. Dispersão gráfica para nove genótipos de algodão submetidos a 25 dias de estresse salino, método biométrico de componentes principais. Grupo I: FMT 705 e BRS Rubi, BRS SERIDÓ e BRS 286, Grupo II: CNPA ITA 90, Grupo III: CNPA 5M e CNPA 7MH, Grupo IV: FM 966 e FMT 701.

A contribuição relativa dos caracteres, baseada em Singh (1981), mostrou que as variáveis mais contributivas para classificação das cultivares foram *A*, *E* e *gs*, com valores de 38, 28, 21% de variação respectivamente.

A análise de agrupamento via UPGMA foi adotada com intuito de confirmar os resultados obtidos pelo método não-hierárquico. Na Figura 10 se encontra o dendrograma gerado pela matriz de similaridade, adotando-se o índice de 80%. A composição dos grupos gerados foi idêntica aos formados pela dispersão gráfica, mostrada na Figura 9, demonstrando confiabilidade na adoção dos dois métodos usados. Baseando-se no resultado dos dois métodos, percebe-se que as cultivares BRS Seridó, BRS 286, FMT 705 e BRS Rubi revelaram comportamento similar em todo processo das etapas de crescimento e fisiológicas estudadas. Duas dessas cultivares são de ampla adaptação ao ambiente semiárido (BRS Seridó e BRS Rubi), uma de dupla adaptação ambiental (BRS 286 e BRS 286) e uma de adaptação aos cerrados respectivamente (Rodrigues et al, 2016). Com exceção da BRS Rubi, que é uma cultivar colorida, as demais são de elevada produtividade e excelentes características de fibras, atendendo as demandas nacionais da indústria têxtil. Trata-se, portanto, de excelentes recursos genéticos para uso em trabalho de melhoramento, especialmente a BRS Seridó com restrição hídrica (Rodrigues et al, 2016), situação muito comum na região semiárida do nordeste brasileiro. Outras oportunidades de combinação podem ser estudadas, desde que se foque nas principais demandas do mercado têxtil e dos agricultores.

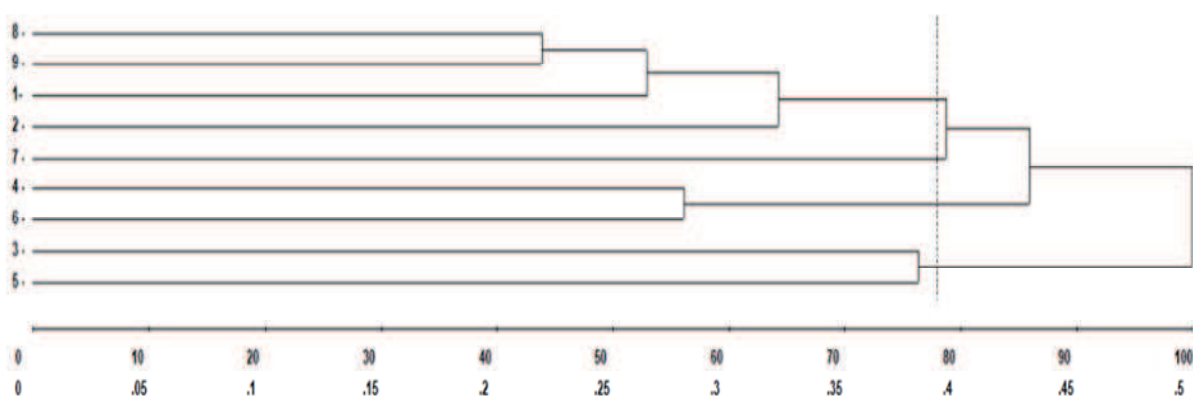


Figura 10. Dendrograma obtido pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA, a partir da matriz de dissimilaridade gerada com nove cultivares de algodão submetidos a estresse salino. 1: BRS Seridó; 2: BRS 286; 3: FM 966; 4: CNPA 7MH; 5: FMT 701; 6: CNPA 5M; 7: CNPA ITA 90; 8: FMT 705; 9: BRS Rubi

Os resultados obtidos nesse trabalho são contributivos para auxiliar nos processos seletivos de genitores visando tolerância a estresse salino. As cultivares usadas nesse estudo fazem parte de um pool de genitores de elite e tem sido amplamente utilizada em trabalhos de cruzamentos, visando agregar melhoria na qualidade da fibra e tolerância a estresse hídrico. Rodrigues et al (2016) identificaram grupos de cultivares de elevada tolerância a seca, como CNPA 5M e CNPA 7MH, que poderiam ser utilizadas em cruzamentos dialélicos com BRS Seridó, CNPA ITA 90, FM 705 ou BRS Rubi de modo a agregarem tolerância a salinidade e melhoria das fibras. Outras oportunidades de combinação podem ser estudadas, desde que se foque nas principais demandas do mercado têxtil e dos agricultores.

5. CONCLUSÃO

Três cultivares de algodão usadas nesse trabalho, BRS Seridó, CNPA ITA 90, FM 705 e BRS Rubi, se revelaram como tolerantes ao estresse salino, baseando-se em análise de crescimento e descritores fisiológicos. As três cultivares são recomendadas para cultivo nos cerrados do centro Oeste e baiano, embora a BRS Seridó também tenha adaptação ao ambiente semiárido. Considerando-se a plasticidade genética desses materiais, sugere-se que elas possam ser de grande contribuição em trabalhos de melhoramento, visando angariar tolerância a estresses salino e hídrico, além de melhoria na qualidade das fibras.

REFERÊNCIAS

- ADNAN, M. Y.; HUSSAIN, T.; ASRAR, H.; HAMEED, A.; GUL, B.; NIELSEN, B. L.; KHAN, M. A. *Desmostachya bipinnata* manages photosynthesis and oxidative stress at moderate salinity. **Flora**, v. 225, p.1-9, 2016.
- ALMEIDA, L. L. S.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P.; BARBOSA, J. L.; ELIAS, J. J. Crescimento do algodoeiro colorido pós-poda em solos com distintas PSTs e doses de esterco. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.10, p.06-11, 2015.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, FAO, p. 153,1999.
- BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v.44, n.3, 2014.
- BELTRÃO, N. E. M. **Fisiologia da Produção do Algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 8p. (Circular Técnica, 94)
- BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; ALBUQUERQUE, W. G. Ecofisiologia do Algodoeiro In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. **O Agronegócio do Algodão no Brasil** . 2 ed. Brasília, DF: 2008, v. 2. p. 570-580.
- BLUMWALD E. Sodium Transport and Tolerance in Plants. *Current Opinion in Cell Biology*, v. 12, p. 431-434, 2000.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; OQUIST, G.; SCHREIBERS, U; LECHNER, E. G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, v.3, n.4, p. 497-514, 1989.
- CARVALHO, L. P.; LANZA, M. A.; FALLIERI, Joel; SANTOS, J. W. Análise da diversidade genética entre acessos de banco ativo de germoplasma de algodão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1149-1155, 2003.
- CARVALHO, L.P.; FARIAS, J.F.C.; LIMA, M.M.A.; RODRIGUES, J.I.S. Inheritance of different fiber colors in cotton (*Gossypium barbadense* L.). **Crop Breed. Appl. Biotechnol.** n.14, v.4, p.256-260, 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: quinto levantamento da safra 2017/2018, fevereiro, 2018.** Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_02_08_17_09_36_fevereiro_2018.pdf

CONSTABLE G, RAWSON H Carbon production and utilization in cotton: Inferences from a carbon budget. **Funct Plant Biol.** n.7, v. 5, p.539-553, 1980.

CRONN, R. C.; SMALL, HASELKORN, R. L.; T.; WENDEL, J. F.; Rapid Diversification of the Cotton Genus (*Gossypium: malvaceae*) Revealed by Analysis of Sixteen Nuclear and Chloroplast Genes American **Journal of Botany**, v. 89 n. 4, 707-725. 2002.

CRUZ, C. D. GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy.** v.35, p.271-276, 2013.

DANIEL, V. C.; SEVILHA, R. R.; SILVA, F. F.; ZONETTI, P. C. Germinação e crescimento de plântulas de algodão colorido sob condições de estresse salino. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.4, n.2, p. 321-333, 2011.

DIAS, S. N.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: HANS, R. G.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos Básicos e Aplicados.** Fortaleza, INCT, p. 130- 141, 2010.

FAO. Intergovernmental Technical Panel on Soils (ITPS). **Status of the world's soil resources.** Roma, 2015.

FAROOQ, M. A.; ALI, S.; HAMEED, A.; BHARWANA, S. A.; RIZWAN, M.; ISHAQUE, W.; FARID, M.; MAHMOOD, K.; IQBAL, Z. Cadmium stress in cotton seedlings: Physiological, photosynthesis and oxidative damages alleviated by glycinebetaine South **African Journal of Botany.** v.104, p. 61-68, 2016.

FENG, L.; DAI, J.; TIAN, L.; ZHANG, H.; LI, W.; DONG, H. Review of the technology for high-yielding and efficient cotton cultivation in the northwest inland cotton-growing region of China. **Field Crops Research** v.208, p. 18-26, 2017.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; PEDROSA, M. B. SILVA FILHO, J. L. Melhoramento do Algodoeiro: Cultivares Convencionais e Transgênicas para o Cerrado. **Algodão no cerrado do Brasil.** 3ed., Brasília, ABRAPA, Cap. 6, p.151-198. 2015.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

FRYXELL, P. A. A redefinition of the tribe Gossypieae. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 129, n. 4, p. 296-308, 1968.

FURTADO, R. F.; MANO, A. R. O.; ALVES, C. R.; FREITAS, S. M.; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da salinidade na germinação de sementes de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.224-227, 2007.

GROVER, C. E., X. ZHU, K. GRUPP, J. JARECZEK, J. P. GALLAGHER, E. SZADKOWSKI, Molecular confirmation of species status for the allopolyploid cotton species, *Gossypium ekmanianum*. **Genetic Resources and Crop Evolution**, 2014.

GUO, J.; SHI, G.; GUO, X.; ZHANG, L.; XU, W.; WANG, Y.; SU, Z.; HUA, J. Transcriptome analysis reveals that distinct metabolic pathways operate in salt-tolerant and salt-sensitive upland cotton varieties subjected to salinity stress, **Plant Science**, v. 238, p.33–45, 2015.

GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of Salinity Tolerance in Plants: Physiological, Biochemical, and Molecular Characterization Hindawi Publishing Corporation International **Journal of Genomics**. 2014.

JESUS, J. M.; DANKO, A. S.; FIÚZA, A.; BORGES, M.T. Phytoremediation of salt-affected soils: a review of processes, applicability, and the impact of climate change, *Environmental Science and Pollution Research*, **Springer-Verlag**, Berlin Heidelberg, 2015.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; DELOUCHE, J.C. Cotton seed germination with temperature **Revista brasileira de Sementes**. Londrina, v.33, n.3, 2011.

LIMA, G. S.; DIAS, A. D.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P. Growth and yield of colored-fiber cotton grown under salt stress and nitrogen fertilization **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.6, p.415-420, 2017.

LOPES, K. P.; SILVA, M. Salinidade na Germinação de Sementes de Algodão Colorido **Revista Verde**. v.5, n.3, p. 274 - 279, 2010.

MACHEKPOSHTI, M. F.; SHAHNAZARI, A; MIRKHALEGH, Z. A.; AGHAJANI, G.; RITZEMA, H. **Effect of irrigation with sea water on soil salinity and yield of oleic sunflower** / *Agricultural Water Management*.v.188, p.69–78, 2017.

MARUR, C. J.; RUANO, O.; A reference system for determination of cotton plant development. **Revista Brasileira de Oleaginosa e Fibrosa**. v.5, p.313-317, 2001.

MAUNEY, J. R. Anatomy and morphology of cultivated cotton. In: FANG, D. D.; PERCY, R. G. **Cotton**. 2ed. USA, 2015, p.76-95.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S.N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 51-55, 2012.

MUNNS, R.; HUSAIN, S.; RIVELLI, A.; RICHARD, R.; CONDON, A. J. A. G.; MEGAN, P. L.; EVANS, S. L.; SCHACHTMAN, D. P.; HARE, R. A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. **Plant and Soil**. v.247, p. 93-105, 2002.

NASCIMENTO, J. B.; BARRIGOSI, J. A. F. O papel das enzimas antioxidantes na defesa das plantas contra insetos herbívoros e fitopatógenos. **Agrarian academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.1, n.1, p.235, 2014.

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

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. *In*: OLIVEIRA, A. J. *et al.* (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, DF: EMBRAPA SEA, 1991. p.195. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 3).

OECD-FAO, Perspectivas Agrícolas 2014-2025, **Revista FAO. Indd**, http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2015_agr_outlook-2015-en

OLIVEIRA, F. A.; MENESES, E. F.; ARRUDA FILHO, N. T.; OLIVEIRA, R. C. C.; Tolerância de cultivares de algodoeiro herbáceo à salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. v.13, p. 91-97, 2009.

OLIVEIRA, S. R. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, J. L.; BARROS, M. A. Coeficientes de cultura do algodão herbáceo e do feijão-caupi em sistemas monocultivo e consorciado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.7, nº. 3, p. 191 - 200, 2013.

PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies. **Springer-Verlag** Berlin Heidelberg, 2014.

PENG, J. LIU, J.; ZHANG, L.; LUO, J.; DONG, H.; MA, Y.; ZHAO, X.; CHEN, X.; SUI, N.; ZHOU, Z.; MENG, Y. Effects of Soil Salinity on Sucrose Metabolism in Cotton Leaves. **PLoS One**. n.11, v.5, p.156-241, 2016.

QADIR, M.; SHAMS, M. Some Agronomic and Physiological Aspects of Salt Tolerant cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Journal Agronomy and Crop Science**. v.179, p.101-106, 1997.

RAJA, Vaseem, Umer Majeed, Hunseung Kang, Khursheed Iqbal Andrabi, Riffat John Abiotic Stress: Interplay between ROS, Hormones and MAPKs. **Environmental and Experimental Botany**, 2017.

RAMESHWARAN, P.; TEPE, A.; YAZAR, A.; RAGAB, R. Effects of drip-irrigation regimes with saline water on pepper productivity and soil salinity under greenhouse conditions. **Scientia Horticulturae**, v.199, p.114–123, 2016.

REINHARDT, D. H.; ROST, T. L. Primary and Lateral Root Development of Dark- and Light-Grown Cotton Seedlings under Salinity Stress **Botânica Acta**. v.108, p.457-465, 1995.

RHOADES, JD. Corporativo: FAO. Título: The use of saline waters for crop production. Pimprenta: Rome 48: 133 p. Serie: **FAO. Irrigation and drainage**:

RICHA, K.; YESHVEKAR, R. B.; NITNAVARE, T. C.; BHATNAGAR-MATHUR, P. M. K. REDDY, P. S. R. Molecular characterization and expression analysis of pearl millet plasma membrane proteolipid 3 (Pmp3) genes in response to abiotic stress conditions. **Plant Gene**, 2017.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U. S. Department of Agriculture, 1954.

RODRIGUES, J. D.; SILVA, C. R. C.; PEREIRA, R. F.; RAMOS, J. P. C.; MELO FILHO, P. A. CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, R. C. Characterization of water-stress tolerant cotton cultivars based on plant growth and in activity of antioxidant enzymes. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p. 3763-37, 2016.

ROSOLEM, C. A; ECHER, F. R. Ecofisiologia do algodoeiro: implicações na época de semeadura e qualidade. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. 3ed., Brasília, ABRAPA, 2015, p.533-550.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.

SANTOS, J. B.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; XAVIER, D. A.; CAVALCANTE, L. F.; CENTENO, C. R. M. Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. **Comunicata Scientiae**. v.7, n.1, p.86-96, 2016.

SEELANAN, T.; SCHNABEL A.; WENDEL, J. F.; Congruence and Consensus in the Cotton Tribe (Malvaceae). **American Society of Plant Taxonomists Systematic Botany**. v. 22, n. 2 p. 259-290, 1997.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V. D.; SOARES, L. A. D. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, R. C.; Potassium fertilization in the cultivation of colored cotton irrigated with saline water. **Revista Brasilerira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.21 n.9, 2017.

SILVA, I. P. F.; JUNIOR, J. F. S.; ARALDI, R.; TANAKA, A. A.; GIROTTO, M.; BOSQUÊ, G. G.; LIMA, F. C. C. Estudo das fases fenológicas do algodão (*Gossypium hirsutum*). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia** – ISSN: 1677-0293 Periódico Semestral Ano X – Número 20 – dezembro de 2011.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding** . v. 41, p. 237-245, 1981.

SIQUEIRA, E. C. GHEYI, H. R.; BELTRÃO N. E. M.; SOARES, F. A. L.; BARROS JÚNIOR, G.; CAVACALTI, M. L. F. Crescimento do algodoeiro colorido sob colorido diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.9, p.263-267, 2005.

SOARES, M. M.; SANTOS, H. C. J.; SIMÕES, M. G.; PAZZIN, D.; SILVA, L. J.; Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*. v.11, n.1,p. 30-40, 1962.

SOUSA C. H. C.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, F. M. L.; GOMES, E. F., GHEYI, H. R., SOUSA, A. E.C., SOUSA, G. G. Respostas morfofisiológicas de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão sob estresse salino. **Revista Agropecuária Técnica**. v. 31, n. 2, 2010.

SOUZA J. G.; BELTRÃO, N. E. M.; SANTOS, J. W. Fisiologia e produtividade do algodoeiro em solo encharcado na fase de plântula. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, n. 3, p. 425-430, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

WANG, N.; QIAO, W.; LIU, X.; SHI, J.; XU, Q.; ZHOU, H.; YAN, G.; HUANG, Q. Relative contribution of Na /K homeostasis, photochemical efficiency and antioxidant defense system to differential salt tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. **Plant Physiology and Biochemistry** v.119, p.121-131, 2017.

WANG, X.; GENG, S.; RI, YONG-JUN.; CAO, D.; LIU, J.; SHI, D.; YANG, C. Physiological responses and adaptive strategies of tomato plants to salt and alkali stresses **Scientia Horticulturae** v.130, p. 248–255, 2011.

WANG, X.; LIU, G.; YANG, J.; HUANG, G.; YAO, R. Evaluating the effects of irrigation water salinity on water movement, crop yield and water use efficiency by means of a coupled hydrologic/crop growth model. **Agricultural Water Management**, v. 185, p.13–26, 2017.

WANG, Y.; LI, X.; LI, J.; BAO, Q.; ZHANG, F.; TULAXI, G.; WANG, Z. Self-induced hydrogen peroxide is involved in modulation of antioxidant enzymes in cotton. **The Crop Journal**. v. 4, p. 490-498, 2016.

WENDEL, J. F., AND R. C. CRONN. Polyploidy and the evolutionary history of cotton. **Advances in Agronomy**. v.78,p.139–186, 2003.

WENDEL, J. F., C.L. BRUBAKER, AND T. SEELANAN. The origin and evolution of *Gossypium*. In: J.M. Stewart, D. Oosterhuis, J.J. Heitholt, and J.R. Mauney, editors, **Physiology of cotton**. Springer, Dordrecht, The Netherlands. p. 1-18, 2010.

WENDEL, J. F., L.E. FLAGEL, AND K. L. ADAMS. JEANS, genes, and genomes: Cotton as a model for studying polyploidy. In: P.S. Soltis and D.E. Soltis, editors, *Polyploidy and genome evolution*. **Springer-Verlag**, Heidelberg. p. 181-207, 2012.

WENDEL, J. F.; GROVER, C. E. **Algodão: Taxonomy and Evolution of the Cotton Genus *Gossypium***, v.2, p.1-16, 2015.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das Plantas à Salinidade: Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos Enciclopédia Biosfera. **Centro Científico Conhecer**. v.6, n.11 p.2, 2010.

WULLSCHLEGER, S.D.; OOSTERHUIS, D. M. Photosynthetic carbon production and use by developing cotton leaves and bolls. **Crop Scienci**. n.30, v. 6, p. 1259 -1264, 1990.

ZAHOOR. R.; ZHAO. W.; DONG, H.; SNIDER, M. A.; ZHOU, B. Z. Potassium improves photosynthetic tolerance to and recovery from episodic drought stress in functional leaves of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) **Plant Physiology and Biochemistry** .v.119, p.21-32 .2017.

ZHANG, H. J.; DONG, H. Z.; LI, W. J.; ZHANG, D. M. Effects of Soil Salinity and Plant Density on Yield and Leaf Senescence of Field-Grown Cotton. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 2012. 2011 Blackwell Verlag, v.198, p.27-37, 2012.

ZHANG, L.; MA, H.; CHEN, T; PEN, J.; YU, S.; ZHAO, X. Morphological and physiological responses of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plants to salinity. **PLoS One**, v.9 n.11, p.1-14, 2014.

ZHANG, L.; ZHANG, G.; WANG, Y.; ZHIGUO, Z.; MENG, Y.; CHEN, B. Effect of soil salinity on physiological characteristics of functional leaves of cotton plants. **J Plant Res.** v.126, p. 293-304, 2013.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annu. **Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v. 53, p. 247-273, 2002.

ZOUARI, M.; ELLOUMI, N.; BELLASSOUED, K.; BEN AHMED, C.; KRAYEM, M.; DELMAIL, D.; ELFEKI, A.; BEN ROUINA, B.; BEN ABDALLAH, F.; LABROUSSE, P. Enzymatic antioxidant responses and mineral status in roots and leaves of olive plants subjected to fluoride stress. **South African Journal of Botany**. v.111, p. 44 - 49, 2017.