

**CRESCIMENTO, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO ALGODOEIRO SOB
EFEITO DO SILÍCIO VIA FOLIAR**

RENER LUCIANO DE SOUZA FERRAZ

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CAMPINA GRANDE – PB

JULHO DE 2012

CRESCIMENTO, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO ALGODOEIRO SOB EFEITO DO SILÍCIO VIA FOLIAR

RENER LUCIANO DE SOUZA FERRAZ

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 (M.Sc.) em Ciências Agrárias / Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Orientador: Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão

Coorientador: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo

CAMPINA GRANDE – PB

JULHO DE 2012

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

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

F381c Ferraz, Rener Luciano de Souza.
Crescimento, fisiologia e produção do algodoeiro sob efeito do silício via foliar [manuscrito] / Rener Luciano de Souza Ferraz. – 2012.
130 f. : il. color.

Digitado
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias),
Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade
Estadual da Paraíba, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. Napoleão Esberard de
Macêdo Beltrão, Departamento de Ciências Exatas e
Agrárias”

“Co-Orientação: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo,
Departamento de Ciências Exatas e Agrárias”

1. Cultivo do algodão. 2. *Gossypium hirsutum* L. 3.
Agricultura. I. Título.

21. ed. CDD 633.51

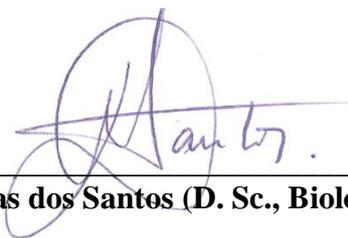
CRESCIMENTO, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO ALGODOEIRO SOB EFEITO DO SILÍCIO VIA FOLIAR

RENER LUCIANO DE SOUZA FERRAZ

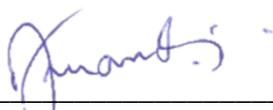
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre (M.Sc.) em Ciências Agrárias / Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Aprovada em 11 de julho de 2012

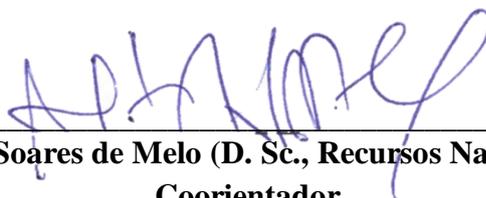
Banca Examinadora



Prof. Durvalina Maria Mathias dos Santos (D. Sc., Biologia Vegetal) - UNESP / Jaboticabal



Prof. Pedro Dantas Fernandes (D. Sc., Fitotecnia) - UEPB



Prof. Alberto Soares de Melo (D. Sc., Recursos Naturais) - UEPB
Coorientador



Prof. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão (D. Sc., Fitotecnia) – Embrapa Algodão
Orientador

*Este trabalho reflete a soma de esforços mútuos, dedicação e compromisso
para o cumprimento de objetivos e metas estabelecidas ao longo
dessa jornada que tomei como sendo um ideal de vida....
A minha Avó Julia de Souza (In memoriam)
e meu Pai Sebastião de Souza,
Dedico este trabalho*

AGRADECIMENTOS

A **Deus** pela concepção de uma oportunidade para realizar minha missão na terra, além de iluminar meus caminhos mostrando-me sempre a trilha para se alcançar a felicidade.

Ao meu pai **Sebastião de Souza**, pela compreensão, amizade, apoio e, acima de tudo, pelos ensinamentos eternos que me fizeram perceber o valor dos estudos. Agradeço ainda pelas inúmeras vezes em que atuou na linha de frente de execução de meu projeto de pesquisa, demonstrando apreço pelas atividades desenvolvidas.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão**, pela confiança depositada e oportunidades dadas durante o período em que estive sob sua orientação.

Ao meu coorientador **Prof. Dr. Alberto Soares de Melo**, pela forma amigável e respeitosa com a qual conduziu a missão de coorientar-me.

A minha mãe **Marluce Pereira**, pelo carinho e amor com que me recebeu e sempre tem me tratado ao longo de toda essa jornada terrena.

Ao meu colega de Curso **Ivomberg Dourado Magalhães**, pela amizade e companheirismo, além da soma de esforços para a condução das atividades de execução de pesquisa.

Aos demais colegas de Curso **Alexson Filgueiras Dutra, Angélica Torres Vilar de Farias, Dalva Maria Almeida Silva, Elizandra Ribeiro de Lima, Fabianne Vasconcelos Dantas, Flavia Monique da Silva Sales, Juliara dos Santos Silva, Lucimara Ferreira de Figueredo, Marcelo Marques de Fontes, Samara da Silva Sousa, Talita de Farias Sousa Barros, Vandrê Guevara Lyra Batista, Wesley de Assis Pereira**, Pelos bons momentos que compartilhamos durante essa jornada.

Às amigas **Maria do Socorro Rocha e Maria Sueli Rocha Lima**, pela amizade incondicional e auxílio na execução de meu projeto de pesquisa, além de parceria para confecção de trabalhos.

A **José Felix de Brito Neto**, pelo auxílio técnico na montagem e manutenção de experimentos de campo e parceria para confecção de trabalhos.

À colega **Maria José Araújo Wandelely**, pelo auxílio na confecção e revisão do abstract deste trabalho.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – PPGCA** da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, pela oportunidade de realizar atividades inerentes à função de aluno de Mestrado.

Ao **Corpo Docente** do PPGCA em especial os professores **Alberto Soares de Melo, Everaldo Paulo de Medeiros, José Geraldo Rodrigues dos Santos, José Germano Veras Neto, Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, Roseane Cavalcanti dos Santos**, que tive o privilégio de cumprir carga horária inerente a suas componentes curriculares.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado.

À Embrapa Algodão pela oportunidade de estágio e disponibilidade de suas instalações para execução do trabalho de dissertação.

Aos servidores da Embrapa Algodão em geral pelo apoio em todas as etapas de execução do projeto de pesquisa desse trabalho.

À Empresa **Diatom** pela doação do produto Sifol Silício Foliar[®] utilizado como fonte de silício para a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE QUADROS	vii
1.0. INTRODUÇÃO.....	20
2.0. REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1. O Algodoeiro	22
2.1.1. Breve história	22
2.1.2. Aspectos econômicos	23
2.1.3. Aspectos botânicos	24
2.1.4. Aspectos fisiológicos e bioquímicos	24
2.2. Silício na agricultura	25
2.3. Principais fontes de silício	25
2.4. Silício no solo	26
2.5. Silício na planta	26
2.6. Essencialidade do silício	27
2.7. Efeitos benéficos do silício	27
3.0. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1. Caracterização da área experimental.....	28
3.2. Cultivares.....	30
3.3. Silício	30
3.4. Delineamento experimental.....	31
3.5. Ambiente de cultivo	31
3.6. Correção e adubação do solo	32

3.7. Semeadura	33
3.8. Manejo da irrigação	33
3.9. Aplicação dos tratamentos.....	33
3.10. Controle de pragas e doenças	34
3.11. Controle de plantas invasoras	34
3.12. Variáveis analisadas	35
3.12.1. Biometria	35
3.12.2. Fisiologia	36
3.12.3. Bioquímica.....	37
3.12.4. Produção	39
3.13. Análise estatística.....	40
4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1. Variáveis biométricas.....	41
4.2. Variáveis fisiológicas.....	59
4.4. Variáveis bioquímicas.....	82
4.5. Variáveis de produção.....	101
5.0. CONCLUSÕES	115
6.0. REFERÊNCIAS	116

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1.** Solução nutritiva completa aplicada nas parcelas aos 45 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2011.....32
- Quadro 2.** Resumos das análises de variância para as variáveis: altura de planta (APL cm), diâmetro caulinar (DCA mm), taxa de crescimento absoluto (TCA cm dia⁻¹) em altura de planta, taxa de crescimento relativo (TCR cm cm⁻¹ dia⁻¹) em altura de planta, taxa de expansão absoluta (TEA mm dia⁻¹) em diâmetro caulinar e taxa de expansão relativa (TER mm mm⁻¹ dia⁻¹) em diâmetro caulinar em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.....42
- Quadro 3.** Resumos das análises de variância para as variáveis: fitomassa radicular (FMR g), fitomassa caulinar (FMC g), fitomassa foliar (FMF g), fitomassa da parte aérea (FMA g) e fitomassa total (FMT g) em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.....53
- Quadro 4.** Resumos das análises de variância para as variáveis: taxa assimilação de CO₂ (*A*) (μmol m⁻² s⁻¹), transpiração (*E*) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), condutância estomática (gs mol m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ (*C*_i) (μmol mol⁻¹), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (*A*/*C*_i) [(μmol m⁻² s⁻¹) (μmol mol⁻¹)⁻¹] em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.....60

Quadro 5. Resumos das análises de variância para as variáveis: fluorescência inicial (Fo elétrons quantum ⁻¹), fluorescência máxima (Fm elétrons quantum ⁻¹), fluorescência variável (Fv elétrons quantum ⁻¹) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm elétrons quantum ⁻¹) em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.....	72
Quadro 6. Resumos das análises de variância para as variáveis: concentração de clorofila ‘a’ (Chl a $\mu\text{mol m}^{-2}$), clorofila ‘b’ (Chl b $\mu\text{mol m}^{-2}$), razão clorofila ‘a’ clorofila ‘b’ (a/b), clorofila total (Chl t $\mu\text{mol m}^{-2}$), carotenóides (CAR $\mu\text{mol m}^{-2}$), extrusão da membrana celular (EXT %) e conteúdo relativo de água na folha (CRA %) em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.....	82
Quadro 7. Resumos das análises de variância para as variáveis: numero de capulhos por planta (NCP un), massa de um capulho (MCA g), massa de capulhos por planta (MCP g), índice de colheita (IC g g ⁻¹), massa de algodão em pluma (MAP g) e porcentagem de fibra (PFI %) em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.....	102
Quadro 8. Matriz de correlação entre as variáveis: altura de planta (APL), diâmetro caular (DCA), fitomassa total (FMT), taxa de assimilação de CO ₂ (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), fluorescência máxima (Fm), variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), concentração de clorofila ‘a’ (Chl a), ‘b’ (Chl b) e total (Chl t), razão clorofila ‘a’ clorofila ‘b’ (a/b), número de capulhos por planta (NCP) e massa de capulhos por planta (MCP) nas cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.....	114

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Variáveis climáticas, temperatura e umidade do ar (A) e insolação, precipitação e evaporação (B) verificadas durante o período de condução do experimento. Campina Grande, PB, 2011.29
- Figura 2.** Cultivares de algodoeiro utilizadas na pesquisa, com ênfase para a coloração da fibra. Campina Grande, PB, 2012.30
- Figura 3.** Ilustração esquemática da área experimental mostrando em detalhes o ambiente de cultivo representado por uma unidade experimental. Campina Grande, PB, 2012.31
- Figura 4.** Aplicação das concentrações de silício nas plantas de algodoeiro. Campina Grande, PB, 2011.34
- Figura 5.** Mensuração das trocas gasosas em cultivares de algodoeiro com utilização de analisador de gás infra vermelho (IRGA). Campina Grande, PB, 2011.36
- Figura 6.** Extração de discos foliares (A), tubos de ensaio (B), leituras nos fotoespectrometro (C) e cubeta de quartzo com solução para leitura (D). Campina Grande, PB, 2011.38
- Figura 7.** Placas de Petri contendo discos foliares (A) e aferição da condutividade da solução com condutivímetro portátil (B). Campina Grande, PB, 2011.39
- Figura 8.** Altura de planta (APL) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e ‘BRS Rubi’ (C) e correlação linear de Pearson entre as variáveis altura de planta (APL) e diâmetro caulinar (DCA) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (D), ‘BRS Safira’ (E) e ‘BRS Rubi’ (F) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.43

- Figura 9.** Altura de planta (APL) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.45
- Figura 10.** Correlação linear de Pearson entre as variáveis concentração de clorofila ‘a’ (Chl a) e altura de planta (APL) (A) e (B), concentração de clorofila total (Chl t) e altura de planta (C) e (D), razão clorofila ‘a’ e ‘b’ (a/b) (E) e altura e condutância estomática (gs) e altura (F) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.46
- Figura 11.** Taxa de crescimento absoluto (TCA) em altura de planta das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Safira’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.47
- Figura 12.** Taxa de crescimento absoluto (TCA) em altura de planta das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.49
- Figura 13.** Taxa de crescimento relativo (TCR) em altura de planta das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.50
- Figura 14.** Taxa de expansão absoluta (TEA) em diâmetro caulinar das cultivares de algodoeiro ‘BRS Safira’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.51
- Figura 15.** Taxa de expansão relativa (TER) em diâmetro caulinar das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.52
- Figura 16.** Fitomassa foliar (FMF) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.54

- Figura 17.** Fitomassa da parte aérea (FMA) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.56
- Figura 18.** Fitomassa total (FMT) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.58
- Figura 19.** Correlação linear de Pearson entre as variáveis diâmetro caulinar (DCA), condutância estomática (gs), transpiração (E) e fitomassa total (FMT) das cultivares ‘BRS Safira’ (A), (C) e (D) e ‘BRS Rubi’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.59
- Figura 20.** Taxa de assimilação de CO₂ (A) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e ‘BRS Rubi’ (C) e correlação linear de Pearson entre as variáveis condutância estomática (gs) e taxa de assimilação de CO₂ nas cultivada ‘BRS Safira’ (D) e ‘BRS Rubi’ (E) e fluorescência variável (Fv) e A na ‘BRS Topázio’ (F) sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.62
- Figura 21.** Taxa de assimilação de CO₂ (A) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.64
- Figura 22.** Condutância estomática (gs) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) e correlação linear de Pearson entre as variáveis condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO₂ (A) e transpiração (E) nas cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (C), ‘BRS Safira’ (D) e (F) e ‘BRS Rubi’ (E) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.66
- Figura 23.** Condutância estomática (gs) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.68

- Figura 24.** Concentração interna de carbono (Ci) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Safira’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) cultivados sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.....69
- Figura 25.** Concentração interna de CO₂ (Ci) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.....71
- Figura 26.** Fluorescência máxima (Fm) nas cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) e correlação linear de Pearson entre as variáveis fluorescência inicial (Fo), taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração de clorofila ‘a’ (Chl a) e fluorescência máxima (Fm) nas cultivares ‘BRS Safira’ (C), ‘BRS Rubi’ (D) e (F) e ‘BRS Topázio’ (E) sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.....74
- Figura 27.** Fluorescência máxima (Fm) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.....76
- Figura 28.** Fluorescência variável (Fv) nas cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B). Correlação linear de Pearson entre as variáveis fluorescência máxima (Fm), concentração de clorofila ‘a’ (Chl a) e fluorescência variável (Fv) nas cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (C) e (E) e ‘BRS Rubi’ (D) e (F) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.....78
- Figura 29.** Fluorescência variável (Fv) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.....80
- Figura 30.** Eficiência quântica do fotossistema II (Fm/Fv) (A) e correlação linear de Pearson e entre as variáveis da cultivar de algodoeiro ‘BRS Rubi’ cultivada sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.....81
- Figura 31.** Concentração de clorofila ‘a’ (Chl a) nas folhas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e ‘BRS Rubi’ (C) e correlação linear de Pearson entre

condutancia estomática (gs) e Chl a em ‘BRS Rubi’ (D) em cultivo sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.	84
Figura 32. Concentração de clorofila ‘a’ (Chl a) nas folhas de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.	86
Figura 33. Concentração de clorofila ‘b’ (Chl b) nas folhas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.	87
Figura 34. Razão clorofila ‘a’ e ‘b’ (a/b) nas folhas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e ‘BRS Rubi’ (C) e Correlação linear de Pearson entre altura de planta (APL) e a/b em ‘BRS Topázio’ em cultivo sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.	89
Figura 35. Razão clorofila ‘a’ e ‘b’ (a/b) nas folhas de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.	90
Figura 36. Concentração de clorofila total (Chl t) nas folhas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e ‘BRS Rubi’ (C) e correlação linear de Pearson entre as variáveis concentração de clorofila ‘a’ (Chl a) e Chl t nas cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (D), ‘BRS Safira’ (E) e ‘BRS Rubi’ (F) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.	92
Figura 37. Concentração de clorofila total (Chl t) nas folhas de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.	94
Figura 38. Concentração de carotenoides (CAR) nas folhas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Safira’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.	95

- Figura 39.** Concentração de carotenoides (CAR) nas folhas de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.97
- Figura 40.** Extrusão da membrana celular (EXT) nas folhas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e ‘BRS Rubi’ (C) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.98
- Figura 41.** Extrusão da membrana celular (EXT) nas folhas de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012. 100
- Figura 42.** Conteúdo relativo de água na folha (CRA) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Safira’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012. 101
- Figura 43.** Número de capulhos por planta (NCA) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012. 103
- Figura 44.** Correlação linear de Pearson entre as variáveis fitomassa total (FMT), condutância estomática (gs), fluorescência máxima (Fv) e número de capulhos por planta (NCP) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e (C) e ‘BRS Topázio’ (D) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012. 104
- Figura 45.** Massa de capulhos por planta (MCP) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012. 106
- Figura 46.** Correlação linear de Pearson entre as variáveis número de capulhos por planta (NCP), fitomassa total (FMT) e massa de capulhos por planta (MCP) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e (C) e ‘BRS Safira’ (B) e (D) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012. 107

Figura 47. Índice de colheita (IC) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012. .. 109

Figura 48. Massa de algodão em pluma (MAP) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012. 110

Figura 49. Percentagem de fibra (PFI) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012. .. 112

RESUMO

FERRAZ, R. L. de S. Crescimento, fisiologia e produção do algodoeiro sob efeito do silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012. 130p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias). Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar. Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. ferraz340@gmail.com

O algodão é considerado cultura de expressiva importância socioeconômica e ambiental, sua cadeia constitui-se na segunda atividade econômica do mundo, sendo considerada cultura “trina” por fornecer fibra, óleo e energia. A cadeia produtiva dessa oleaginosa ainda padece pela não utilização plena de tecnologias apropriadas, o que requer desenvolvimento e aplicação de tais tecnologias. A utilização de silício na agricultura tem-se mostrado promissora na otimização de aspectos morfofisiológicos, bioquímicos e rendimento das plantas. Outra prática eficaz é a utilização de cultivares ecoadaptadas às condições edafoclimáticas dos ecossistemas de cultivo. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento, fisiologia e produção de cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício via foliar. O experimento foi conduzido na Embrapa Algodão, em delineamento experimental inteiramente casualizado, montado em esquema fatorial 3 x 5, sendo três cultivares de algodoeiro (‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’), cinco concentrações de silício (0, 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹), aplicadas semanalmente via foliar e quatro repetições. Avaliaram-se aspectos biométricos, fisiológicos, bioquímicos e rendimento. Os dados foram submetidos à análise de variância, regressão, correlação e teste de médias. Os tratamentos exerceram efeito significativo sobre as variáveis de crescimento, fisiológicas, bioquímicas e produção. Desdobrando-se os efeitos dos fatores, verificou-se que, as cultivares diferiram entre si nos aspectos analisados. Registrou-se que as concentrações de silício promoveram variações

significativas sobre os aspectos biométricos, fisiológicos e bioquímicos. Não houve diferenças nos componentes de produção e rendimento do algodoeiro em resposta às aplicações de silício. Na cultivar ‘BRS Topázio’, o silício aumentou a taxa de expansão caulinar, fotossíntese, fluorescência da clorofila ‘a’, clorofila total e carotenoides. A aplicação de silício, na ‘BRS Safira’, aumentou altura de planta, taxa de crescimento, clorofila total, carotenoides e conteúdo relativo de água na folha. Na ‘BRS Rubi’, o silício aumentou a altura de planta, taxa de expansão caulinar, fluorescência da clorofila ‘a’, eficiência fotoquímica e conteúdo relativo de água na folha. O silício reduziu a extrusão celular nas três cultivares avaliadas.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L.; micronutriente; trocas gasosas; pigmentos fotossintetizantes.

ABSTRACT

FERRAZ, R. L. de S. Growth, physiology and yield of cotton on leaf application of silicon. Campina Grande, Paraíba State, Brazil, 2012. 130p. Dissertation (Post-Graduate Program in Agrarian Sciences). Concentration Area: Agrobioenergy and Familiar Agriculture. Paraíba State University – ferraz340@gmail.com

The cotton crop is considered a crop of significant socioeconomic and environmental importance. Its productive chain is on the second economic activity in the world, and the crop is considered “trinity” for providing fiber, oil and energy. The productive chain of this oilseed crop still suffers by the lack of full utilization of appropriate technologies, which requires development and implementation of such technologies. The use of silicon in agriculture has shown promise in optimizing morphophysiological and biochemical aspects, as well on yield of plants. Another effective practice is the use of ecologically adapted cultivars to soil and climate conditions from ecosystems of cultivation. The aim of this work was to evaluate the growth, physiology and yield of cotton cultivars on leaf application of silicon. The experiment was carried out at Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, Brazil, in a completely randomized design, mounted on 3 x 5 factorial scheme, with three cotton cultivars (‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ and ‘BRS Rubi’), five concentrations of silicon (0, 50, 100, 150 and 200 mg L⁻¹), with four replications, applied weekly, by leaf application. Biometric, physiological, biochemical aspects and yield were evaluated. The data were submitted to analysis of variance, regression, correlation and mean test. Treatments had significant effect on growth, physiological, biochemical and yield variables. Evaluating the effects of factors it was found that the cultivars were different in relation to the analyzed aspects. It was recorded that concentrations of silicon promote significant variations on biometric, physiological and biochemical aspects. There were no differences on production and yield of cotton in response to silicon applications. On ‘BRS Topázio’ cultivar, the silicon increased the rate of stem expansion,

photosynthesis, fluorescence of chlorophyll 'a', total chlorophyll and carotenoids. The application of silicon on 'BRS Safira' increased plant height, growth rate, total chlorophyll, carotenoids and relative water content in the leaf. On 'BRS Rubi', the silicon increased the plant height, stem growth rate, fluorescence of chlorophyll 'a', photochemical efficiency and relative water content in the leaf. Silicon reduced the cellular extrusion in the three evaluated cultivars.

Key-words: *Gossypium hirsutum* L.; micronutrient; gas exchange; photosynthetic pigments.

1.0. INTRODUÇÃO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) é uma das principais culturas exploradas no Brasil. O país ocupa a quinta colocação dentre os países produtores de algodão. Ressalte-se que a cotonicultura destaca-se no cenário nacional como cultura de expressiva importância para o agronegócio brasileiro (OLIVEIRA et al., 2012). Acrescente-se que a cotonicultura já foi a principal atividade econômica para o agronegócio da região semiárida do Nordeste Brasileiro (DANTAS et al., 2012).

Na safra 2011/2012 a área cultivada com algodão foi de 1.396,0 mil hectares, tendo a região Nordeste contribuído com 33% da área total. No Estado da Paraíba foram cultivados 0,2 mil ha com esta cultura (CONAB, 2012). Acrescente-se que no início de 2012 planejou-se cultivar no território paraibano cerca de 200 ha com algodão naturalmente colorido.

O potencial social, ambiental e econômico do algodão naturalmente colorido desenvolvido e cultivado na Paraíba é indiscutível. Porém, a cadeia produtiva necessita do emprego de tecnologias para ampliar a produção de algodão colorido (ABA, 2012). Uma alternativa viável para incremento de produção da cultura é a utilização de cultivares de algodão de fibra colorida e ecoadaptadas às condições edafoclimáticas do semiárido.

Outra prática potencial para otimização da cadeia produtiva do algodão é a aplicação de silício foliar, notadamente, em virtude desse elemento ter sido associado a diversos efeitos indiretos, dentre os quais destacam-se o aumento na capacidade fotossintética, redução da transpiração e aumento da resistência mecânica das células (GUERRERO et al., 2011). Ferreira (2008) verificou ação positiva do silício em solução nutritiva sobre a fotossíntese, a transpiração, a condutância estomática e concentração interna de CO₂ do algodoeiro herbáceo cultivar 'BRS Cedro'.

Pesquisas envolvendo o crescimento e a fisiologia das plantas são importantes para subsidiar o desenvolvimento científico e tecnológico, notadamente, objetivando aumentar a eficiência do cultivo, incrementando a produção de algodão (OLIVEIRA et al., 2012). De acordo com Floss

(2004), a análise quantitativa do crescimento é o primeiro passo na análise de produção vegetal e requer informações que podem ser obtidas sem necessidade de equipamentos sofisticados, sendo estas informações obtidas de forma direta de acordo com a dinâmica de produção de biomassa vegetal.

A mensuração de variáveis fisiológicas no algodoeiro pode auxiliar na identificação de estresses de natureza biótica e abiótica, proporcionando aos produtores e à comunidade científica maior segurança no momento de fazer intervenções estratégicas visando à contenção do agente estressante em tempo hábil. A avaliação das trocas gasosas é de fundamental importância, isso porque, de acordo com Paiva et al. (2005) a redução no crescimento das plantas está relacionada à diminuição da atividade fotossintética, o que pode ser resultante do aumento na resistência difusiva estomática, notadamente, pelo fato dos estômatos constituírem a principal via de troca gasosa entre as folhas e o meio externo (AMARAL et al., 2006).

A quantificação de componentes bioquímicos, tais como pigmentos fotossintetizantes, conteúdo relativo de água na folha, concentração de proteínas e carboidratos solúveis, constitui uma alternativa importante para o monitoramento do estado nutricional e hídrico das plantas, caracterizando uma ferramenta de diagnóstico para os problemas metabólicos relacionados aos estresses bióticos e abióticos.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento, fisiologia e produção de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício via foliar nas condições edafoclimáticas do semiárido.

2.0. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Algodoeiro

2.1.1. Breve história

Segundo Lunardon (2010) o algodão teve seu marco histórico inicial com os árabes, que mesmo de forma rudimentar já fiavam e teciam a fibra do algodão. Com o estreitamento do comércio entre o Oriente e a Europa o algodoeiro conquistou seu espaço frente à lã, que até o século XVII predominava nesse continente.

No Brasil, entre os séculos XIX e XX, o algodão constituía-se em uma das principais fontes de renda, notadamente, para a agricultura familiar nordestina. Devido à sua grande capacidade de resistência a seca e potencial de produção com pouca água, o algodoeiro propagou-se na região semiárida do Nordeste (BELTRÃO, 2003).

De acordo com Freire (1983) o tipo de algodoeiro mais cultivado no Nordeste, desde seu marco histórico, era o *Gossipium barbadense*, nativo do Brasil. A partir de 1850 foi introduzido no Nordeste, por meio de sementes importadas da América do Norte, o algodoeiro *Gossipium hirsutum* L. r. *latifolium*. O mesmo autor acrescenta que, o lançamento da cultivar ‘BR-1’ de algodoeiro herbáceo veio preencher a lacuna de genótipos adaptados às condições edafoclimáticas do semiárido nordestino.

Atualmente dispõe-se de varias cultivares adaptadas aos diversos ecossistemas brasileiros, com ênfase para as cultivares ‘BRS Topázio’ (VIDAL NETO et al., 2010), ‘BRS Safira’ (CARVALHO et al., 2007) e ‘BRS Rubi’ (CARVALHO et al., 2009) com potencial para produção nas condições edafoclimáticas do semiárido nordestino.

É importante frisar que, recentemente, novas tecnologias para produção de algodão estão sendo disponibilizadas aos produtores, com destaque para a agricultura de precisão, manejo de reguladores de crescimento, com aplicação de hiperprecoces, novas tecnologias para o plantio direto e uso de genótipos transgênicos possuidores de genes que conferem resistência a agentes bióticos e abióticos, além de conferirem tonalidades coloridas as fibras (BELTRÃO & AZEVEDO, 2008).

2.1.2. Aspectos econômicos

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium*) é uma cultura que desempenha um papel de destaque no âmbito econômico, figurando dentre as principais culturas de interesse para o agronegócio em diversas partes do mundo (CARDOSO et al., 2010). Ressalte-se que, esta oleaginosa é cultivada em mais de 80 países com produção superior a 20 milhões de toneladas de fibra por ano (BELTRÃO et al., 2010).

A cultura encontra-se dentre as 10 principais espécies domesticadas pelo ser humano, entre mais de 230 mil espécies de plantas espermatófitas. Acrescente-se que, esta oleaginosa é a única espécie domesticada tida como cultura “trina”, notadamente, por produzir fibra, óleo utilizado para alimentação e energia (biodiesel) (BELTRÃO & AZEVEDO, 2008).

No Brasil, de acordo com Dutra & Medeiros Filho (2009) as áreas de maior expressão cultivadas com algodão estão situadas nos Estados da Bahia, Mato Grosso e Goiás. Estes autores reportam que, a cadeia do algodão constitui-se em uma das principais atividades deste país, representando em torno de 15% da economia nacional.

Atualmente, a produção do Brasil está em torno de 720.000 toneladas de caroço de algodão. Considerando-se uma cultivar com 25% de óleo na semente, caso esta produção toda fosse transformada em óleo, seriam produzidos 108.000.000 litros de óleo (CARVALHO et al. 2010), denotando valores expressivos, sobretudo para atender a demanda por matéria prima para a produção de biodiesel.

As plantas de algodoeiro são singulares, pois são fibrosas e oleaginosas, com teor de óleo na semente variando entre 14 a 25% (BELTRÃO, 2003), do qual 1-2% é de ácido graxo mirístico, 18-25% de palmítico, 1-25% de esteárico, 1-2 de palmitoléico, 17-38% de oléico e 45-55% de linoléico (SOLOMONS, 2002), dependendo da cultivar e do ambiente de cultivo, e são produtoras de proteínas de elevado valor biológico. Acrescente-se ainda que, as sementes desta oleaginosa têm grande importância, pois além de serem potenciais para a produção de óleo, ainda têm como co-produto o linter, que é bastante usado na fabricação de fios em tecelagem, tornando o cultivo do

algodão ainda mais atrativo para os produtores, incrementando desta forma a renda e qualidade de vida do homem do campo.

2.1.3. Aspectos botânicos

O algodoeiro pertence ao grupo das plantas dicotiledôneas, família das malváceae. Caracteriza-se por ser uma planta ereta, anual ou perene, dotada de raiz principal cônica, pivotante com número reduzido de raízes secundárias grossas e superficiais. O caule herbáceo ou lenhoso tem altura variável sendo dotado de ramos vegetativos. As folhas são pecioladas, geralmente cordiformes, de consistência coriácea ou não, inteira ou recortada possuindo de três a nove lobulos. As flores são hermafroditas, axilares, isoladas ou não, apresentando coloração creme, abrindo-se entre 9 e 10 horas. Os frutos são denominados de maçãs quando verdes e de capulhos quando se abrem, são capsulares de deiscência longitudinal, possuindo três a cinco lóculos, podendo chegar de seis a dez sementes. As sementes são revestidas de pelos, mais ou menos longos, denominados de fibra ou linter (SEAGRI, 2012).

O algodoeiro é um vegetal de elevada complexidade morfofisiológica (BELTRÃO et al., 2010). Estes autores reportam que a planta de algodoeiro herbáceo possui uma estrutura organográfica singular com dois tipos de ramificação, apresentando ramos frutíferos e vegetativos, dois tipos de macrofilo (frutíferos e vegetativos) flores completas possuindo um terceiro verticilo floral, as brácteas, que faz uma proteção extra e pode possuir, na base interna e externamente, glândulas de secreção, além de apresentar prófilos, folhas sem bainha com duas estípulas, dois tipos de glândulas e pelo menos duas gemas na base de cada folha.

2.1.4. Aspectos fisiológicos e bioquímicos

O algodoeiro é uma oleaginosa possuidora de mecanismo fisiológico complexo, sendo bastante resistente à seca, notadamente, pelo eficiente mecanismo de ajustamento osmótico e, porém, muito sensível a anoxia e hipoxia, o que implicará em reduções no crescimento, e nas suas principais funções metabólicas tais como a fotossíntese, a respiração além de vários sistemas enzimáticos (BELTRÃO, 2007). O autor acrescenta que essa malvacea, apesar de possuir baixa eficiência assimilatória, não se satura em condições ecofisiológicas, com o máximo da densidade do fluxo radiante, o que a confere potencial para produzir cerca de 17,50 t ha⁻¹ de algodão em caroço.

É importante salientar que, o algodoeiro pode expressar variações na atividade metabólica por meio de variáveis fisiológicas. Isso porque, de acordo com Ferreira (2008) o algodoeiro cultivar

‘BRS Cedro’ aumenta sua atividade fotossintética em resposta ao aumento gradativo de concentrações de silício fornecidas em solução nutritiva. Este autor também verificou redução na transpiração, na concentração interna de carbono e na condutância estomática. Ressalte-se que, essas constatações corroboram com o que Shi et al. (2005) e Takahashi (1995) mencionaram com relação a essas variáveis.

Brito et al. (2011) reportam que o conhecimento pleno da fisiologia do algodoeiro consiste na inclusão de ferramentas e indicadores para os programas de melhoramento genético, auxiliando os pesquisadores na obtenção de cultivares mais resistentes aos estresses bióticos e abióticos. Os autores salientam que algumas técnicas utilizadas para mensuração de variáveis fisiológicas são muito laboriosas e pouco práticas, notadamente, para os programas de melhoramento genético. Assim, variáveis bioquímicas como teor relativo de água na folha (COLLOM & VAZZANA, 2003), extrusão da membrana celular (MATA & LAMATTINA, 2001) e concentração de pigmentos fotossintetizantes podem ser utilizadas como indicadores do estado geral das plantas.

2.2. Silício na agricultura

Os primeiros experimentos conduzidos em laboratório, estufa e campo utilizando-se o silício, foram realizados por volta de 1840, denotando resultados satisfatórios nas culturas de arroz, milho, trigo, cevada e cana-de-açúcar. Esse elemento já é utilizado na agricultura como fertilizante em diversos países, como o Brasil, Japão, Ilhas Maurícius, EUA, Austrália e África do Sul. No Brasil, já existem várias marcas de produtos silicatados, notadamente, pela inserção desse elemento na Legislação para Produção e Comercialização de Fertilizantes e Corretivos (KORNDORFER & OLIVEIRA, 2010). Os autores acrescentam que, o silício é capaz de auxiliar na proteção das plantas contra doenças, ataque de pragas e de estresses abióticos além de promover maior fertilidade e correção do pH do solo.

2.3. Principais fontes de silício

Em se tratando de silício para utilização na agricultura, diversos materiais têm sido empregados como fonte deste elemento. Dentre os materiais comumente utilizados como fonte de Si para as plantas destacamos: escórias de siderurgia, vollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar, silicato de cálcio, silicato de sódio, cimento, termofosfato, silicato de magnésio e silicato de potássio.

As fontes mais abundantes e menos onerosas economicamente de silicatos são as escórias siderúrgicas; Essas escórias consistem no resíduo da siderurgia do ferro e do aço, as quais são originárias da reação do calcário e da sílica presentes no minério de ferro, onde esse processo ocorre normalmente em altas temperaturas (KORNDORFER & OLIVEIRA, 2010).

2.4. Silício no solo

O silício é um elemento extremamente abundante na crosta terrestre, sendo encontrado na natureza na forma de silicatos e principalmente, de sílica. A maioria dos solos são predominantemente silicatos e aluminossilicatos. É importante destacar que o ácido monossilícico, também denominado de ácido ortossilícico ou ainda ácido silícico consiste na forma disponível para as plantas, ocorrendo principalmente na solução do solo, na água doce e em águas de todos os oceanos do mundo (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

De acordo com Lima Filho et al. (2005) o teor de silício disponível para as plantas está diretamente relacionado com a fertilidade natural do solo, onde evidencia-se que essa relação é positiva para as plantas. Os autores acrescentam que, alguns solos, a exemplo dos tropicais e subtropicais, sujeitos a intemperização e lixiviação, com cultivos sucessivos, tendem a apresentar baixo nível de silício trocável. É importante ressaltar que, solos arenosos são pobres em silício assimilável pelas plantas, pois são constituídos majoritariamente por quartzo.

As fontes predominantes de ácido silícico na solução do solo são: a decomposição de resíduos vegetais, dissociação de ácido silícico polimérico, liberação de silício dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, dissolução de minerais cristalinos e não cristalinos, adição de fertilizantes silicatados e a água de irrigação (LIMA FILHO et al., 2010).

2.5. Silício na planta

A concentração de silício no organismo vegetal é bastante ampla, inclusive entre cultivares da mesma espécie, onde o percentual do elemento encontrado em alguns vegetais pode variar entre 1 e 10%, podendo assumir valores levemente superiores ou inferiores. Cabe a observância de que, as dicotiledôneas possuem menor concentração de Si no organismo em comparação com as monocotiledôneas (PILON-SMITS et al., 2009).

Este elemento é absorvido pelas plantas na forma de ácido monossilícico, sendo depositado nos tecidos vegetais na forma de sílica amorfa, principalmente nas paredes celulares, onde passa a

interagir com compostos fenólicos e pectinas, aumentando a rigidez e a força estrutural das plantas (CURRIE & PERRY, 2007).

O processo de absorção do ácido monossilícico, que possui carga neutra, ocorre pela dissolução através da membrana, podendo ocorrer pelo simplasto ou apoplasto. O mecanismo de absorção radicular do silício pelas plantas foi considerado passivo, entretanto alguns estudos (MA et al., 2008; MITANI et al., 2009; CHIBA et al., 2009) científicaram absorção ativa por proteínas de membranas específicas, codificadas por genes específicos para este fim.

É importante frisar que este elemento confere às culturas melhores condições para suportarem adversidades climáticas, refletindo-se diretamente na produção das plantas (LIMA FILHO et al., 2010).

2.6. Essencialidade do silício

O silício pode ser considerado um elemento agronomicamente essencial, notadamente, devido aos inúmeros benefícios que a adubação silicatada pode oferecer às plantas, aumentando a quantidade e a qualidade do produto colhido (FERREIRA, 2008). O autor acrescenta que embora seja constituinte majoritário nas plantas, esse elemento só foi considerado essencial para algumas plantas superiores.

É importante ressaltar que, por meio do decreto nº 4954, aprovado pela Presidência da Republica em 14 de janeiro de 2004, o silício foi incluído na lista de micronutrientes, podendo ser comercializado legalmente como fertilizante (LIMA FILHO, 2010). Em sentido amplo, o silício não é considerado um elemento essencial para o desenvolvimento pleno de todos os vegetais, o que se justifica pelo não atendimento de todos os critérios de essencialidade desse elemento (GIONGO & BOHNEN, 2011).

2.7. Efeitos benéficos do silício

O efeito benéfico do Si nas plantas é mais evidente em cultivos sob condições de estresse (MA & TAKAHASHI, 2002). Ma & Yamaji (2006) reportam que esse elemento minimiza os estresses (salinidade, toxicidade provocados por metais e desequilíbrio de nutrientes, deficiência hídrica, altas e baixas temperaturas, geadas e raios ultravioleta).

A utilização de silício sob aplicação foliar pode constituir uma alternativa viável para minimizar o efeito danoso dos estresses bióticos e abióticos para as culturas (LIMA et al., 2011). Isso porque o silício, apesar de não ser considerado um elemento essencial (GIONGO & BOHNEN,

2011), pode otimizar alguns processos morfofisiológicos e bioquímicos desejáveis por aumentar de forma significativa o rendimento de algumas espécies cultivadas, notadamente, pelo acúmulo e polimerização de silicatos nas células epidérmicas formando uma dupla camada silício-cutícula que reduz de forma substancial a transpiração convergindo para um menor consumo hídrico (PEIXOTO et al., 2011).

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQ/EMBRAPA/Algodão), situada na microrregião de Campina Grande, PB, sob as coordenadas geográficas: latitude 07°13'S, longitude 53°31'W Greenwich. A cidade está situada a uma altitude de 551 metros, com clima equatorial semiárido e temperatura média de 25 °C, com umidade relativa do ar variando entre 72 e 91%.

Diariamente as variáveis climáticas foram monitoradas por meio de coleta de dados na estação agrometeorológica automatizada, localizada próximo ao local do experimento. Foram coletadas as variáveis: temperaturas máxima (T máx. °C), mínima (T min. °C) e média (T méd. °C) ambiental, umidade relativa do ar (URar %) (Figura 1A), insolação diária (IND Horas), evaporação do tanque classe A (ECA) (mm) e precipitação pluviométrica (PPL mm) (Figura 1B).

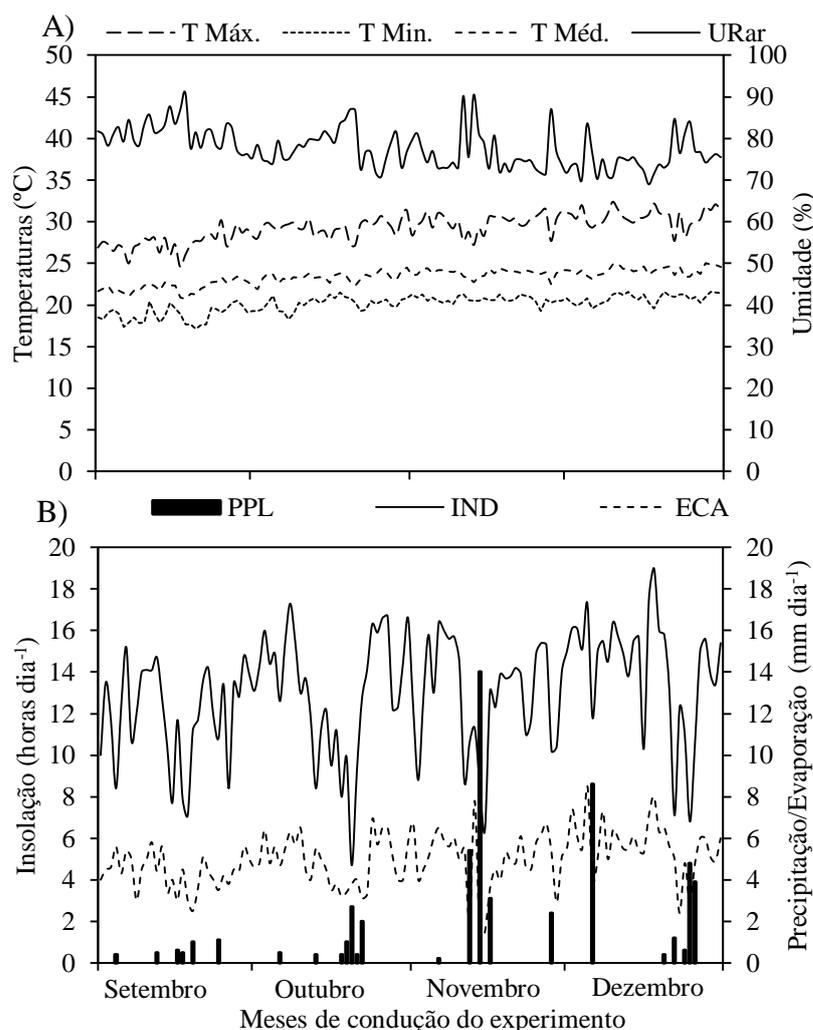


Figura 1. Variáveis climáticas, temperatura e umidade do ar (A) e insolação, precipitação e evaporação (B) verificadas durante o período de condução do experimento. Campina Grande, PB, 2011.

Coletou-se amostras simples de solo, que posteriormente foram submetidas a um processo de homogeneização, obtendo-se ao final de tal processo uma amostra completa, para posterior realização de análises química e física, cujos resultados foram: pH em H₂O= 5,1; P= 0,3 mg dm⁻³; K⁺= 0,5 mmol_c dm⁻³; Na⁺= 0,4 mmol_c dm⁻³; Ca⁺²= 3,7 mmol_c dm⁻³; Mg⁺²= 6,5 mmol_c dm⁻³; Al⁺³= 5,0 mmol_c dm⁻³; H⁺⁺ Al⁺³= 28,9 mmol_c dm⁻³; T= 40,0 mmol_c dm⁻³; V= 28,0%; MO= 3,6 g kg⁻¹; N= 0,0 g kg⁻¹; areia= 81,44%; silte= 13,79%; argila= 4,77%; densidade do solo= 1,52 g cm⁻³; densidade de partículas= 2,85 g cm⁻³; porosidade= 46,67%; umidade natural= 0,30%; água disponível= 1,43% e textura franco arenosa.

3.2. Cultivares

Foram utilizadas as cultivares: ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’, e ‘BRS Rubi’ (Figura 2), desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária no Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPQ/EMBRAPA). A ‘BRS Topázio’ foi obtida por seleção genealógica aplicada a uma população derivada do cruzamento entre as cultivares ‘Suregrow 31’ e ‘Delta Opal’ (VIDAL NETO et al., 2010). A ‘BRS Safira’ foi obtida por meio do cruzamento entre um material introduzido dos EUA, que possuía coloração de pluma marrom escura, e a cultivar ‘CNPQ 87-33’ de fibra branca (CARVALHO et al., 2007). A ‘BRS Rubi’ foi obtida por meio de cruzamento entre um material introduzido dos EUA, que possuía coloração de pluma marrom escura, e a cultivar ‘CNPQ 7H’ de coloração branca (CARVALHO et al., 2009).



Figura 2. Cultivares de algodoeiro utilizadas na pesquisa, com ênfase para a coloração da fibra. Campina Grande, PB, 2012.

3.3. Silício

A fonte deste micronutriente utilizada foi o silício líquido comercial, com as seguintes características: Silício (Si)= 12%; Potássio (KO)= 15%; Índice salino= 26; Condutividade elétrica= 1,93 dS m⁻¹; Densidade= 1,40 g L⁻¹; pH= 10,96; Natureza física= Flúido. As concentrações de silício correspondentes a cada tratamento foram obtidas por meio da diluição de silício líquido em água destilada.

3.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), montado em esquema fatorial 3 x 5, sendo três cultivares de algodoeiro herbáceo: (CV_1 = ‘BRS Topázio’, CV_2 = ‘BRS Safira’ e CV_3 = ‘BRS Rubi’), cinco concentrações de silício (0, 50, 100, 150, 200 mg L⁻¹), aplicadas semanalmente via foliar e quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por uma planta útil, totalizando 60 plantas experimentais em todo o delineamento.

3.5. Ambiente de cultivo

Cada unidade experimental foi composta por um vaso de material orgânico polimérico sintético com capacidade volumétrica de 200 L, o qual foi alocado sobre uma base de alvenaria com as dimensões: 55 cm de altura x 70 cm de largura x 70 cm de comprimento. Cada vaso teve sua parte inferior preenchida com 10 L de brita, formando uma camada de 10 cm deste material a qual constituiu um dreno, sendo o restante do volume do vaso preenchido com solo (Figura 3).

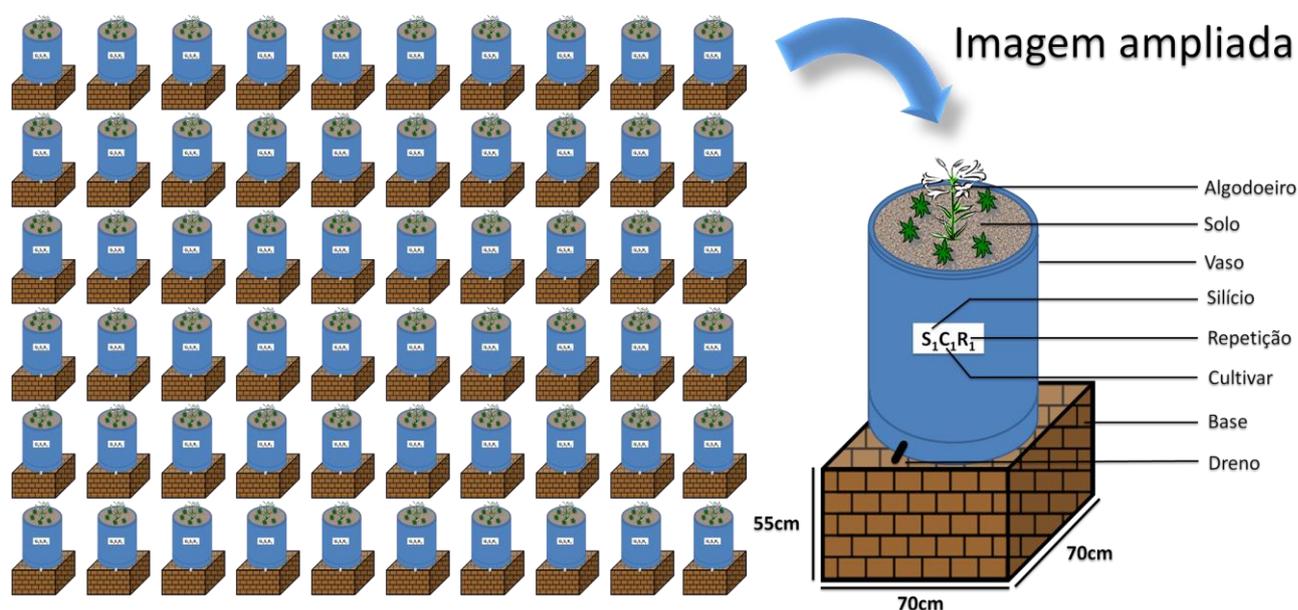


Figura 3. Ilustração esquemática da área experimental mostrando em detalhes o ambiente de cultivo representado por uma unidade experimental. Campina Grande, PB, 2012.

3.6. Correção e adubação do solo

A correção do solo foi realizada de acordo com o resultado da análise química, através de calagem com calcário dolomítico, cuja quantidade foi estimada com base no alumínio trocável no solo e no poder relativo de neutralização total (PRNT) do calcário. Após a aplicação do corretivo, antes do plantio, o solo permaneceu incubado durante 60 dias, com revolvimento do material do solo e irrigações semanais.

De acordo com os resultados da análise de fertilidade e das exigências da cultura, o solo recebeu adubação corretiva e de manutenção, constituída por NPK, utilizando-se fontes comerciais (N= Ureia, P= Super fosfato simples e K= Cloreto de potássio) destes insumos, aplicados de forma fracionada 15 dias antes da semeadura e, o restante, disponibilizado em cobertura obedecendo-se duas aplicações até o florescimento pleno (OLIVEIRA et al., 2008).

Transcorridos 45 dias após a semeadura (DAS), foram aplicados 300 mL de solução nutritiva completa, via solo, em cada unidade experimental. No quadro 1, encontra-se a composição da referida solução.

Quadro 1. Solução nutritiva completa aplicada nas parcelas aos 45 dias após a semeadura. Campina Grande, PB, 2011.

Elemento	Quantidade (g L ⁻¹)
CaCl ₂ 0,025M	27,75
Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O 1M	236,15
KNO ₃ 0,5M	50,55
NH ₄ NO ₃ 0,5M	40,025
K ₂ SO ₄ 1M	174,28
Mg SO ₄ . 7H ₂ O 1M	246,470
Ca ₃ (PO ₄) ₂ 0,333M	103,297
Ca (H ₂ PO ₄) ₂ . H ₂ O 0,5M	126,045
Ca HPO ₄ . 2H ₂ O 0,5M	203,53
Zn SO ₄ . 2H ₂ O 1,21mM	0,0348
Cu SO ₄ . 5H ₂ O 0,12mM	0,030
Mn S ₂ O ₄ . H ₂ O 1,25mM	0,2118
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ . 4H ₂ O 0,0033mM	0,0042
H ₃ Bo ₃ 3,61mM	0,2232
Fe SO ₄ . 7H ₂ O	6,291

3.7. Semeadura

Transcorridos 75 dias após a realização da correção e 15 dias da adubação do solo, considerando-se este período suficiente para correção de pH e disponibilização dos nutrientes no solo para a cultura e com o solo em capacidade de campo (CC), realizou-se a semeadura, adotando-se cinco sementes por unidade experimental, as quais foram tratadas com fungicida como medida profilática contra a incidência de patógenos e posteriormente semeadas a uma profundidade padrão de 0,03 m da superfície do solo. Aos 15 dias após a emergência (DAE) das plântulas, realizou-se o desbaste, preferencialmente, escolhendo-se as plântulas mais vigorosas e eliminando-se as demais.

3.8. Manejo da irrigação

As irrigações foram realizadas elevando-se, no início, a umidade do solo ao nível correspondente à capacidade de campo (CC). A reposição da água evapotranspirada pelas plantas (ETc) ocorreu em função da evaporação do tanque classe 'A' (ECA) e do coeficiente da culturas (Kc) nas diferentes fases fenológicas das plantas (BEZERRA et al., 2012). Os dados referentes à evapotranspiração de referência foram coletados no tanque classe 'A' instalado na estação agrometeorológica localizada próximo ao local do experimento.

3.9. Aplicação dos tratamentos

Transcorridos 15 dias após a emergência das plântulas, considerando-se esse período suficiente para estabelecimento das plantas no ambiente de cultivo, realizou-se semanalmente as aplicações de silício via foliar, mediante pulverização direcionada nas faces abaxiais e adaxiais das folhas do algodoeiro, até o ponto de escorrimento da solução silicatada (Figura 4). Para melhor eficiência no uso do silício na superfície foliar, utilizou-se surfactante na solução de pulverização (SÁVIO et al., 2011).

Para a pulverização foliar, utilizou-se de pulverizador manual de compressão prévia com tanque em polietileno de alta massa molar, com capacidade volumétrica de 5 L e bomba tipo pistão com diâmetro do bico de 34 mm.



Figura 4. Aplicação das concentrações de silício nas plantas de algodoeiro. Campina Grande, PB, 2011.

3.10. Controle de pragas e doenças

O controle de pragas e doenças foi realizado por intervenção química, sendo realizadas aplicações preventivas de defensivos comerciais (piretróide, neonicotinóide fungicida) mediante a necessidade. A aplicação foi realizada utilizando-se de pulverizador igual àquele utilizado para pulverização da solução contendo as concentrações de silício.

3.11. Controle de plantas invasoras

O controle de plantas invasoras, no interior das unidades experimentais, foi realizado de forma manual durante o período de condução do experimento, com o objetivo de neutralizar a competição interespecífica por água e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento pleno da cultura. No entorno das unidades experimentais o controle das plantas invasoras foi realizado de forma manual utilizando-se de roçadeira elétrica.

3.12. Variáveis analisadas

3.12.1. Biometria

A biometria foi avaliada a cada 20 dias a partir de cinco dias após a emergência das plantas, segundo recomendação de Beltrão (2001), através das variáveis de crescimento: altura de planta (APL cm) e diâmetro do caule (DCA mm). De posse dos dados de altura de planta e diâmetro do caule, foi possível determinar a taxa de crescimento absoluto (TCA cm dia⁻¹) em altura de planta, a taxa de crescimento relativo (TCR cm cm⁻¹ dia⁻¹) em altura de planta, obtidos por meio das relações apresentadas em Benicasa (2003) e Floss (2004):

$$TCA = \frac{M2 - M1}{T2 - T1} \quad (1)$$

Onde TCA (taxa de crescimento absoluto), M₁ corresponde à medida da altura de planta na época um (T₁) e M₂ medidas realizada em intervalos até a ultima avaliação (T₂).

TCR

$$= \frac{\ln M2 - \ln M1}{T2 - T1} \quad (2)$$

Onde TCR (taxa de crescimento relativo), ln (logaritmo neperiano da medida da altura de planta na época um (T₁)), e da medida realizada em intervalos até a ultima avaliação (T₂).

Seguindo as relações propostas por esses autores também foi possível determinar a taxa de expansão absoluta (TEA mm dia⁻¹) do diâmetro caulinar e a taxa de expansão relativa (TER mm mm⁻¹ dia⁻¹) do diâmetro do caule:

$$TEA = \frac{D2 - D1}{T2 - T1} \quad (3)$$

Onde TEA (taxa de expansão absoluta do diâmetro do caule), D₁ corresponde à medida do diâmetro do caule na época um (T₁) e D₂ medidas realizada em intervalos até a ultima avaliação (T₂).

$$TER = \frac{\ln D2 - \ln D1}{T2 - T1} \quad (4)$$

Onde TER (taxa de expansão relativa), ln (logaritmo neperiano da medida do diâmetro do caule na época um (T₁)), e da medida realizada em intervalos até a ultima avaliação (T₂).

Após a colheita dos componentes da produção, as plantas foram coletadas, realizando-se o fracionamento em diferentes órgãos (raiz, caule + ramos e folhas) para posterior determinação da fitomassa radicular (FMR g), caulinar (FMC g), foliar (FMF g), fitomassa da parte aérea (FMA g), e total (FMT g). Por ocasião da coleta, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel, os

quais foram conduzidos a uma estufa de circulação de ar-forçado para secagem. Após a secagem, as frações do material vegetal foram submetidas a pesagem em balança analítica para determinação da fitomassa das frações e por meio do somatório da fitomassa das frações determinou-se a fitomassa total.

3.12.2. Fisiologia

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas a partir da mensuração da taxa assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$). De posse desses dados, foram estimadas a eficiência instantânea no uso da água ($E_i\text{UA}$) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação ($E_i\text{C}$) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (CARNEIRO, 2011). Para as avaliações utilizou-se de um analisador de gás infravermelho (IRGA) modelo LCpro+Sistem. O procedimento para as aferições das respectivas variáveis foi realizado adotando-se como critério a primeira folha totalmente expandida contada a partir da base do primeiro ramo com botão floral (Figura 5).



Figura 5. Mensuração das trocas gasosas em cultivares de algodoeiro com utilização de analisador de gás infra vermelho (IRGA). Campina Grande, PB, 2011.

Determinou-se também a fluorescência da clorofila 'a', no turno da manhã (8-9h) no período de floração plena (60 DAS) do algodoeiro, utilizando-se de um fluorômetro portátil (LI-1600, USA). As leituras foram realizadas na primeira folha totalmente expandida contada a partir da base do primeiro ramo com botão floral, pré-adaptadas ao escuro por 30 minutos registrando-se as

fluorescências: inicial (F_o), máxima (F_m), variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (PSII) (F_v/F_m) (SUASSUNA et al., 2011).

3.12.3. Bioquímica

Transcorridos 90 dias após a semeadura (DAS) foram coletadas porções de biomassa foliar para determinação das seguintes variáveis: concentração de pigmentos fotossintetizantes, extrusão da membrana celular e conteúdo relativo de água nas folhas.

Os pigmentos fotossintéticos foram expressos em concentração de clorofila 'a' ($\text{Chl a } \mu\text{mol m}^{-2}$), clorofila 'b' ($\text{Chl b } \mu\text{mol m}^{-2}$), razão clorofila 'a' e clorofila 'b' ($a/b \mu\text{mol m}^{-2}$), clorofila total ($\text{Chl t } \mu\text{mol m}^{-2}$) e carotenoides ($\text{CAR } \mu\text{mol m}^{-2}$).

A determinação destes pigmentos foi realizada por meio da extração de discos foliares (113 mm^2), com auxílio de um vazador de cobre (Figura 6A), os quais foram acondicionados em tubos de ensaio previamente envolvidos com papel alumínio (Figura 6B) para bloqueio da incidência direta da radiação solar, sendo conservados em baixa temperatura, reduzindo-se a desnaturação de enzimas e proteínas. Seguindo-se a metodologia proposta por Arnon (1949) e adaptada por Hiscox & Israelstam (1979), foram utilizados 5 mL de dimetilsulfoxido (DMSO 99,9%, cod. 347) para dissolução das amostras. Os tubos foram incubados a $70 \text{ }^\circ\text{C}$, por 30 minutos, em banhomaria (Mod. BMD02), seguidos de agitação individual a cada 10 minutos. As leituras foram realizadas nos comprimentos de onda 470, 656 e 663 nm em espectrofotômetro (Figura 6C), transferindo-se uma alíquota para cubeta de quartzo de 3 cm^3 (Figura 6D) de volume para as determinações e quantificação dos pigmentos por meio das equações descritas por Wellburn (1994).

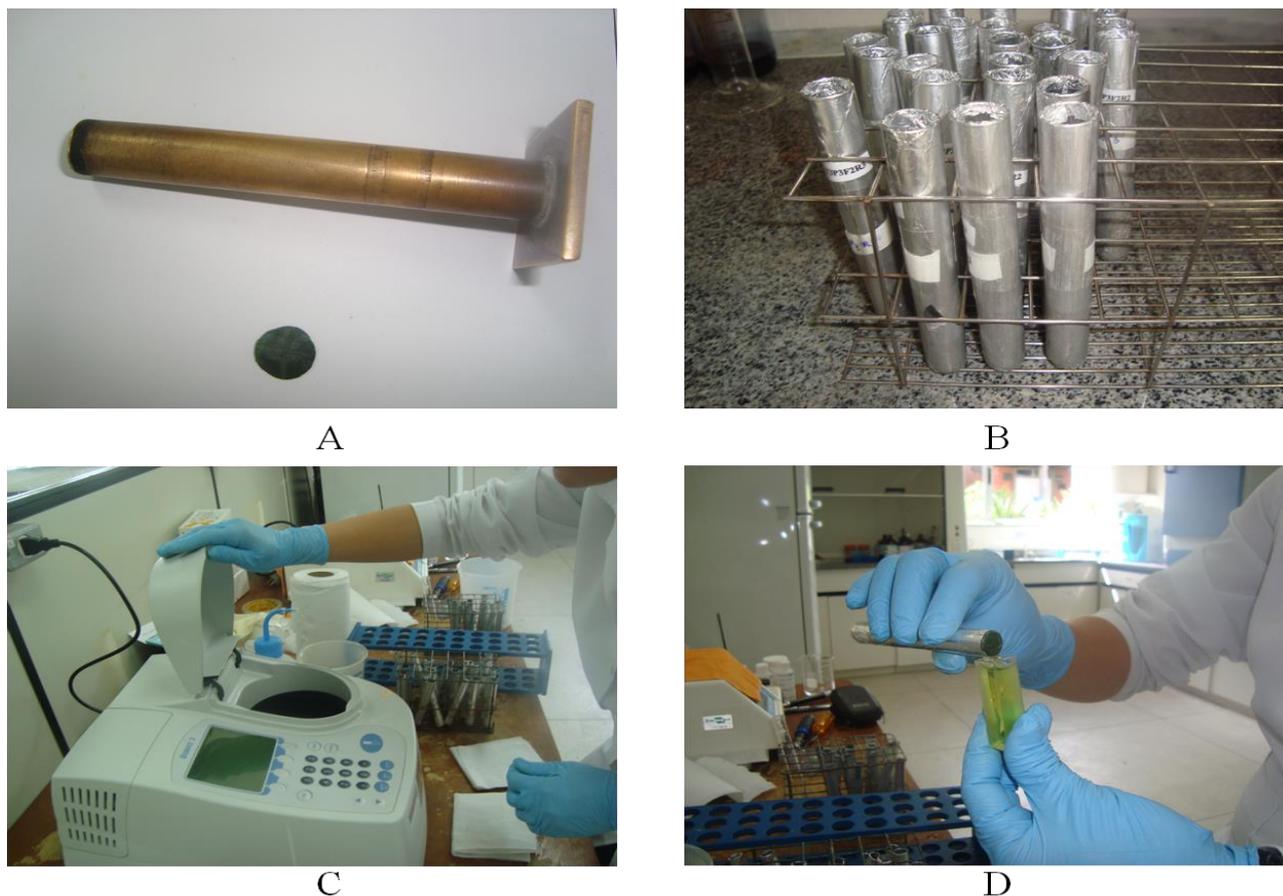


Figura 6. Extração de discos foliares (A), tubos de ensaio (B), leituras nos fotoespectrometro (C) e cubeta de quartzo com solução para leitura (D). Campina Grande, PB, 2011.

A extrusão da membrana celular foi expressa por meio do extravasamento de eletrólitos intracelulares (EXE %), os quais foram quantificados por meio da extração de discos foliares (113 mm^2), com auxílio de um vazador de cobre, e posteriormente acondicionados em placas de Petri (Figura 7A) e mantidos em temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ por 90 min. Decorrido este tempo, com o auxílio de um condutivímetro portátil (Figura 7B), foi aferida a condutividade inicial do meio (C_i). Posteriormente as placas foram conduzidas a uma estufa de secagem (SL100/336) e mantidas em temperatura de $80 \text{ }^\circ\text{C}$ por 90 min. para posterior aferição da condutividade final (C_f). De posse destes dados, o extravasamento de eletrólitos foi quantificado por meio da relação $[(C_i/C_f) \times 100]$ e expresso em porcentagem de condutividade (BRITO et al., 2011).

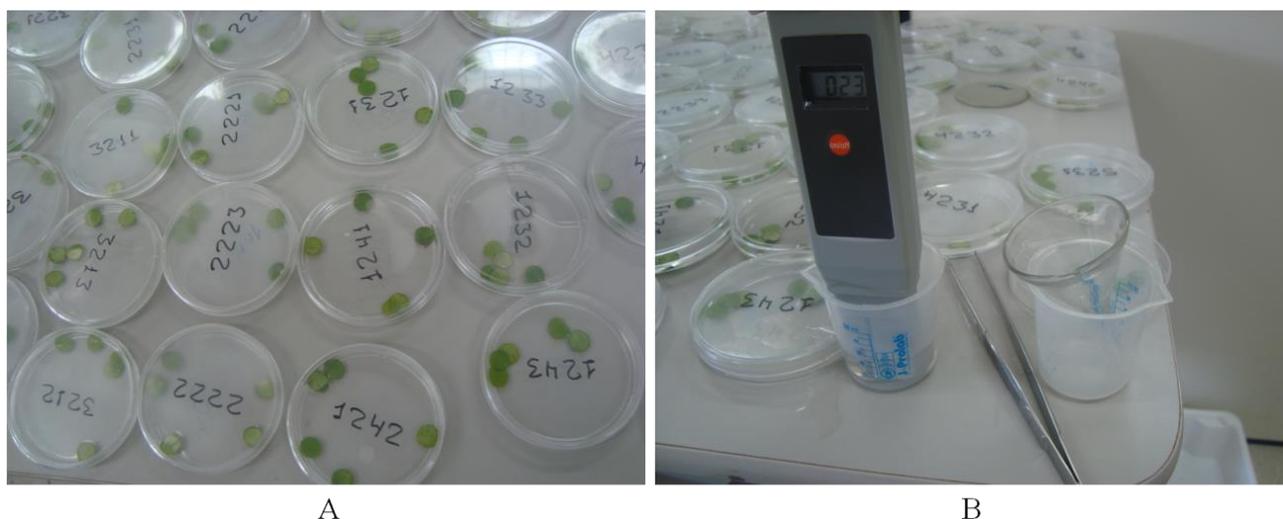


Figura 7. Placas de Petri contendo discos foliares (A) e aferição da condutividade da solução com condutímetro portátil (B). Campina Grande, PB, 2011.

O conteúdo relativo de água nas folhas (CRA %) foi quantificado a partir da coleta de discos foliares (113 mm^2) os quais foram pesados em balança analítica, na condição de biomassa vegetal (Bv), biomassa vegetal túrgida (Bt) (após três horas submersas em água destilada) e fitomassa (Fm) após 48 horas em estufa de ventilação de ar-forçado (SL100/336) à $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Os valores obtidos nestas pesagens foram utilizados na expressão, proposta por Brito et al. (2011), para se obter o CRA (%).

$$\text{CRA} = \frac{\text{Bv} - \text{Fm}}{\text{Bt} - \text{Fm}} \times 100 \quad (5)$$

3.12.4. Produção

Foram quantificados os componentes de produção: número de capulhos por planta (NCP un), massa de um capulho (MCA g), massa de capulhos por planta (MCP g), índice de colheita (IC g g^{-1}), massa de algodão em pluma (MAP g) e porcentagem de fibra (PFI %). Para a determinação da massa de capulhos, massa de algodão em pluma e índice de colheita utilizou-se de balança analítica $\pm 0,001$.

O procedimento para determinação do índice de colheita (IC) consistiu na relação entre a fitomassa dos produtos fotossintetizados que foram translocados para a parte que é colhida de interesse comercial e o total produzido de fitomassa da planta. De forma representativa o índice de colheita é dado pela relação apresentada em Alves (2006).

$$\text{IC} = \frac{\text{Fitomassa de algodão em caroço}}{\text{Fitomassa da parte aérea}} \quad (6)$$

Ressalte-se que, para a estimativa do índice de colheita não foi contabilizada a fitomassa das raízes.

3.13. Análise estatística

Os dados das variáveis de resposta obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste (F) de Fisher a 5% de probabilidades de erro. Para as variáveis significativas ($p < 0,05$), realizou-se análise de regressão para o fator quantitativo (concentrações de silício). A escolha dos modelos de regressão selecionados para cada variável, baseou-se na significância dos parâmetros de regressão (teste t). Para as cultivares, foi aplicado teste de comparação de médias (Teste de Tukey) (SANTOS et al., 2008). Nas análises estatísticas, foram utilizados os softwares SAEG 9.1 e Table Curve 2D.

4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variáveis biométricas

De acordo com os resultados da análise de variância, verificou-se que os tratamentos, de modo geral, tiveram efeito significativo ($p < 0,01$) sobre as variáveis biométricas: altura de planta (APL), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de expansão absoluta (TEA) ($p < 0,05$). Analisando-se o efeito isolado dos fatores, constatou-se que o silício exerceu efeito significativo ($p < 0,05$) sobre as variáveis: altura de planta, taxa de crescimento absoluto, taxa de expansão absoluta e taxa de expansão relativa. Por meio do desdobramento estatístico dos efeitos dos fatores, também foi possível verificar que as cultivares analisadas expressaram diferenças ($p < 0,01$) nas variáveis altura de planta e taxa de crescimento absoluto. Verificou-se ainda que a interação silício x cultivar promoveu efeito significativo sobre as variáveis taxa de crescimento absoluto ($p < 0,05$) e taxa de crescimento relativo ($p < 0,01$) (Quadro 2).

Quadro 2. Resumo das análises de variância para as variáveis: altura de planta (APL cm), diâmetro caulinar (DCA mm), taxa de crescimento absoluto (TCA cm dia⁻¹) em altura de planta, taxa de crescimento relativo (TCR cm cm⁻¹ dia⁻¹) em altura de planta, taxa de expansão absoluta (TEA mm dia⁻¹) em diâmetro caulinar e taxa de expansão relativa (TER mm mm⁻¹ dia⁻¹) em diâmetro caulinar em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.

F. V.	G. L.	Quadrados médios					
		APL	DCA	TCA	TCR	TEA	TER
Tratamentos	(14)	237,554 ^{**}	3,853 ^{ns}	0,020 ^{**}	0,36E-5 ^{**}	0,58E-3 [*]	0,5E-5 ^{ns}
Silício (Si)	4	285,010 [*]	3,572 ^{ns}	0,014 [*]	0,25E-5 ^{ns}	0,86E-3 [*]	0,1E-4 [*]
Linear	1	467,285 [*]	4,641 ^{ns}	0,1E-4 [*]	0,5E-6 ^{ns}	0,18E-2 [*]	0,3E-4 ^{**}
Quadrática	1	493,714 [*]	1,885 ^{ns}	0,055 ^{**}	0,1E-5 ^{ns}	0,88E-3 ^{ns}	0,5E-5 ^{ns}
Cúbica	1	160,083 ^{ns}	4,880 ^{ns}	0,1E-2 ^{ns}	0,2E-5 ^{ns}	0,73E-3 ^{ns}	0,6E-5 ^{ns}
Cultivar (G)	2	583,480 ^{**}	7,269 ^{ns}	0,065 ^{**}	0,5E-5 ^{ns}	0,28E-3 ^{ns}	0,5E-5 ^{ns}
Int. Si x G	8	127,344 ^{ns}	3,140 ^{ns}	0,012 [*]	0,37E-5 ^{**}	0,51E-3 ^{ns}	0,25E-5 ^{ns}
Resíduo	45	79,283	3,750	0,005	0,13E-5	0,41E-3	0,34E-5
C.V. (%)		15,191	12,365	23,726	22,993	12,248	15,087
Médias das cultivares							
BRS Topázio		53,280 b	15,227a	0,262 b	0,471E-2a	0,161a	0,012a
BRS Safira		64,080a	16,350a	0,371a	0,561E-2a	0,167a	0,011a
BRS Rubi		58,475ab	15,407a	0,287 b	0,522E-2a	0,168a	0,012a
DMS		6,822	1,483	0,055	0,91E-3	0,015	0,001

F.V. – Fontes de variação; C.V. – Coeficiente de variação; G.L. – Graus de liberdade; Int. – Interação; **, * - Significativo a 1 e 5% respectivamente; ^{ns} – Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Por meio do desdobramento do efeito das concentrações de silício dentro de cada cultivar de algodoeiro estudada observa-se que, a cultivar ‘BRS Topázio’ teve redução de 29,2% na altura de planta com o aumento das concentrações de silício (Figura 8A). Por outro lado, houve aumento em altura na ‘BRS Safira’, com maior valor estimado (69,53 cm) obtido na aplicação de 94,3 mg L⁻¹ de silício. Acrescente-se que, ocorreu incremento de 13,8% com relação ao controle (0 mg L⁻¹) de silício. A partir da altura de plantas, obtido na curva, observou-se redução significativa de 18,4% até a concentração de 200 mg L⁻¹ de Si, onde foi encontrada altura de 56,7 cm (Figura 8B).

Maior altura (67 cm) foi estimada na aplicação de 88,2 mg L⁻¹ de silício, com aumento de 21,5% em altura da ‘BRS Rubi’ com relação ao valor de (52,6 cm) obtidos em 0 mg L⁻¹. Por outro lado, após o ponto máximo da curva, observa-se redução de 23,7% com relação ao valor crítico (51,1 cm) de altura de planta obtido na concentração de 200 mg L⁻¹ de silício (Figura 8C).

Observa-se que, na medida em que as plantas das cultivares ganhavam altura, ocorria ganho diretamente proporcional em diâmetro caulinar para as cultivares ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’, respectivamente (Figura 8D, E e F). Esses registros indicam simetria no crescimento da parte aérea e radicular da cultura. Assim, quando há correlação significativa entre dois caracteres, é possível obter ganho em um deles por meio da seleção indireta do outro. Isso é vantajoso, principalmente, quando um caráter de elevado valor econômico possui baixa

herdabilidade e/ou, difícil avaliação, quando comparado a outro caráter que está associado a ele. As correlações estimadas possibilitaram conhecer as associações entre os caracteres, fornecendo importantes informações para o estabelecimento de um plano de melhoramento genético (RODRIGUES et al., 2010), podendo ser aplicado para otimização na cadeia produtiva da cultura do algodoeiro.

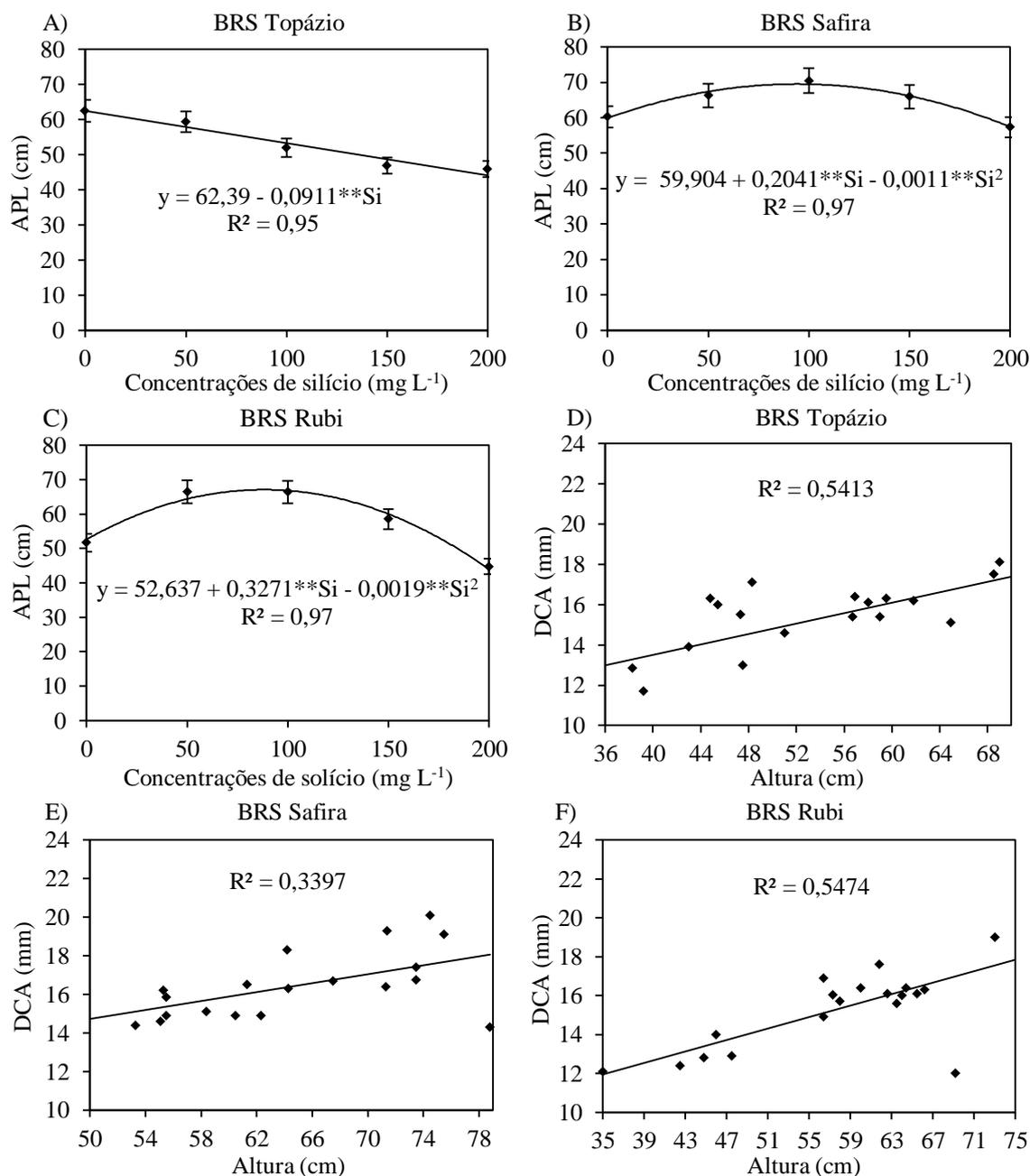


Figura 8. Altura de planta (APL) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e ‘BRS Rubi’ (C) e correlação linear de Pearson entre as variáveis altura de planta (APL) e diâmetro caulinar (DCA) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (D), ‘BRS Safira’ (E) e ‘BRS Rubi’ (F) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

O comportamento da cultivar ‘BRS Topázio’, em resposta à aplicação de silício, pode ser considerado atípico, pois, a aplicação de silício aumenta a capacidade fotossintética refletindo-se no crescimento das culturas (BORGES et al., 2010). Por outro lado, o aumento verificado na altura das plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ em resposta a aplicação de silício foliar justifica-se pelo incremento da concentração do elemento nas soluções de pulverização, notadamente, em virtude do silício otimizar o ângulo de abertura das folhas favorecendo o melhor aproveitamento de luz e conseqüente conversão em energia utilizada no crescimento das plantas (ÁVILA et al., 2010). As tendências de redução observadas, a partir de maiores concentrações de silício, indicam que o excesso do elemento pode exercer efeito fitotóxico reduzindo o crescimento do algodoeiro.

Dentre as cultivares analisadas, independente da concentração de silício, a ‘BRS Safira’ expressou maior altura de planta (64,1 cm) superando as cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ em 16,8 e 8,7% respectivamente (Quadro 2).

Realizando-se desdobramento do efeito isolado das cultivares em cada concentração de Si, observa-se que na ausência de silício (0 mg L⁻¹), nas concentrações de 50 mg L⁻¹ e 200 mg L⁻¹, as cultivares não diferiram entre si (Figura 9A, B e E).

Por outro lado, é possível observar diferenças entre as cultivares nas concentrações de 100 e 150 mg L⁻¹ de Si. Com a utilização de 100 mg L⁻¹, a cultivar que expressou maior altura (70,5 cm) foi a ‘BRS Safira’ contrastando-se com a ‘BRS Topázio’ que expressou 51,9 cm. A diferença percentual estimada entre as cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Topázio’ foi de 26,4%. As plantas da ‘BRS Rubi’ tiveram altura intermediária (66,4 cm) não diferindo estatisticamente das demais (Figura 9C).

Na concentração de 150 mg L⁻¹ de Si, a maior altura de planta (65,9 cm) foi observada na ‘BRS Safira’, embora esse valor não tenha diferido de forma significativa dos 53,5 cm observados na cultivar ‘BRS Rubi’. Não obstante, ao realizar o contraste entre o valor obtido na ‘BRS Safira’ e o valor (46,9 cm) expresso pela ‘BRS Topázio’, verificou-se diferença significativa, sendo a ‘BRS Safira’ superior em 28,8% com relação a ‘BRS Topázio’. Ressalte-se que o valor obtido na cultivar ‘BRS Rubi’ não diferiu estatisticamente do valor observado na ‘BRS Topázio’ (Figura 9D). Não foi constatada interação significativa entre os fatores silício (Si) e cultivares (G) na variável altura de planta (Figura 9F).

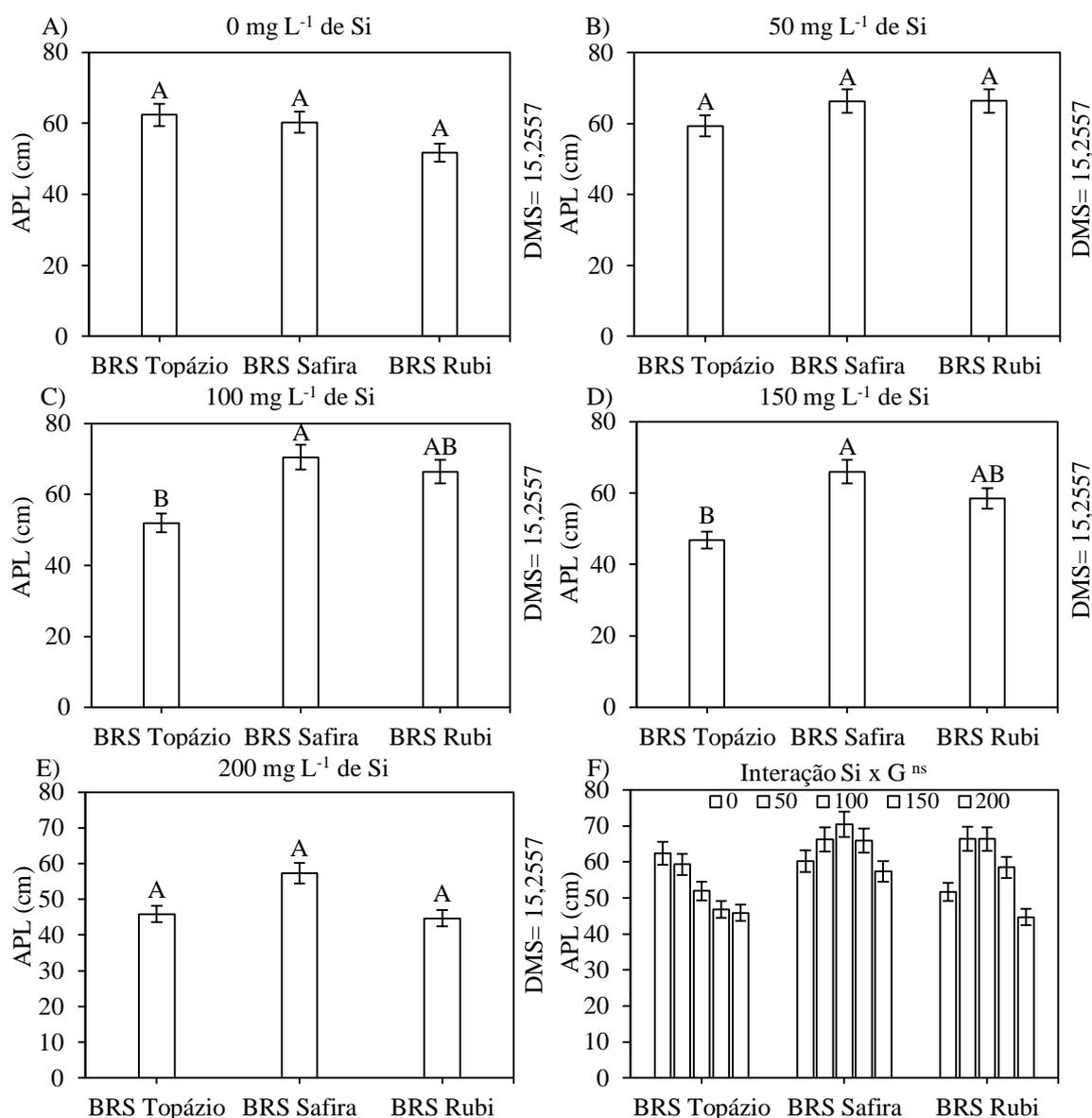


Figura 9. Altura de planta (APL) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

As diferenças entre as cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício podem estar atreladas a fatores genéticos intrínsecos de cada cultivar. Acrescente-se que o silício, elemento benéfico às plantas (GUERRERO et al., 2011), pode ter potencializado as características das cultivares, o que justifica as diferenças de altura das mesmas sob aplicação de 100 e 150 mg L⁻¹ de Si.

Vê-se que, na medida em que houve aumento na concentração de clorofila ‘a’ e total nos tecidos foliares as plantas expressaram menor altura, notadamente, pela correlação entre essas variáveis. Maior altura de planta da ‘BRS Topázio’ ocorre na faixa de 150 a 170 $\mu\text{mol m}^{-2}$ de Chl a (Figura 10A). Na ‘BRS Safira’, as plantas expressaram maior altura quando os níveis de Chl a encontravam-se entre 86 e 150 $\mu\text{mol m}^{-2}$ (Figura 10B). Em concentrações de clorofila total entre

180 e 210 as plantas de ‘BRS Topázio’ expressaram maior altura (Figura 10C). Na ‘BRS Safira’ o pico em altura foi obtido quando os níveis de clorofila total encontravam-se entre 110 e 180 $\mu\text{mol m}^{-2}$ (Figura 10D). Na medida em que a razão a/b aumentou foram verificados menores valores em altura da ‘BRS Topázio’ (Figura 10E). Constatou-se que as plantas de ‘BRS Rubi’ tiveram menor altura de planta em resposta ao aumento da condutância estomática (Figura 10F).

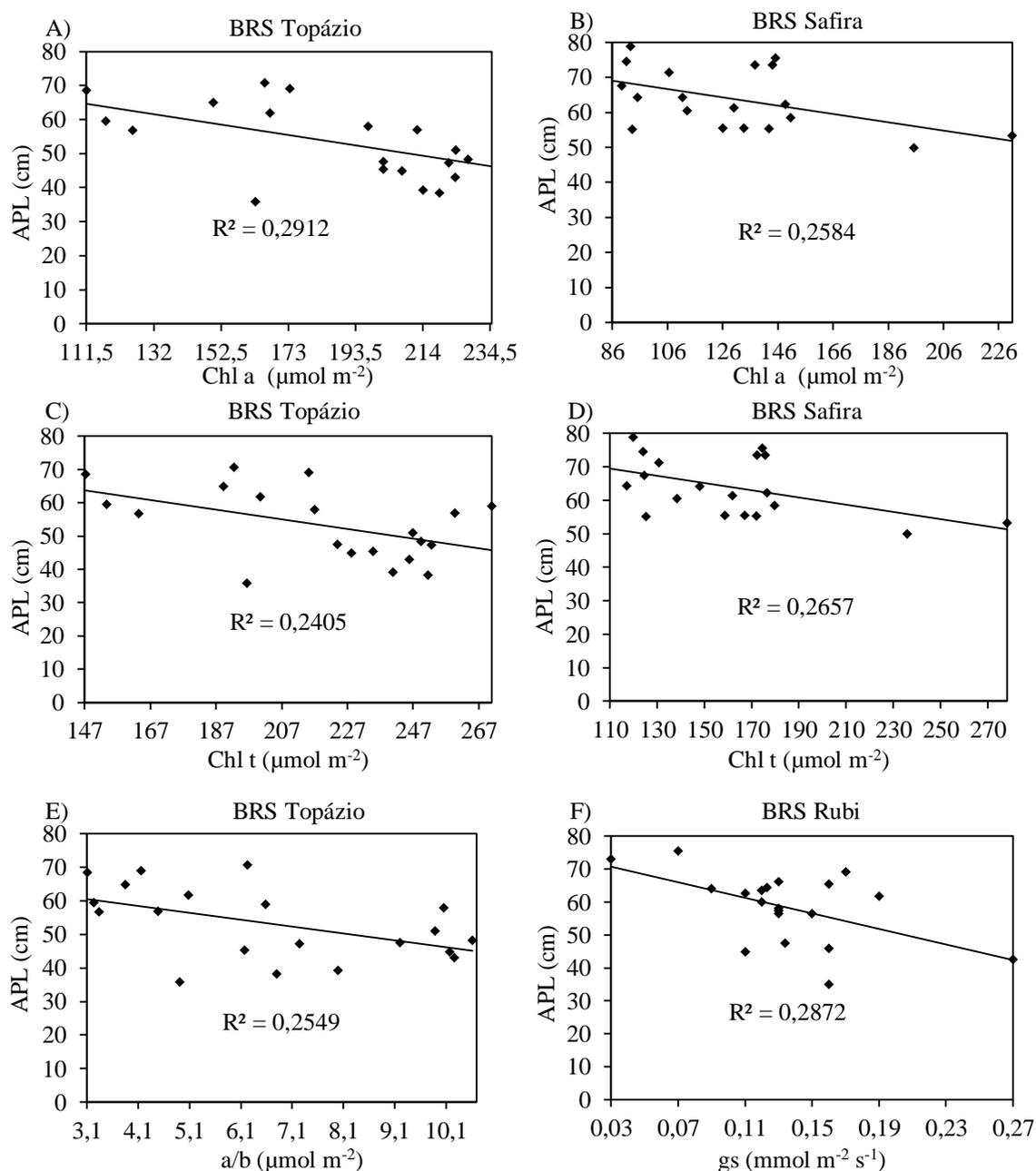


Figura 10. Correlação linear de Pearson entre as variáveis concentração de clorofila ‘a’ (Chl a) e altura de planta (APL) (A) e (B), concentração de clorofila total (Chl t) e altura de planta (C) e (D), razão clorofila ‘a’ e ‘b’ (a/b) (E) e altura e condutância estomática (gs) e altura (F) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

Observa-se redução linear acentuada de 42,6% na taxa de crescimento absoluto da cultivar ‘BRS Topázio’ quando compara-se o valor ($0,19 \text{ cm dia}^{-1}$) obtido nas plantas submetidas a aplicação de 200 mg L^{-1} com o valor de ($0,33 \text{ cm dia}^{-1}$) obtido nas plantas que não receberam silício via foliar. As médias tiveram ajuste ao modelo linear simples com coeficiente de determinação elevado ($R^2 = 0,91$) (Figura 11A).

A taxa de crescimento absoluto da cultivar ‘BRS Safira’ teve ajuste ao modelo polinomial quadrático, com valor máximo estimado ($0,43 \text{ cm dia}^{-1}$) obtido na concentração de silício de $105,4 \text{ mg L}^{-1}$, sendo verificado aumento de 30,2% com relação às plantas cultivadas na ausência de silício (0 mg L^{-1}). Para essa cultivar, vê-se que o incremento na concentração de Si na solução de pulverização, a partir de $105,4 \text{ mg L}^{-1}$ até 200 mg L^{-1} , reduziu em 15,2% a taxa de crescimento absoluto das plantas (Figura 11B).

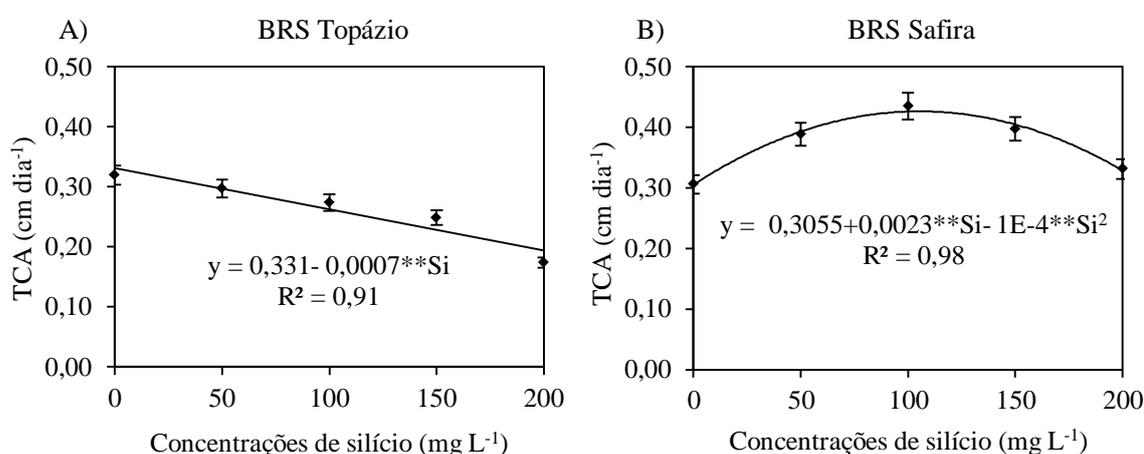


Figura 11. Taxa de crescimento absoluto (TCA) em altura de planta das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Safira’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

LIMA et al. (2011) salientam que o silício possui efeito benéfico sobre o organismo vegetal, notadamente, por atuar na otimização dos processos bioquímicos e fisiológicos refletindo-se no crescimento absoluto das culturas. Nesse sentido, o aumento da taxa de crescimento absoluto mensurado na cultivar ‘BRS Safira’ está atrelado ao efeito indireto do silício sobre as características fisiológicas do algodoeiro, tendo essas características refletido no crescimento das plantas. Por outro lado, a redução da taxa de crescimento da ‘BRS Topázio’ em resposta ao incremento da concentração de silício pode ser indicativo de sensibilidade dessa cultivar ao acúmulo excessivo do micronutriente.

Conforme dados médios referentes à análise conjunta, independente da concentração de silício, da taxa de crescimento absoluto (Quadro 2), nota-se que a cultivar ‘BRS Safira’ expressou valor médio ($0,37 \text{ cm dia}^{-1}$) superior àqueles registrados nas cultivares ‘BRS Topázio’ ($0,26 \text{ cm dia}^{-1}$).

¹) e ‘BRS Rubi’ (0,29 cm dia⁻¹), representando diferenças de percentual de 29,7 e 21,6% em relação à ‘BRS Safira’.

Realizando-se o desdobramento para obtenção do efeito isolado das cultivares em cada concentração de silício estudada, observou-se que na ausência de silício (0 mg L⁻¹), as cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ expressaram maior taxa de crescimento absoluto (0,32 cm dia⁻¹) e (0,31 cm dia⁻¹), respectivamente. Esses valores foram superiores em 43,7 e 41,9% ao valor 0,18 cm dia⁻¹ constatado na ‘BRS Rubi’ (Figura 12A).

Não foi verificada diferença significativa entre os valores de taxa de crescimento absoluto das cultivares ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ na concentração de 50 mg L⁻¹ de silício (Figura 12B).

Nas concentrações de 100 e 150 mg L⁻¹ de Si, valores mais expressivos de taxa de crescimento absoluto (0,43 cm dia⁻¹) e (0,4 cm dia⁻¹) foram registrados na ‘BRS Safira’; os valores não diferiram dos (0,33 cm dia⁻¹) e (0,3 cm dia⁻¹) da ‘BRS Rubi’. Por outro lado, as taxas de crescimento da ‘BRS Safira’, nas concentrações de 100 e 150 mg L⁻¹, diferiram estatisticamente das taxas (0,27 cm dia⁻¹) e (0,25 cm dia⁻¹) da ‘BRS Topázio’ nas respectivas concentrações de silício, sendo estimadas diferenças percentuais de 34 e 37,5%. As médias da ‘BRS Topázio’ não diferiram significativamente das médias da ‘BRS Rubi’ (Figura 12C e D).

Na concentração de 200 mg L⁻¹ de silício, aplicada via foliar na cultura do algodoeiro, constatou-se que ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) da ‘BRS Topázio’. A ‘BRS Safira’ expressou maior taxa de crescimento absoluto (0,33 cm dia⁻¹) superando em 48,5% a taxa de crescimento absoluto (0,17 cm dia⁻¹) da ‘BRS Topázio’. Já a ‘BRS Rubi’ evidenciou taxa de crescimento absoluto de 0,32 cm dia⁻¹, superior em 46,9% a encontrada na ‘BRS Topázio’. As médias de ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ não diferiram de forma significativa entre si (Figura 12E).

Houve interação significativa entre os fatores silício (Si) e cultivares (G). Maior taxa de crescimento absoluto (0,43 cm dia⁻¹) foi revelada na interação de 100 mg L⁻¹ com ‘BRS Safira’ (Figura 12F).

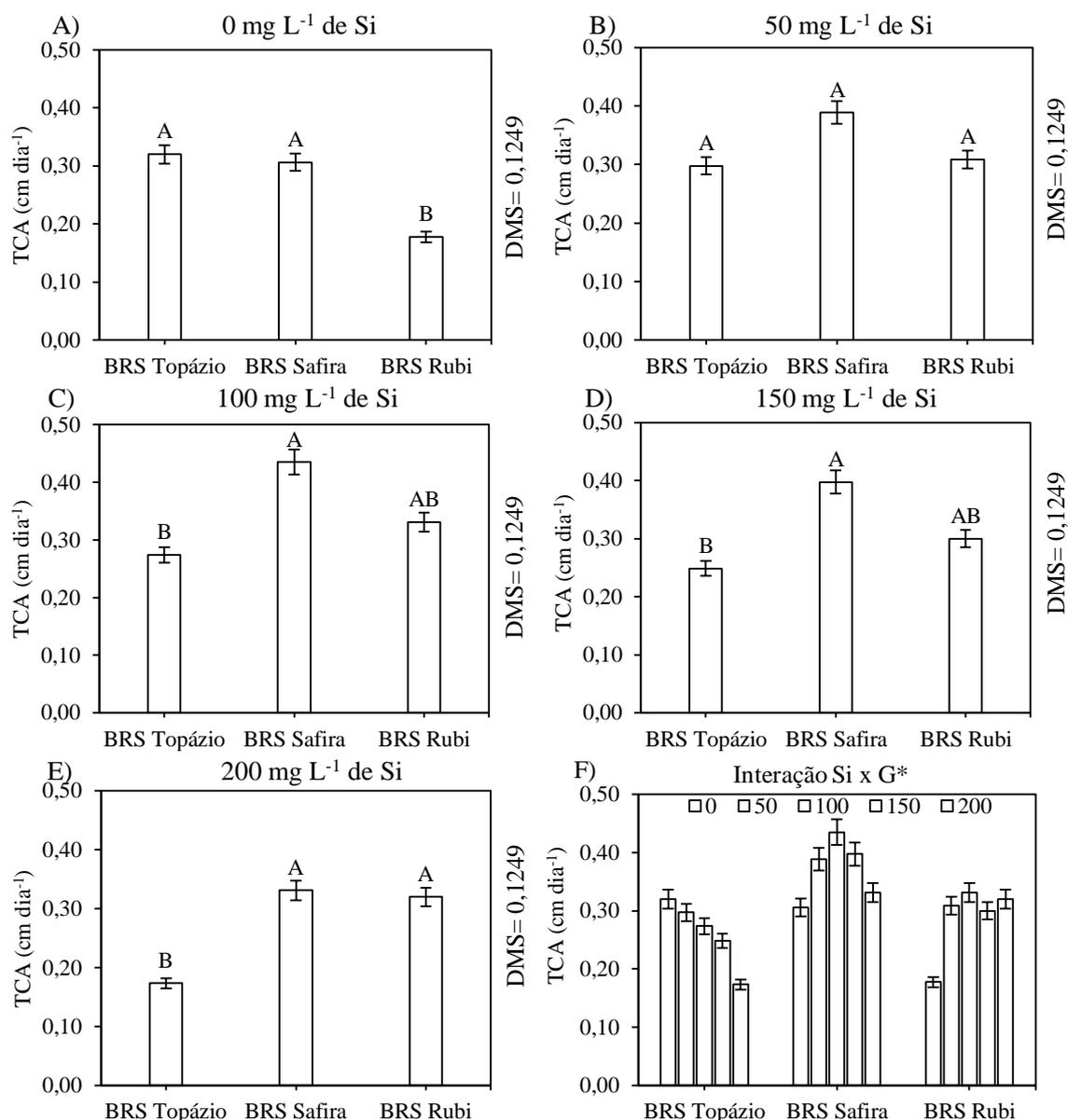


Figura 12. Taxa de crescimento absoluto (TCA) em altura de planta das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Em trabalho com algodoeiro de fibra colorida, Carvalho et al. (2011) ressaltaram que existem características divergentes entre cultivares de algodoeiro colorido, o que justifica o fato das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ terem expressado diferenças significativas na variável altura de planta.

Não foram reveladas diferenças significativas na taxa de crescimento relativo entre as cultivares de algodoeiro na ausência de silício e sob aplicação de 50 e 100 mg L⁻¹ (Figura 13A, B e C). Verificou-se que na aplicação de 150 e 200 mg L⁻¹ as cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’

expressaram maior taxa de crescimento relativo ($0,0064 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e ($0,0062 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), respectivamente (Figura 13D e E). Houve interação significativas entre os fatores, sendo maior taxa de crescimento relativo obtida na interação de ‘BRS Safira’ sob aplicação de 150 mg L^{-1} de silício (Figura 13F).

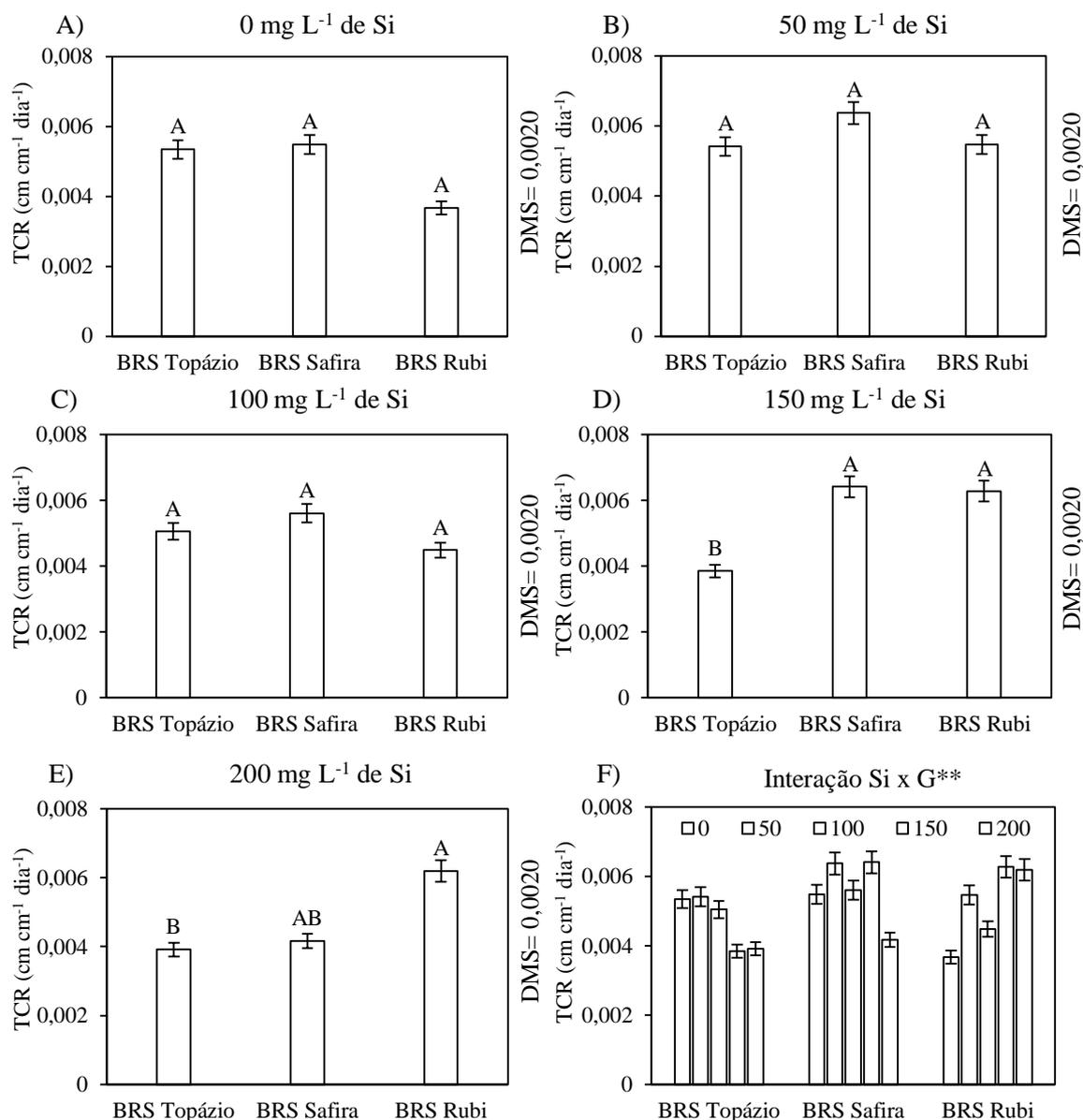


Figura 13. Taxa de crescimento relativo (TCR) em altura de planta das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Na cultivar ‘BRS Safira’, a taxa de expansão absoluta do caule das plantas de algodoeiro que não receberam aplicação de silício foi $0,16 \text{ cm dia}^{-1}$. Com o aumento das concentrações de

silício até o nível de $101,98 \text{ mg L}^{-1}$, a taxa de expansão foi de $0,18 \text{ cm dia}^{-1}$ com incremento de $11,1\%$. A partir da maior taxa de expansão absoluta, vê-se que o aumento da concentração de silício na solução de pulverização, até o nível de 200 mg L^{-1} , promoveu redução de $12,8\%$ na taxa de expansão absoluta em diâmetro caulinar (Figura 14A).

Na variação de 0 a 200 mg L^{-1} a ‘BRS Rubi’ teve aumento linear de $26,3\%$ em expansão absoluta do caule, com valor crítico ($0,14 \text{ cm dia}^{-1}$) e máximo ($0,19 \text{ cm dia}^{-1}$) obtidos nas respectivas concentrações desse micronutriente (Figura 14B).

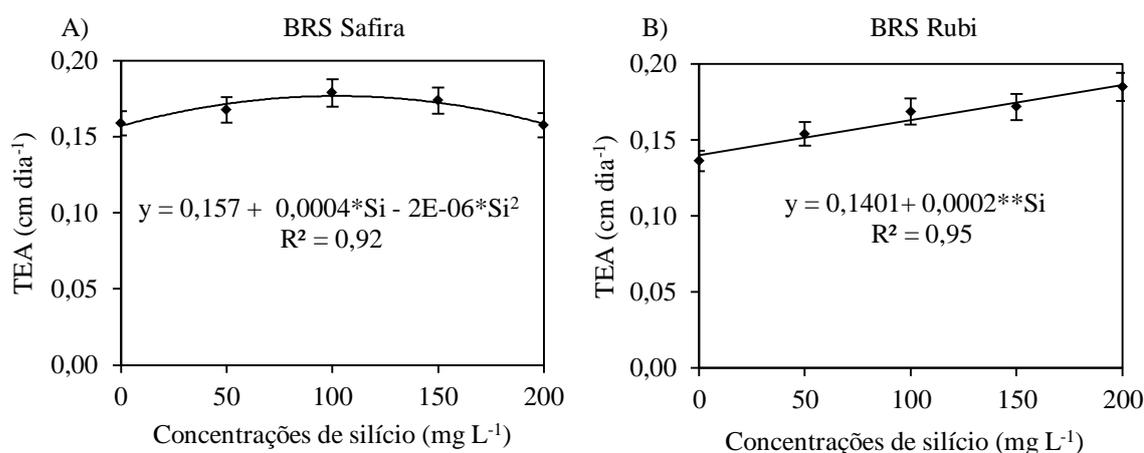


Figura 14. Taxa de expansão absoluta (TEA) em diâmetro caulinar das cultivares de algodoeiro ‘BRS Safira’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

Para Epstein & Bloom (2005) o silício não é um elemento essencial para todas as plantas, porém, esses autores mencionaram que alguns vegetais devem expressar diferenças em relação àqueles cultivados na ausência desse elemento, notadamente, pelos diversos efeitos metabólicos que de forma indireta influenciam o crescimento. A assertiva pode inferir sobre o aumento na taxa de expansão absoluta do caule das cultivares de algodoeiro ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’.

As médias da variável taxa de expansão relativa do diâmetro do caule tiveram ajuste polinomial quadrático, sendo o maior valor estimado ($0,013 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) obtido com a aplicação de $121,5 \text{ mg L}^{-1}$ de silício. Registrou-se taxa de incremento de $18,8\%$ no valor médio da taxa de expansão relativa do caule da cultivar ‘BRS Topázio’. Esse aumento foi verificado na variação de 0 a $121,5 \text{ mg L}^{-1}$ da concentração de silício. Aumentando-se a concentração de silício, até 200 mg L^{-1} obteve-se $0,011 \text{ cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, observando-se decréscimo de $15,4\%$ na taxa de expansão relativa do diâmetro do caule com relação à maior taxa de expansão obtida no ponto de inflexão da curva (Figura 15A).

A taxa de expansão relativa do caule das plantas de algodoeiro da cultivar ‘BRS Rubi’ teve aumento linear de 27,1% na variação de 0 a 200 mg L⁻¹ de silício, onde foram estimados os valores de 0,010 e 0,014 cm cm⁻¹ dia⁻¹ respectivamente (Figura 15B).

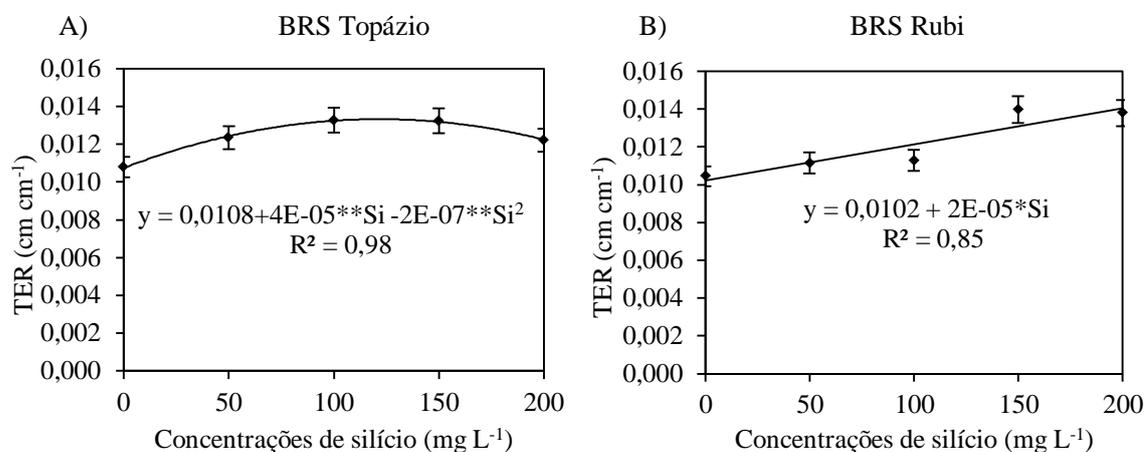


Figura 15. Taxa de expansão relativa (TER) em diâmetro caulinar das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

O efeito do silício no organismo vegetal torna-se evidente em plantas cultivadas sob estresse, seja ele de natureza biótica ou abiótica (CURRIE & PERRY, 2007). Existe uma tendência natural de otimização no processo de crescimento das plantas sob aplicação desse elemento, notadamente, por potencializar o aumento dos níveis de enzimas antioxidantes, capacidade fotossintética e por criar condições para bom crescimento e desenvolvimento pleno das culturas (ZUCCARINI, 2008). Nesse sentido, embora na ausência de estresse, pode inferir que o aumento da taxa de expansão relativa em diâmetro caulinar pode ser explicada pelo incremento da concentração de silício nas soluções de pulverização.

Analisando-se os dados constatou-se que, os tratamentos influenciaram os resultados da fitomassa radicular (FMR) ($p < 0,05$), fitomassa foliar (FMF) ($p < 0,01$), fitomassa da parte aérea (FMA) ($p < 0,05$) e fitomassa total (FMT) ($p < 0,05$). Por meio de desdobramento estatístico, para análise do efeito isolado dos fatores, constatou-se que as concentrações de silício via foliar não exerceram influência significativa sobre a fitomassa do algodoeiro. Por outro lado, verificou-se que as cultivares de algodoeiro analisadas tiveram diferenças significativas ($p < 0,01$) entre si nas variáveis: fitomassa foliar, fitomassa da parte aérea e fitomassa total (Quadro 3).

Quadro 3. Resumo das análises de variância para as variáveis: fitomassa radicular (FMR g), fitomassa caulinar (FMC g), fitomassa foliar (FMF g), fitomassa da parte aérea (FMA g) e fitomassa total (FMT g) em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.

F. V.	G. L	Quadrados médios				
		FMR	FMC	FMF	FMA	FMT
Tratamentos	(14)	15,209*	261,355 ^{ns}	230,923**	3701,700*	3917,236*
Silício (Si)	4	12,941 ^{ns}	333,135 ^{ns}	19,525 ^{ns}	843,104 ^{ns}	941,537 ^{ns}
Linear	1	3,675 ^{ns}	444,675 ^{ns}	61,633 ^{ns}	1840,833 ^{ns}	2009,008 ^{ns}
Quadrática	1	4,339 ^{ns}	786,934 ^{ns}	3,428 ^{ns}	1197,868 ^{ns}	1346,400 ^{ns}
Cúbica	1	8,533 ^{ns}	70,533 ^{ns}	0,408 ^{ns}	300,833 ^{ns}	410,700 ^{ns}
Cultivar (G)	2	23,216 ^{ns}	599,408 ^{ns}	1229,866**	20665,036**	21662,588**
Int. Si x G	8	14,341 ^{ns}	140,951 ^{ns}	86,887 ^{ns}	890,163 ^{ns}	968,748 ^{ns}
Resíduo	45	7,627	351,617	74,205	1540,383	1643,708
C.V. (%)		17,69	26,83	30,89	14,79	14,42
Médias das cultivares						
BRS Topázio		16,450a	63,700a	26,950 b	263,350 b	279,800 b
BRS Safira		14,400a	71,865a	20,550 b	234,415 b	248,815 b
BRS Rubi		16,000a	74,100a	36,150a	298,600a	314,600a
DMS		2,116	14,367	6,600	30,072	31,064

F.V. – Fontes de variação; C.V. – Coeficiente de variação; G.L. – Graus de liberdade; Int. – Interação; **, * - Significativo a 1 e 5% respectivamente; ^{ns} – Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Verificou-se que, os valores mais expressivos de fitomassa foliar (36,1 g), fitomassa da parte aérea (298,6 g) e fitomassa total (314,6 g) foram registrados na cultivar ‘BRS Rubi’. Essas diferenças observadas representaram 25,4, 11,8 e 11% de fitomassa acumulada em relação à ‘BRS Topázio’ e 43,1, 55 e 20,9% em relação à ‘BRS Safira’, respectivamente (Quadro 3).

Procedendo-se o desdobramento estatístico do efeito do fator cultivar dentro das concentrações de silício estudadas, verificou-se que os algodoeiros não diferiram de forma significativa entre si nas concentrações de 50, 150 e 200 mg L⁻¹ de Si (Figura 16B, D e E).

Quando as três cultivares foram conduzidas sem aplicação de silício foliar (0 mg L⁻¹) notou-se que a ‘BRS Rubi’ acumulou maior fitomassa foliar (45,25 g planta⁻¹), diferindo das ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ que tiveram acúmulo de fitomassa foliar de 22,75 e 21 g planta⁻¹, respectivamente. Foram estimados incrementos de 49,7 e 53,6% na alocação de fitomassa foliar da ‘BRS Rubi’ quando comparada com as cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’. Ressalte-se que, ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ não expressaram variação significativa entre si na alocação de fitomassa foliar (Figura 16 A).

O comportamento das plantas cultivadas com aplicação de 100 mg L⁻¹ de Si foi semelhante àquelas cultivadas na ausência desse micronutriente, sendo evidenciada maior alocação de fitomassa foliar (39,25 g planta⁻¹) na cultivar ‘BRS Rubi’, embora esse valor não tenha diferido estatisticamente do valor médio (26 g planta⁻¹) obtido na ‘BRS Topázio’. Por outro lado, o acúmulo

de fitomassa das folhas da ‘BRS Rubi’ superou o valor ($19,75 \text{ g planta}^{-1}$) de fitomassa acumulada pela ‘BRS Safira’ em 49,7%. Não foi verificada variação significativa no acúmulo de fitomassa foliar das cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ quando cultivadas sob aplicação de 100 mg L^{-1} de Si (Figura 16C). Não houve interação significativa entre os fatores estudados (Figura 16F).

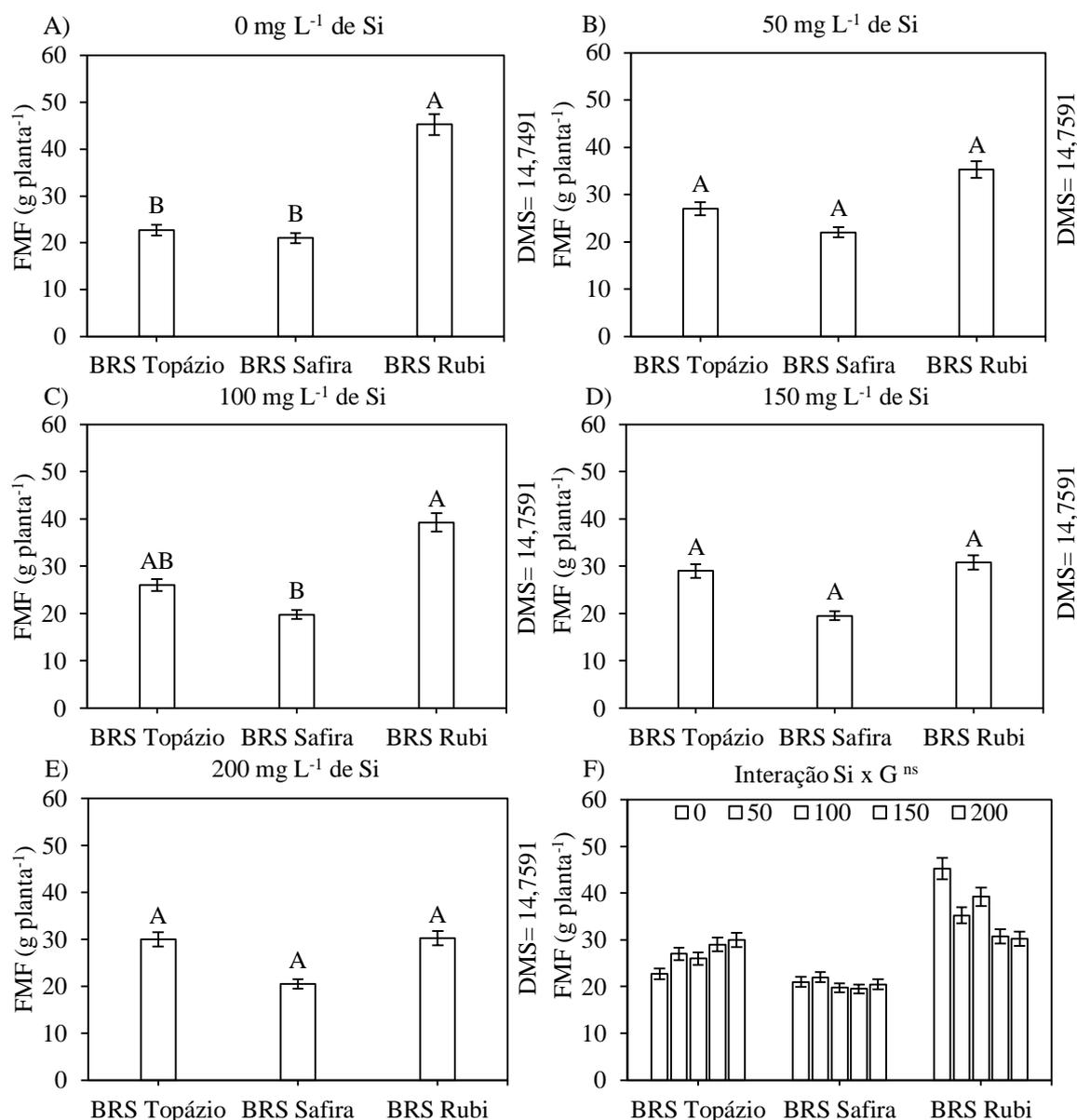


Figura 16. Fitomassa foliar (FMF) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

De acordo com dados da Embrapa (2006), existem cultivares de algodão com características agrônomicas peculiares que as tornam importantes para os programas de melhoramento genético.

Nesse sentido, deve-se ressaltar que, essas características particulares de cada cultivar têm influências diretas sobre a produção biológica das plantas. Assim, pode-se atribuir as divergências observadas na produção de fitomassa foliar à constituição genética de cada cultivar.

Analisando-se o efeito isolado do fator cultivares dentro de cada concentração de silício sobre a fitomassa da parte aérea (FMA), é possível observar que os valores de fitomassa da parte aérea das cultivares de algodoeiro não diferiram entre si nas concentrações de silício de 50, 150 e 200 mg L⁻¹ (Figura 17B, D e E).

Analisando-se a alocação de fitomassa da parte aérea das cultivares de algodoeiro cultivadas na ausência de silício (0 mg L⁻¹), é possível observar que a ‘BRS Rubi’ alocou maior quantidade de fitomassa da parte aérea (312,75 g planta⁻¹), não diferindo estatisticamente dos 257,5 g planta⁻¹ alocadas pela ‘BRS Topázio’. Por outro lado, o valor de fitomassa alocado pela ‘BRS Rubi’ diferiu de forma significativa do valor (228,25 g planta⁻¹) observado na ‘BRS Safira’, sendo constada diferença percentual de 27% entre essas cultivares. Não foi constatada diferença significativa entre as cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ para a variável fitomassa da parte aérea (Figura 17A).

Na concentração de silício de 100 mg L⁻¹ as cultivares de algodoeiro diferiram entre si de forma significativa para a variável fitomassa da parte aérea (FMA). Dentre as cultivares avaliadas nesse nível de silício, a que alocou maior fitomassa na parte aérea (331 g planta⁻¹) foi a ‘BRS Rubi’. Porém, esse valor não diferiu de forma significativa do valor (274,5 g planta⁻¹) encontrado na ‘BRS Topázio’. A ‘BRS Safira’ alocou menor quantidade de fitomassa da parte aérea (223,3 g planta⁻¹), não obstante, esse valor não diferiu significativamente do valor observado na ‘BRS Topázio’. Contrastando-se os valores de fitomassa observados nas cultivares ‘BRS Rubi’ e ‘BRS Safira’, estimou-se diferença percentual da ordem de 28,2% (Figura 17C). Não foi registrada interação significativa entre as concentrações de silício e as cultivares de algodoeiro (Figura 17F).

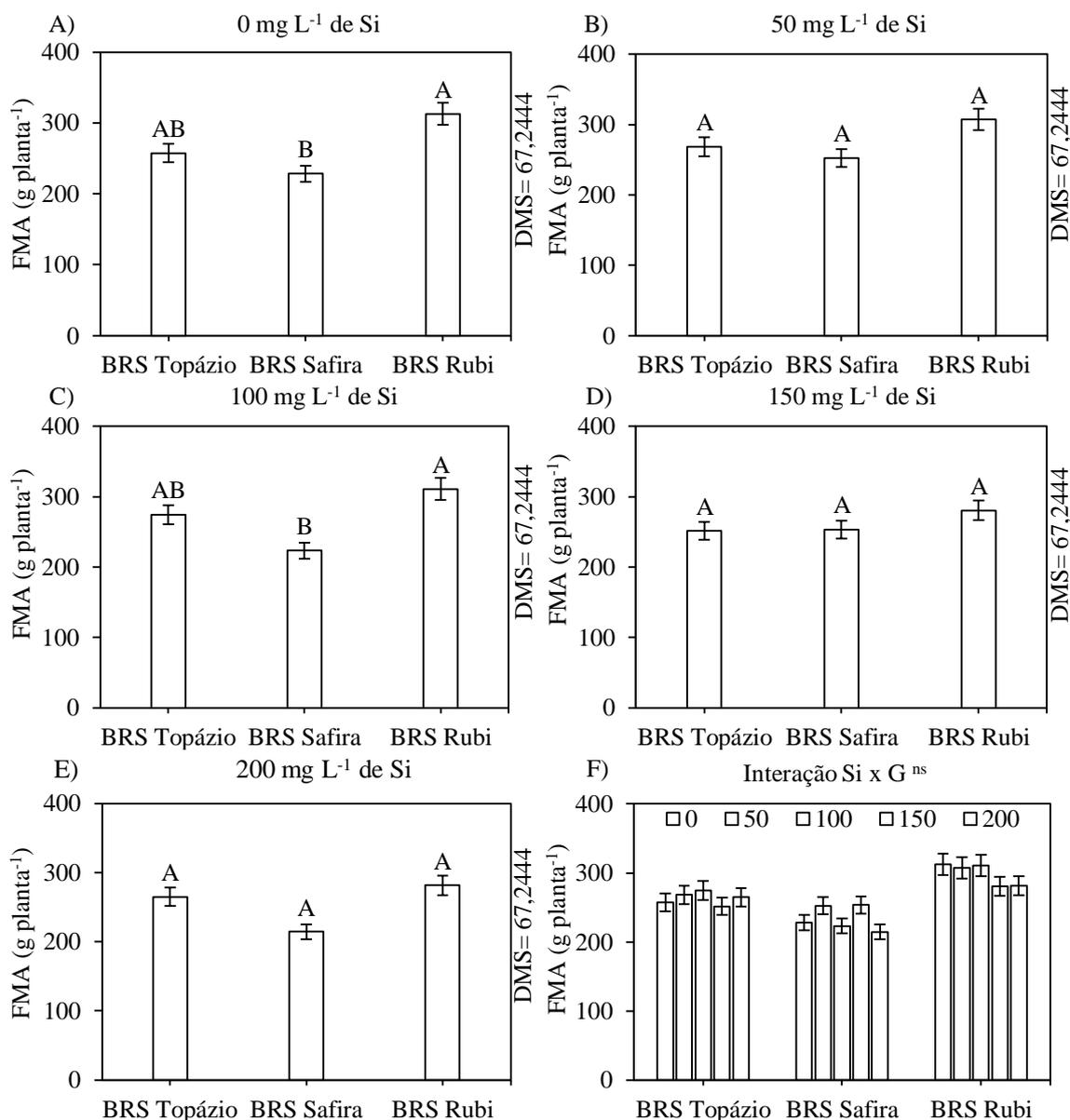


Figura 17. Fitomassa da parte aérea (FMA) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Farias (2005), estudando índices de seleção em cultivares de algodoeiro herbáceo, constatou que houve diferenças significativas entre as variáveis analisadas nas cultivares. O autor salientou que as diferenças científicas entre as médias estão atreladas à variação genética naturalmente existente entre diferentes cultivares. Nessa conjectura, o maior acúmulo de fitomassa da parte aérea obtido na ‘BRS Rubi’ com diferença acentuada em relação à ‘BRS Safira’, notadamente, na ausência e sob aplicação de 100 mg L⁻¹ de silício justifica-se pela variação da expressão genética de cada cultivar.

Obtendo-se o efeito isolado do fator cultivar sobre a alocação de fitomassa total das cultivares de algodoeiro cultivadas sem aplicação de silício via foliar (0 mg L^{-1}), é possível observar que a cultivar ‘BRS Rubi’ acumulou maior quantidade de fitomassa total ($329,5 \text{ g planta}^{-1}$), não diferindo estatisticamente dos $275,5 \text{ g planta}^{-1}$ observados na ‘BRS Topázio’. Por outro lado, o valor de fitomassa total acumulado pela ‘BRS Rubi’ diferiu de forma significativa do valor ($240,2 \text{ g planta}^{-1}$) observado na ‘BRS Safira’, sendo constada diferença percentual de 27,1% entre essas cultivares. Não foi constatada diferença significativa entre ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ para a variável fitomassa total (Figura 18A).

As cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ não expressaram diferenças significativas entre si quando analisou-se a fitomassa total das plantas cultivadas sob aplicação de 50 mg L^{-1} de silício via foliar, conforme ilustrado na figura 18B.

Quando as cultivares de algodoeiro foram avaliadas na concentração de silício de 100 mg L^{-1} , as mesmas diferiram entre si de forma significativa para a variável fitomassa total, sendo observado, nesse nível de silício, maior fitomassa total ($326,5 \text{ g planta}^{-1}$) na ‘BRS Rubi’, embora esse valor não tenha diferido de forma significativa do valor ($294,2 \text{ g planta}^{-1}$) encontrado na ‘BRS Topázio’. A ‘BRS Safira’ alocou menor quantidade de fitomassa total ($239,6 \text{ g planta}^{-1}$), não obstante, esse valor não diferiu significativamente do valor observado na ‘BRS Topázio’. Fazendo-se comparação entre os valores de fitomassa total, observados nas cultivares ‘BRS Rubi’ e ‘BRS Safira’, verificou-se que a ‘BRS Rubi’ superou a ‘BRS Safira’ em 26,6% (Figura 18C).

Conforme ilustrado nas figuras 18D e E, as cultivares de algodoeiro cultivadas sob aplicação de silício foliar nas concentrações de 150 e 200 mg L^{-1} não expressaram variações significativas na fitomassa total da parte aérea.

Não foi constatada interação entre as concentrações de silício e as cultivares estudadas (Figura 18F).

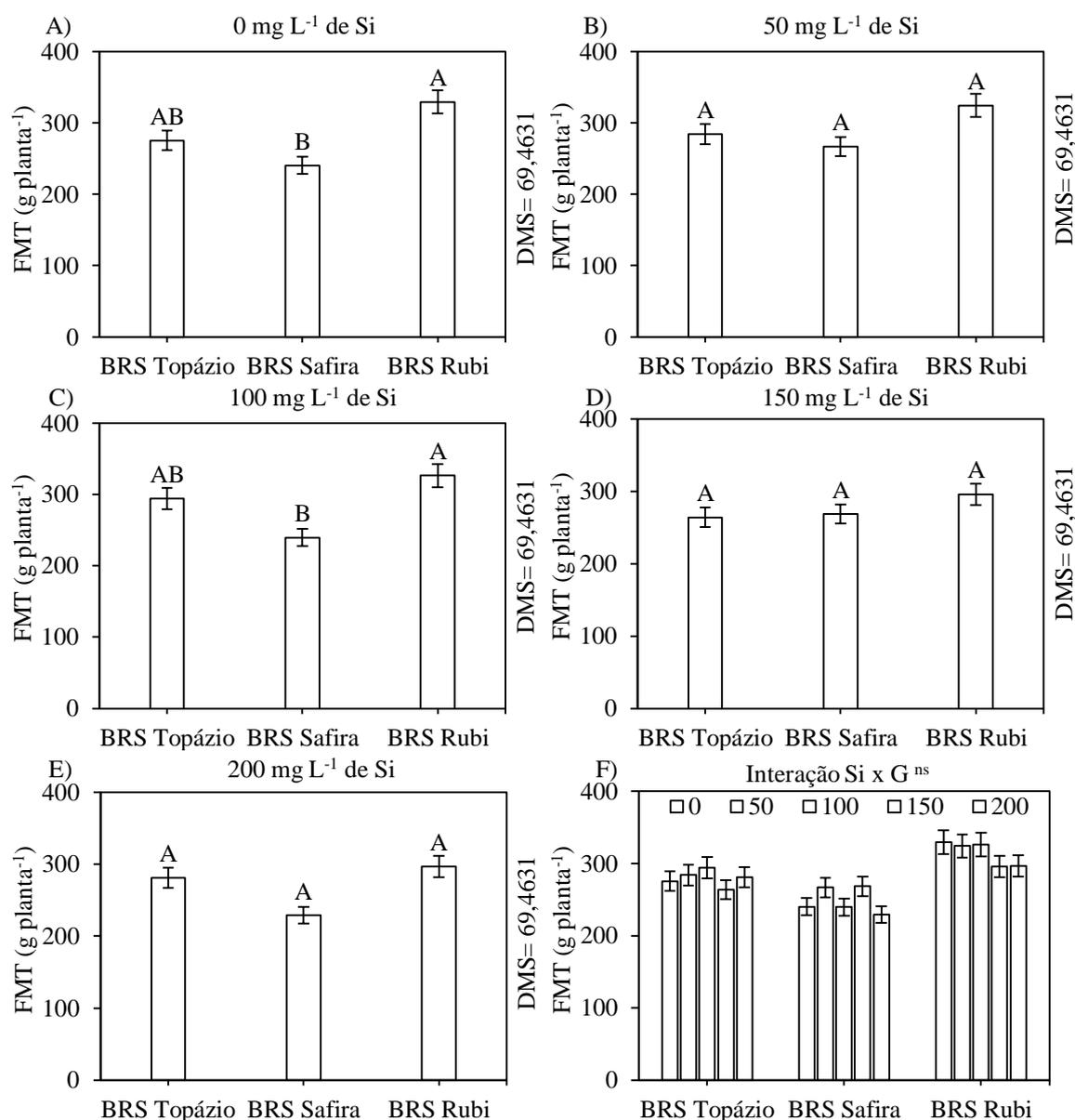


Figura 18. Fitomassa total (FMT) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Sabe-se que os fatores genéticos intrínsecos a cada cultivar são preponderantes para que se obtenha variações significativas entre diferentes cultivares de algodoeiro (FARIAS, 2005), nesse sentido, além de fatores genéticos, a maior alocação de fitomassa total nas plantas de algodoeiro da cultivar ‘BRS Rubi’, na ausência e sob aplicação de 100 mg L⁻¹ de silício, é reflexo do maior acúmulo de fitomassa foliar e fitomassa da parte aérea cientificado nessa cultivar.

Registrou-se correlação entre o diâmetro caulinar, a condutância estomática, transpiração e a fitomassa total das plantas de algodão de ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’. Vê-se que o aumento no diâmetro do caule das plantas reflete em maior acúmulo de fitomassa total (Figura 19A e B). Por

outro lado, a fitomassa total das plantas foi reduzida em virtude do aumento da condutância estomática e da transpiração (Figura 19C e D). Por meio dessas correlações pode-se inferir acerca da alocação de fitomassa em plantas de algodão.

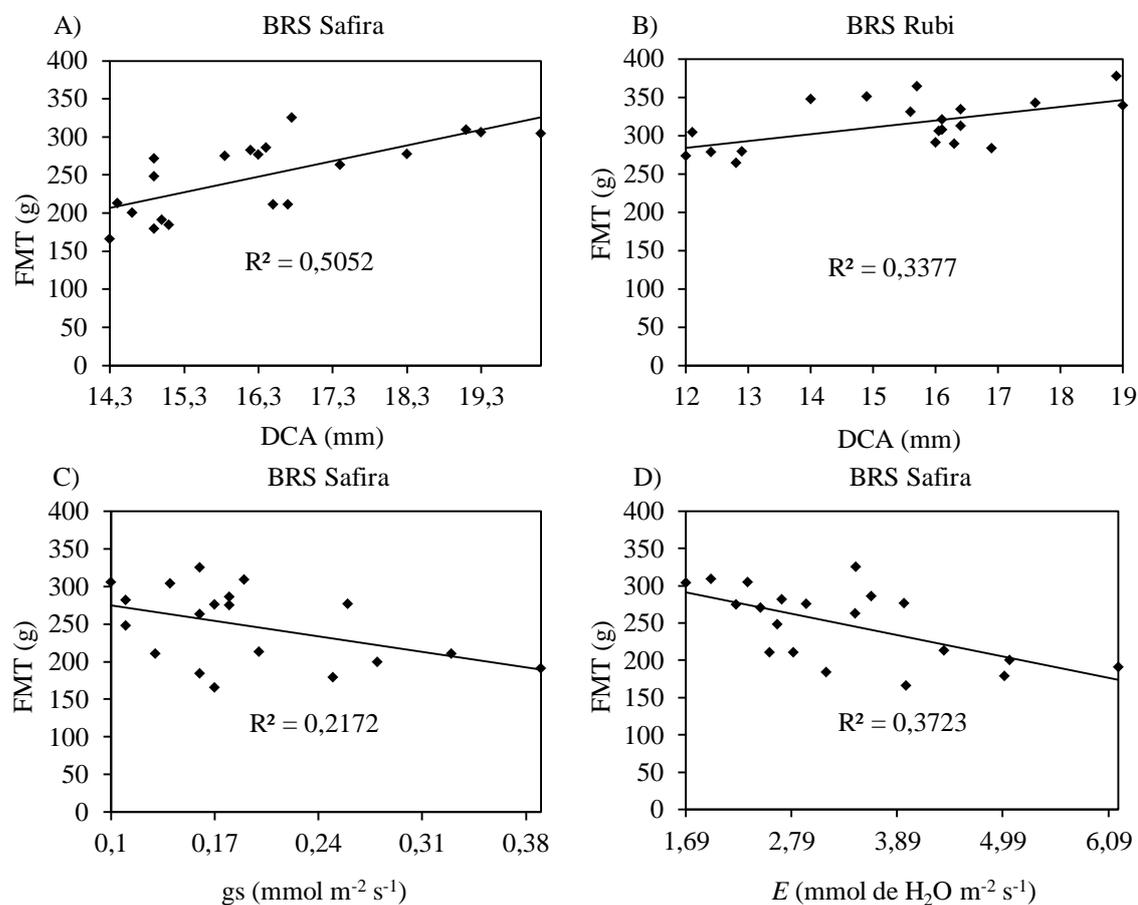


Figura 19. Correlação linear de Pearson entre as variáveis diâmetro caulinar (DCA), condutância estomática (gs), transpiração (E) e fitomassa total (FMT) das cultivares 'BRS Safira' (A), (C) e (D) e 'BRS Rubi' (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

4.2. Variáveis fisiológicas

No quadro 4 encontram-se os resumos das análises de variância das trocas gasosas de cultivares de algodoeiro, onde observa-se que, as trocas gasosas, aos 60 dias após semeadura (DAS), não tiveram diferenças significativas em função da aplicação de concentrações de silício foliar, nem tampouco, constatou-se diferenças significativas entre as cultivares para as trocas gasosas aos 60 DAS. Por outro lado, houve diferenças significativas, aos 90 DAS, em resposta a aplicações de diferentes concentrações de silício foliar sobre as variáveis: taxa de assimilação de CO_2 (A) ($p < 0,05$), condutância estomática (gs) ($p < 0,05$) e concentração interna de CO_2 (Ci) ($p < 0,01$). Também foram constatadas diferenças significativas entre as cultivares avaliadas para as

variáveis: taxa de assimilação de CO₂ (A) (p < 0,01), condutância estomática (gs) (p < 0,05) e concentração interna de CO₂ (Ci) (p < 0,01).

Quadro 4. Resumo das análises de variância para as variáveis: taxa de assimilação de CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), eficiência instantânea no uso da água (EiUA) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) $(A/Ci) [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$ em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.

F. V.	G. L.	Quadrados médios					
		A	E	gs	Ci	EiUA	EiC
-----60 Dias Após Semeadura-----							
Tratamentos	(14)	22,535 ^{ns}	0,636 ^{ns}	0,42E-2 ^{ns}	1145,388 ^{ns}	1,899 ^{ns}	0,13E-2 ^{ns}
Silício (Si)	4	13,001 ^{ns}	0,489 ^{ns}	0,64E-2 ^{ns}	1333,691 ^{ns}	0,510 ^{ns}	0,10E-2 ^{ns}
Linear	1	9,867 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,40E-2 ^{ns}	4551,008 ^{ns}	0,162 ^{ns}	0,32E-2 ^{ns}
Quadrática	1	30,951 ^{ns}	1,173 ^{ns}	0,011 ^{ns}	45,053 ^{ns}	1,002 ^{ns}	0,71E-3 ^{ns}
Cúbica	1	2,138 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,25E-2 ^{ns}	644,033 ^{ns}	0,876 ^{ns}	0,9E-4 ^{ns}
Cultivar (G)	2	7,836 ^{ns}	0,416 ^{ns}	0,69E-2 ^{ns}	301,666 ^{ns}	0,247 ^{ns}	0,4E-3 ^{ns}
Int. Si x G	8	30,976 ^{ns}	0,765 ^{ns}	0,24E-2 ^{ns}	1262,166 ^{ns}	3,006*	0,17E-2 ^{ns}
Resíduo	45	17,630	0,602	0,52E-2	1183,655	1,145	0,10E-2 ^{ns}
C.V. (%)		21,528	18,341	24,136	17,731	22,924	30,553
-----Médias das cultivares-----							
BRS Topázio		20,216a	4,395a	0,319a	189,700a	4,656a	0,110a
BRS Safira		19,041a	4,177a	0,289a	197,200a	4,563a	0,101a
BRS Rubi		19,253a	4,122a	0,285a	195,200a	4,784a	0,105a
DMS		3,217	0,594	0,055	26,361	0,819	0,024
-----Quadrados médios-----							
		A	E	gs	Ci	EiUA	EiC
-----90 Dias Após Semeadura-----							
Tratamentos	(14)	19,916 ^{**}	0,692 ^{ns}	0,63E-2 ^{ns}	3714,745 ^{**}	2,225 ^{ns}	0,16E-3 ^{ns}
Silício (Si)	4	16,531*	1,186 ^{ns}	0,91E-2*	4532,191 ^{**}	1,484 ^{ns}	0,1E-4 ^{ns}
Linear	1	63,031 ^{**}	2,098 ^{ns}	0,017*	17545,008 ^{**}	3,028 ^{ns}	0,1E-4 ^{ns}
Quadrática	1	0,734 ^{ns}	1,181 ^{ns}	0,018*	532,148 ^{ns}	2,004 ^{ns}	0,1E-4 ^{ns}
Cúbica	1	0,012 ^{ns}	1,378 ^{ns}	0,17E-3 ^{ns}	49,408 ^{ns}	0,903 ^{ns}	0,3E-5 ^{ns}
Cultivar (G)	2	38,935 ^{**}	0,051 ^{ns}	0,014*	8663,316 ^{**}	2,170 ^{ns}	0,15E-3 ^{ns}
Int. Si x G	8	16,854 ^{**}	0,606 ^{ns}	0,28E-2 ^{ns}	2068,879*	2,608 ^{ns}	0,23E-3 ^{ns}
Resíduo	45	4,567	1,034	0,34E-2	942,611	1,731	0,20E-3
C.V. (%)		21,559	30,302	36,163	14,930	41,148	28,426
-----Médias das cultivares-----							
BRS Topázio		10,034ab	3,415a	0,165ab	210,250a	3,004a	0,046a
BRS Safira		11,242a	3,327a	0,188a	223,750a	3,578a	0,051a
BRS Rubi		8,460 b	3,326a	0,134 b	182,900 b	3,010a	0,051a
DMS		1,637	0,779	0,045	23,524	1,008	0,010

F.V. – Fontes de variação; C.V. – Coeficiente de variação; G.L. – Graus de liberdade; Int. – Interação; **, * - Significativo a 1 e 5% respectivamente; ^{ns} – Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

A taxa de assimilação de CO₂ (A), na cultivar ‘BRS Topázio’, aos 90 DAS, teve ajuste polinomial quadrático, sendo o maior valor de A ($11,3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) estimado com a aplicação de

111,4 mg L⁻¹ de silício. Registrou-se aumento de 27,8% na assimilação de dióxido de carbono com o aumento da concentração de silício aplicada até o nível de 111,4 mg L⁻¹ com relação às plantas cultivadas na ausência desse elemento (0 mg L⁻¹). A partir do nível de silício que promoveu maior taxa de assimilação de dióxido de carbono, pode-se observar redução significativa de 31,4% com relação ao valor crítico (7,75 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) obtido na concentração de silício de 200 mg L⁻¹ (Figura 20A).

A cultivar ‘BRS Safira’ expressou redução linear acentuada de 49% na assimilação de dióxido de carbono em resposta ao incremento nas concentrações de silício aplicadas via foliar, sendo estimada maior assimilação desse gás (14,9 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) nas plantas cultivadas sem aplicação de silício, contrastando-se com o valor crítico de 7,6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ estimado com a aplicação de 200 mg L⁻¹ (Figura 20B).

Observou-se, na cultivar ‘BRS Rubi’, redução de 32% na taxa de assimilação de CO₂ na oscilação de 0 a 134 mg L⁻¹, com ajuste ao modelo polinomial quadrático. A partir do valor crítico (7,3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) estimado na concentração de 134 mg L⁻¹, observou-se tendência de aumento em 7,4% na *A* até o nível de 200 mg L⁻¹, onde foi estimado maior valor (7,9 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de assimilação de CO₂ com relação ao ponto crítico (Figura 20C).

Nas figuras 20D e E estão ilustradas as correlações entre as variáveis condutância estomática (*g_s*) e taxa de assimilação de CO₂ (*A*) das cultivares de algodoeiro em cultivo sob aplicação de silício foliar. Constatou-se correlação linear positiva entre as referidas variáveis, onde se observa que o aumento da dinâmica de abertura estomática refletiu no aumento da taxa de assimilação de dióxido de carbono. Galon et al. (2010) mencionaram que a difusão de CO₂ da atmosfera até os locais onde ocorre a carboxilação está sujeita a uma série de fatores que oferecem resistência a entrada no interior da folha e alguns desses fatores estão diretamente relacionados à condutância estomática.

Diante do exposto, pode-se inferir que a correlação entre *g_s* e *A* indica que o aumento na condutância estomática facilitou a assimilação de CO₂ denotando normalidade no aparato fotossintético do algodoeiro. Vê-se na figura 20F que as plantas de ‘BRS Topázio’ realizam maior assimilação de dióxido de carbono no pico de fluorescência da clorofila ‘a’, essa correlação está relacionada com a maior interceptação de luz e conversão em energia no processo de fotossíntese.

É importante salientar que a dinâmica de emissão da fluorescência possui elevada complexidade e influencia a assimilação CO₂ e a liberação de O₂. Nesta conjectura, a ocorrência de danos na cinética de fluorescência da clorofila ‘a’ promove efeito estacionário na taxa de assimilação do dióxido de carbono (IRELAND et al., 1984). Essa informação é ratificada pela

correlação entre Fv e A, indicando eficiência na captação e utilização de luz no processo fotossintético.

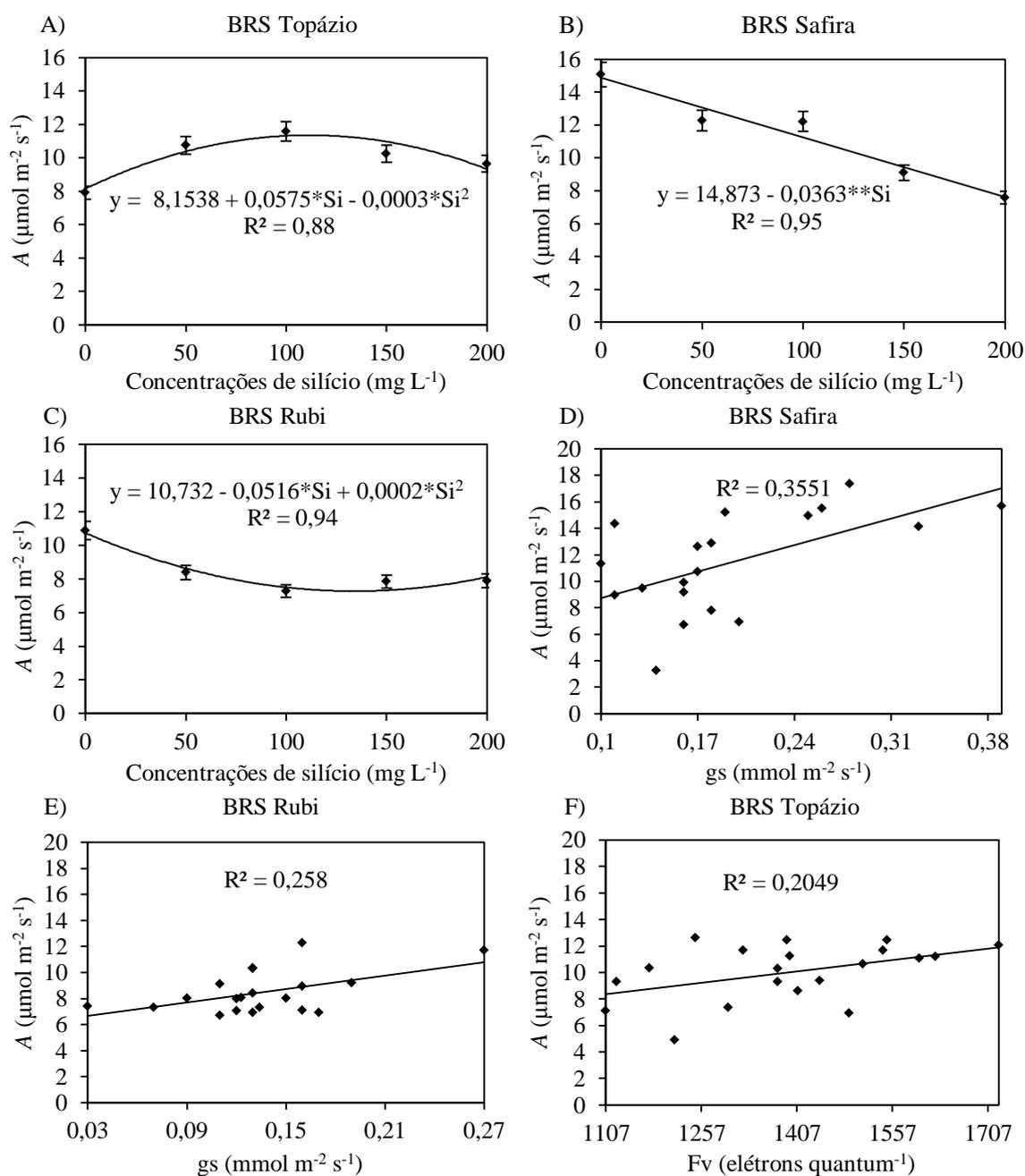


Figura 20. Taxa de assimilação de CO₂ (A) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e ‘BRS Rubi’ (C) e correlação linear de Pearson entre as variáveis condutância estomática (gs) e taxa de assimilação de CO₂ nas cultivada ‘BRS Safira’ (D) e ‘BRS Rubi’ (E) e fluorescência variável (Fv) e A na ‘BRS Topázio’ (F) sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

As taxas de assimilação de CO₂ foram inferiores aos valores informados por Ferreira (2008) trabalhando com algodoeiro sob diferentes concentrações de silício em solução nutritiva, o que se justifica pela forma de aplicação de silício utilizada por esse autor, notadamente, pela maior facilidade de absorção do elemento nesse meio.

O comportamento quadrático da cultivar ‘BRS Topázio’, para a variável taxa de assimilação de CO₂, foi semelhante ao comportamento da ‘BRS Cedro’ científico por Ferreira (2008) quando cultivadas sob aplicação de silício. Por outro lado, as cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ tiveram comportamento divergente do que preconiza a literatura, notadamente, pela redução da taxa de assimilação de CO₂, o que não condiz com Korndorfer & Oliveira (2010), quando os autores ressaltam que o silício aumenta a capacidade fotossintética.

Dentre as cultivares analisadas, a que obteve maior taxa de assimilação de CO₂ (11,2 μmol m⁻² s⁻¹), aos 90 DAS, foi a ‘BRS Safira’, embora esse valor não tenha diferido estatisticamente do valor médio (10 μmol m⁻² s⁻¹) observado na ‘BRS Topázio’. Registrou-se taxa de incremento de 24,1% na A da ‘BRS Safira’ em relação ao valor médio (8,5 μmol m⁻² s⁻¹) observado na ‘BRS Rubi’ (Quadro 4).

Realizando-se desdobramento estatístico e obtendo-se o efeito isolado do fator cultivar dentro de cada concentração de silício, verificou-se que, as cultivares de algodoeiro expressaram variações na taxa de assimilação de CO₂ nas plantas cultivadas sem aplicação de silício (0 mg L⁻¹) e nas plantas cultivadas sob aplicação das concentrações de 50 e 100 mg L⁻¹ de silício aplicadas via foliar.

Maior taxa de assimilação de CO₂ (15,1 μmol m⁻² s⁻¹), nas plantas cultivadas sem aplicação de silício (0 mg L⁻¹) foi mensurada na cultivar ‘BRS Safira’, tendo esse valor diferido de forma significativa dos valores (7,2 μmol m⁻² s⁻¹) e (10,9 μmol m⁻² s⁻¹) obtidos nas cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’, respectivamente. Foram estimadas diferenças percentuais da ordem de 52,3 e 27,8% entre o valor obtido na ‘BRS Safira’ e os valores científicos nas cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ (Figura 21A).

Nas plantas cultivadas sob aplicação das concentrações de 50 e 100 mg L⁻¹ de Si verificou-se que a ‘BRS Safira’ teve maior taxa de assimilação de CO₂ (12,3 μmol m⁻² s⁻¹) e (12,2 μmol m⁻² s⁻¹) para os respectivos níveis de silício. A ‘BRS Rubi’ expressou menores valores de A (8,4 μmol m⁻² s⁻¹) e (7,3 μmol m⁻² s⁻¹) nas respectivas concentrações de Si, sendo estimadas diferenças da ordem 31,7 e 40,2% com relação aos valores observados na ‘BRS Safira’. Ressalte-se que as cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Topázio’ não diferiram entre si nas concentrações de 50 e 100 mg L⁻¹ de silício. Na concentração de 100 mg L⁻¹ de Si verificou-se que a ‘BRS Topázio’ expressou maior

taxa de assimilação de CO_2 ($11,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) diferindo do valor $7,3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ mensurado na ‘BRS Rubi’, sendo estimada diferença de 37% entre os valores dessas cultivares (Figura 21B e C).

Não foram verificadas variações significativas na taxa de assimilação de CO_2 das cultivares sob aplicação das concentrações de silício correspondentes a 150 e 200 mg L^{-1} conforme ilustrado nas figuras 21D e E. Maior taxa de assimilação de CO_2 ($15,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi revelada na ‘BRS Safira’ quando as plantas dessa cultivar foram conduzidas sem aplicação de silício (Figura 21F).

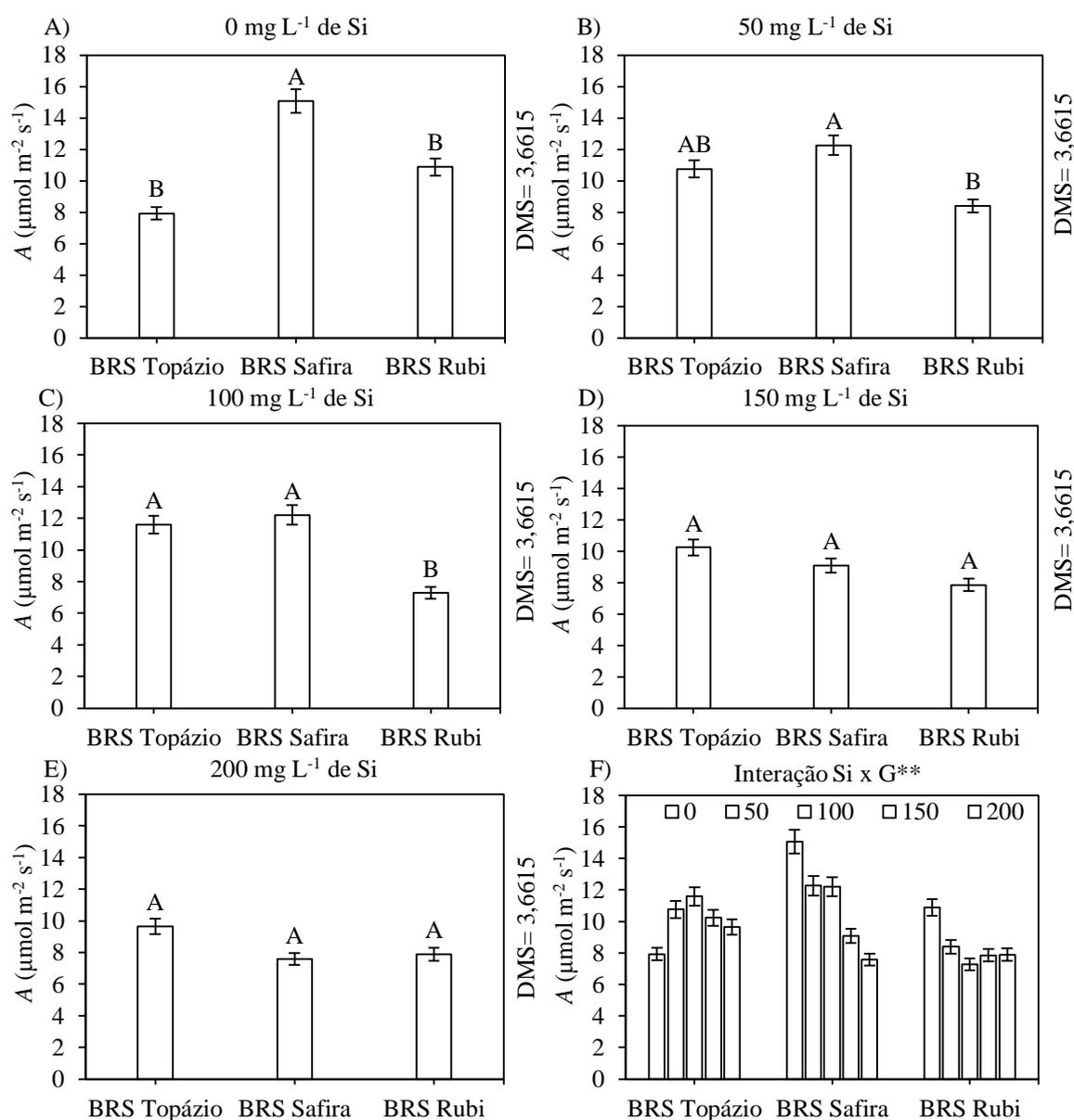


Figura 21. Taxa de assimilação de CO_2 (A) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Além das particularidades naturais das cultivares, conferidas por fatores genéticos, as diferenças registradas na taxa de assimilação de CO_2 das cultivares de algodoeiro estão relacionadas

a fatores estomáticos, notadamente, pela correlação significativa entre a condutância estomática e a taxa de assimilação de CO₂. Isso porque, a condutância estomática regula as trocas gasosas (SHIMAZAKI et al., 2007), justificando a ocorrência de correlação entre condutância estomática e taxa de assimilação de dióxido de carbono verificada nessa pesquisa.

Transcorridos 90 dias após a semeadura (DAS), observou-se reduções de 35,9 e 49,7%, com ajuste ao modelo polinomial quadrático, na condutância estomática (gs), com valores críticos 0,13 e 0,10 mol m⁻² s⁻¹ estimados com a aplicação de 103,4 e 115,3 mg L⁻¹ nas cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’, respectivamente. Essas reduções na gs foram estimadas com relação aos maiores valores de condutância 0,20 e 0,18 mol m⁻² s⁻¹ obtidos nas plantas que não foram submetidas a aplicação de Si (0 mg L⁻¹) para as respectivas cultivares. A partir do ponto mínimo de gs obtidos na curva de ajuste das médias de ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’, verificou-se que o incremento da concentração de Si nas soluções de pulverização promoveu aumentos de 35,9 e 28,6% na condutância estomática com relação aos valores (0,20 mmol m⁻² s⁻¹) e (0,14 mmol m⁻² s⁻¹) obtidos na concentração de 200 mg L⁻¹ de silício (Figura 22A e B).

Por meio de correlação Pearson, constatou-se que, sob maior condutância estomática (gs) as cultivares ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ expressaram aumento da transpiração (Figuras 22C, D e E). As plantas de ‘BRS Safira’ revelaram maior atividade transpiratória no momento em que as mesmas encontravam-se no pico de assimilação de dióxido de carbono (Figura 22F). Nesta conjectura, pode-se atribuir o aumento na taxa de transpiração, sobretudo, a fatores estomáticos, logicamente, em virtude dos estômatos constituírem a principal via de trocas gasosas entre a atmosfera e o interior do aparato fotossintético (AMARAL et al., 2006).

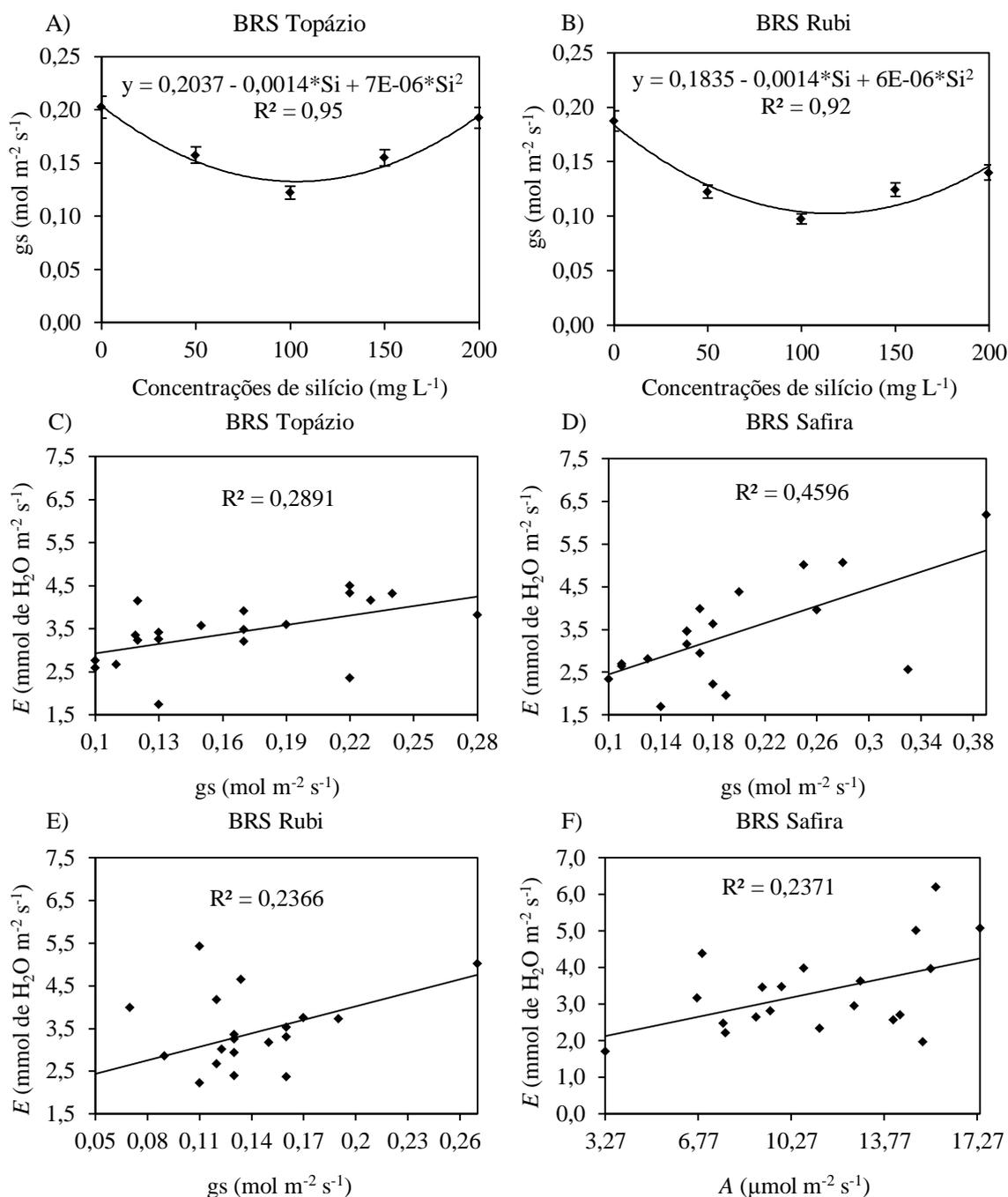


Figura 22. Condutância estomática (g_s) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) e correlação linear de Pearson entre as variáveis condutância estomática (g_s), taxa de assimilação de CO₂ (A) e transpiração (E) nas cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (C), ‘BRS Safira’ (D) e (F) e ‘BRS Rubi’ (E) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

O comportamento quadrático das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ científico nessa pesquisa corrobora com o ajuste das médias da ‘BRS Cedro’ ao modelo quadrático constatado por Ferreira (2008) trabalhando com aplicação de silício na cultura do

algodoeiro. Esse autor salienta que a redução da condutância estomática reflete-se em menor transpiração e conseqüentemente menor perda de água pelas plantas, conferindo às mesmas maior resistência ao estresse hídrico. Essa informação justifica a correlação significativa entre a condutância estomática e a transpiração das plantas das cultivares avaliadas nessa pesquisa. É importante ressaltar que, os dados de condutância estomática obtidos nessa pesquisa e os informados por Ferreira (2008) encontram-se fora da faixa de oscilação entre 300 e 500 mmol de $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, que comumente ocorre na maioria das plantas herbáceas (LARCHER, 2006).

Constataram-se diferenças significativas nos valores de condutância estomática (gs) das cultivares analisadas, sendo a maior gs ($0,19 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) registrada, aos 90 DAS, na ‘BRS Safira’. Esse valor não diferiu estatisticamente do ($0,16 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) observado na ‘BRS Topázio’. Não obstante, os valores observados nessas cultivares superaram o valor de ($0,13 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) revelado pela ‘BRS Rubi’ em 30,8 e 18,7%, respectivamente (Quadro 4).

Quando as cultivares de algodoeiro foram avaliadas de forma isolada em cada concentração de silício, não foram constatadas diferenças significativas entre as mesmas para a variável condutância estomática (gs). Não obstante, a ‘BRS Topázio’ expressou os valores 0,20, 0,16, 0,12, 0,15 e $0,19 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas concentrações 0, 50, 100, 150 e 200 mg L^{-1} de Si, respectivamente. Submetendo-se a ‘BRS Safira’ a essas mesmas dosagens, obteve-se os valores 0,23, 0,12, 0,19, 0,16 e $0,14 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para a variável condutância estomática. Já a ‘BRS Rubi’ expressou condutâncias de 0,19, 0,12, 0,10, 0,12 e $0,14 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para as respectivas concentrações de silício (Figura 23A, B, C, D e E).

Os fatores silício e cultivares não tiveram interação significativa para a variável condutância estomática (Figura 23F).

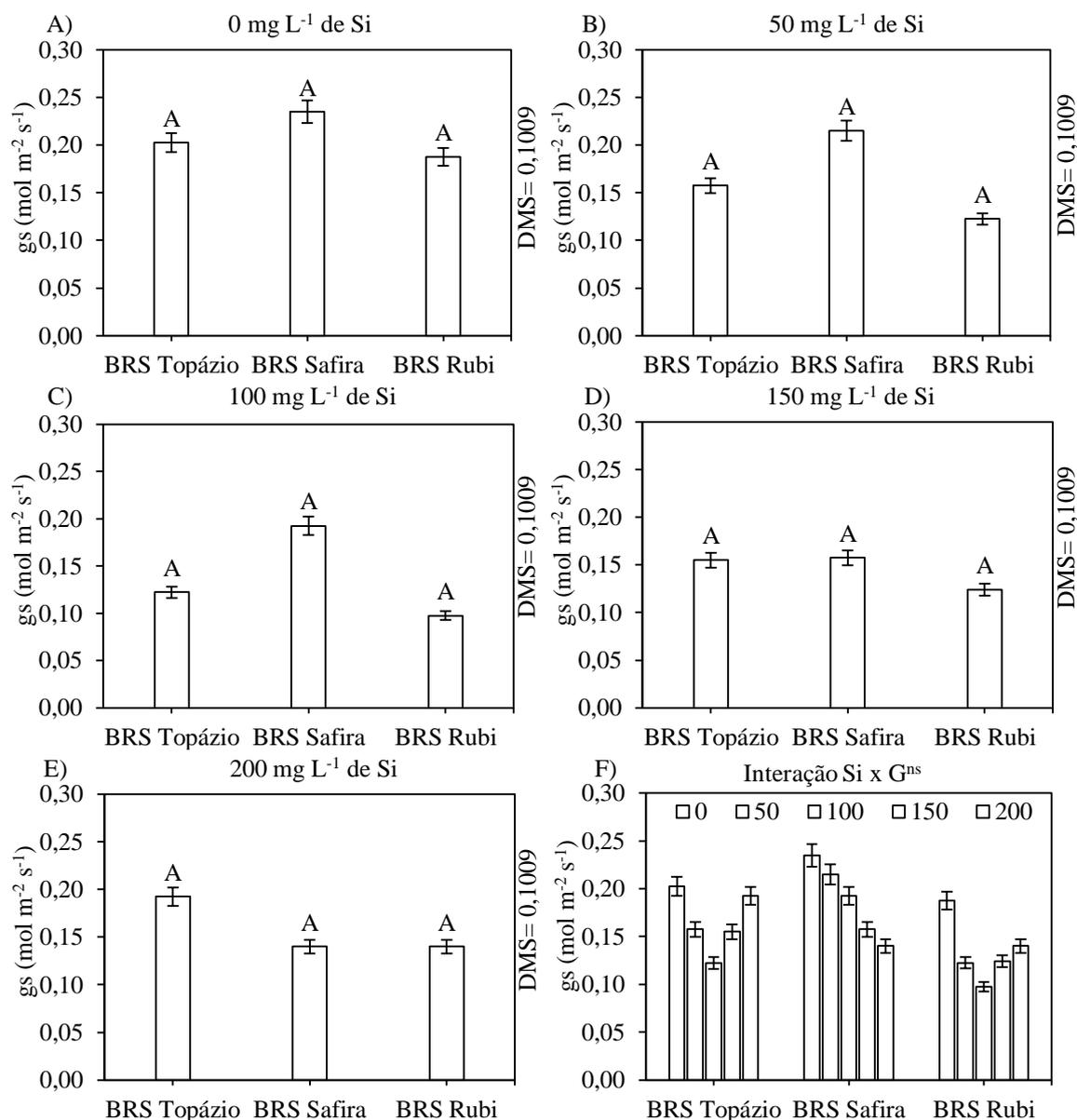


Figura 23. Condutância estomática (gs) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

A avaliação da condutância estomática constitui-se em uma importante ferramenta no monitoramento da dinâmica de crescimento das culturas. Isso porque, de acordo com Paiva et al. (2005), a condutância estomática regula as trocas gasosas e portanto possui relação direta com o processo fotossintético e consequente crescimento e desenvolvimento das plantas.

O aumento da concentração de silício nas soluções aplicadas via foliar promoveu redução acentuada na concentração interna de CO₂ (C_i) nas cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’. As médias desta variável tiveram ajuste ao modelo linear simples com boa capacidade preditiva (R²= 91) e (R²= 80) nas respectivas cultivares. A taxa de deflexão estimada para as duas cultivares foi de

30,4 e 32,7%, verificada na oscilação de 0 a 200 mg L⁻¹ de silício, com valores mais expressivos (263,9 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) e (218,6 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) revelados nas plantas que não foram tratadas com silício foliar, contrastando-se com os valores críticos (183,6 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) e (147,2 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) estimados nas plantas submetidas a aplicação foliar de 200 mg L⁻¹ de silício (Figura 24A e B).

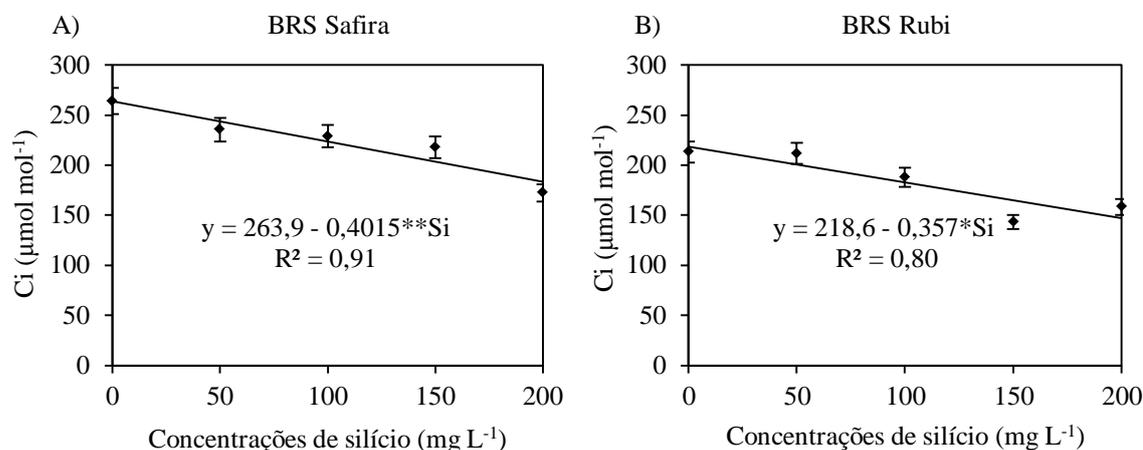


Figura 24. Concentração interna de carbono (Ci) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Safira’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) cultivados sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

As reduções registradas na concentração interna de CO₂ refletem as diminuições constatadas na taxa de assimilação de dióxido de carbono, o que se justifica pelo fato de que durante o processo de trocas gasosas, a absorção de CO₂ converge na perda de água e, em sentido contrário, a redução dessa perda de água restringe a assimilação de dióxido de carbono e conseqüentemente converge em menor concentração interna de CO₂ (SHIMAZAKI et al., 2007). Acrescente-se que comportamento dessa natureza foi cientificado por Ferreira (2008) na cultura do algodoeiro sob aplicação de silício em solução nutritiva.

As cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ não diferiram estatisticamente ($p > 0,01$) entre si para a variável concentração interna de CO₂ (Ci). Não obstante, essas cultivares expressaram diferenças ($p < 0,01$), aos 90 DAS, quando comparadas à ‘BRS Rubi’. Os valores médios de Ci observados em ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ foram 210,2 e 223,7 $\mu\text{mol mol}^{-1}$. Esses valores foram superiores aos 182,9 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ observados na ‘BRS Rubi’ em 13 e 18,2%, respectivamente (Quadro 4).

Avaliando-se o efeito isolado das cultivares dentro de cada concentração de silício, para a variável concentração interna de CO₂ (Ci) aos 90 dias após a semeadura, é possível observar, na figura 25A, que as cultivares de algodoeiro, comparadas entre si, expressaram variações significativas na Ci quando cultivadas sem aplicação de silício via foliar (0 mg L⁻¹), tendo a ‘BRS Safira’ concentrado maior quantidade (264 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) de carbono interno. Registrou-se diferença

em termos de porcentagem de 24,4% entre o valor mensurado na ‘BRS Safira’ e o valor ($199,7 \mu\text{mol mol}^{-1}$) obtido na ‘BRS Topázio’. Ressalte-se que para esta variável, na referida concentração de silício, não foi cientificada diferença significativa entre as cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’, nem tampouco entre ‘BRS Rubi’ e ‘BRS Topázio’.

Não foram verificadas diferenças significativas entre as cultivares de algodoeiro quando as mesmas foram avaliadas sob aplicação de 50, 100 e 200 mg L^{-1} de silício para a variável concentração interna de CO_2 (Figura 25B, C e E).

Nas plantas cultivadas sob aplicação de 150 mg L^{-1} de silício, verificou-se que as cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ acumularam maiores valores ($220,5 \mu\text{mol mol}^{-1}$) e ($217,7 \mu\text{mol mol}^{-1}$) de Ci , tendo estes valores diferido estatisticamente do valor ($143,2 \mu\text{mol mol}^{-1}$) mensurado na ‘BRS Rubi’, com diferenças percentuais de 35 e 34,2%, respectivamente. Saliente-se que ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ não diferiram entre si para a variável em questão (Figura 25D).

Constatou-se interação significativa entre silício e cultivares para a variável concentração interna de CO_2 , sendo maior valor de Ci ($264 \mu\text{mol mol}^{-1}$) verificado nas plantas cultivadas sem aplicação do elemento na cultivar ‘BRS Safira’ (Figura 25F).

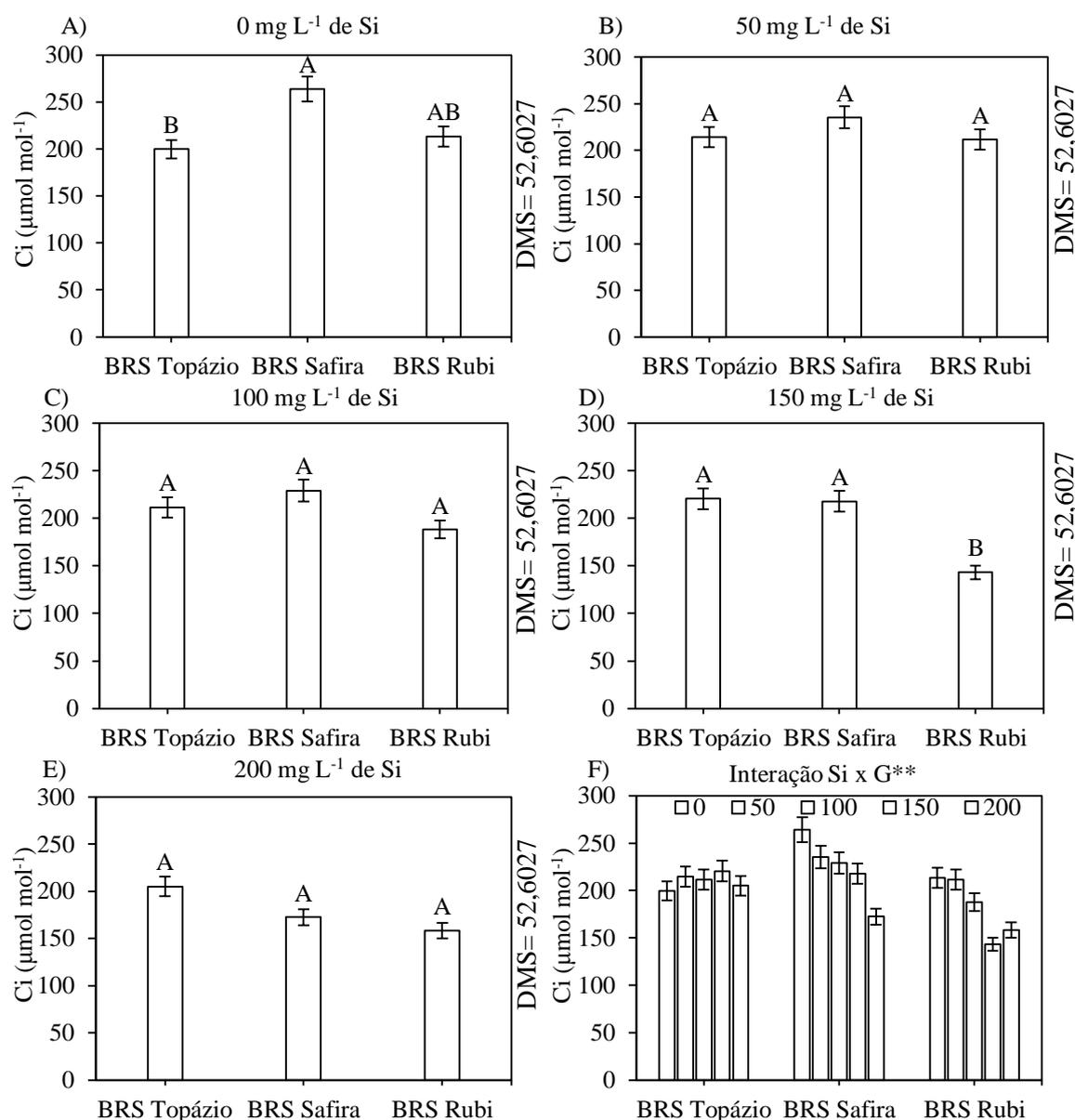


Figura 25. Concentração interna de CO₂ (Ci) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Variações significativas nas trocas gasosas dos vegetais são fortemente influenciadas pelas condições climáticas proeminentes dos diversos ecossistemas, não obstante, o suprimento nutricional possui estreita relação com variações nas trocas gasosas (TAIZ & ZEIGER, 2009). Essa afirmação, associada às características genéticas das cultivares, ratificam a ocorrência de diferenças significativas entre as concentrações de carbono interno nas cultivares de algodoeiro, notadamente, pela constatação de interação significativa entre os fatores cultivar e silício.

De acordo com os dados expressos no quadro 5, referentes ao resumo das análises de variância das variáveis de fluorescência da clorofila 'a', é possível observar que houve efeito significativo dos tratamentos sobre a fluorescência máxima (Fm) e fluorescência variável (Fv) ($p < 0,01$). Para estas variáveis, também constatou-se diferenças significativas ($p < 0,01$) entre as cultivares avaliadas. É possível observar interação significativa ($p < 0,01$) entre os fatores silício x cultivar para as variáveis: fluorescência máxima e fluorescência variável.

Quadro 5. Resumos das análises de variância para as variáveis: fluorescência inicial (Fo elétrons quantum⁻¹), fluorescência máxima (Fm elétrons quantum⁻¹), fluorescência variável (Fv elétrons quantum⁻¹) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm elétrons quantum⁻¹) em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.

F. V.	G. L	Quadrados médios			
		Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
Tratamentos	(14)	407,230 ^{ns}	78430,909**	96054,035**	0,426E-2 ^{ns}
Silício (Si)	4	745,808 ^{ns}	114287,808**	141512,791**	0,519 E-2*
Linear	1	67,500 ^{ns}	175261,633**	102025,8E-2**	0,34E-3 ^{ns}
Quadrática	1	64,380 ^{ns}	276210,380**	458337,053**	0,195E-1**
Cúbica	1	1763,333 ^{ns}	5644,408 ^{ns}	2448,033 ^{ns}	0,10E-3 ^{ns}
Cultivar (G)	2	341,516 ^{ns}	84820,516**	104053,850**	0,211E-2 ^{ns}
Int. Si x G	8	254,370 ^{ns}	58905,058**	71324,704**	0,433E-2 ^{ns}
Resíduo	45	534,033	14635,955	11687,633	0,266E-2
C.V. (%)		7,557	7,223	7,817	6,25225
Médias das cultivares					
BRS Topázio		301,050a	1696,950a	1396,150a	0,823a
BRS Safira		308,750a	1601,450 b	1305,200 b	0,816a
BRS Rubi		307,500a	1725,900a	1447,650a	0,836a
DMS		17,706	92,697	82,836	0,03953

F.V. – Fontes de variação; C.V. – Coeficiente de variação; G.L. – Graus de liberdade; Int. – Interação; **, * - Significativo a 1 e 5% respectivamente; ^{ns} – Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

Analisando-se o efeito isolado do silício em cada cultivar de algodoeiro, verificou-se que a cultivar 'BRS Topázio' teve maior fluorescência máxima (Fm) (1824,6) com a aplicação da concentração de silício de 125,4 mg L⁻¹. As médias dessa variável ajustaram-se ao modelo polinomial quadrático ($R^2=0,89$). Constatou-se incremento na Fm de 19,5% em relação à média de 1468,9 obtida nas parcelas que não foram tratados com silício foliar (0 mg L⁻¹) (Figura 26A).

A cultivar 'BRS Rubi' expressou comportamento semelhante ao da 'BRS Topázio', com ajuste de médias ao modelo polinomial quadrático e elevada capacidade preditiva ($R^2=0,89$). Na oscilação de 0 a 111,8 mg L⁻¹ de silício foi estimado aumento de 25,1% na fluorescência máxima da cultivar 'BRS Rubi', sendo os valores mínimo (1424,1) e máximo (1901,5) para as respectivas concentrações desse micronutriente. Por outro lado, a partir do valor máximo estimado, observa-se

redução de 14% até o nível máximo (200 mg L^{-1}) de silício testado, onde foi revelado o valor de 1634,6 em Fm (Figura 26B).

Na figura 26C, pode-se observar que houve correlação linear significativa ($p < 0,05$) entre as variáveis fluorescência inicial (Fo) e fluorescência máxima (Fm). Observa-se que na medida em que a Fo aumentou ocorreu aumento na fluorescência máxima da 'BRS Safira'. Vê-se que sob elevada taxa de assimilação de dióxido de carbono as plantas de 'BRS Rubi' tinham redução na fluorescência máxima da clorofila (Figura 26D). Quando as plantas de 'BRS Topázio' encontrava-se com teores elevados clorofila 'a', as mesmas expressavam maior fluorescência máxima (Figura 26E). Por outro lado, verificou-se que na 'BRS Rubi', o incremento da clorofila 'a' nos tecidos foliares das plantas reduz a fluorescência máxima da clorofila 'a' (Figura 26F).

A fluorescência da clorofila 'a', em nível majoritário, é emitida pelo fotossistema II (PSII) e pelo Sistema Coletor de Luz do PSII (Light-Harvesting Complex II - LHCII). Ressalte-se que, o fotossistema I (PSI) também contribui na emissão da fluorescência, notadamente, na região dos comprimentos de onda maiores. É conveniente frisar que a emissão de fluorescência proveniente do PSI contribuir para a fluorescência inicial (KRAUSE & WEIS, 1988). Acrescente-se que a competitividade entre os processos de dissipação de energia luminosa da clorofila provoca alterações na exaustão de calor e emissão de fluorescência, podendo, sobretudo, comprometer o processo fotossintético.

Diante do exposto, pode-se deduzir que as plantas de 'BRS Topázio' foram eficientes no processo de captação de luz utilização da mesma nos fotossistemas, notadamente, pela correlação positiva entre Fo e Fm. Essa inforção é ratificada pela maior emissão de Fm em resposta ao aumento nos teores de Chl a. Nesse sentido, ao iferir acerca de 'BRS Rubi', pode-se dizer que a mesma expressou distúrbios nos processos fisiológicos, o que se justifica pelo fato do oumento na concentração de pigmentos fotossintetizantes e na taxa de assimilação de CO_2 influenciarem redução na emição da fluorescência máxima. Para Ireland et al. (1984) a cinética da fluorescência é complexa e está relacionada com a fixação do CO_2 e a liberação do O_2 .

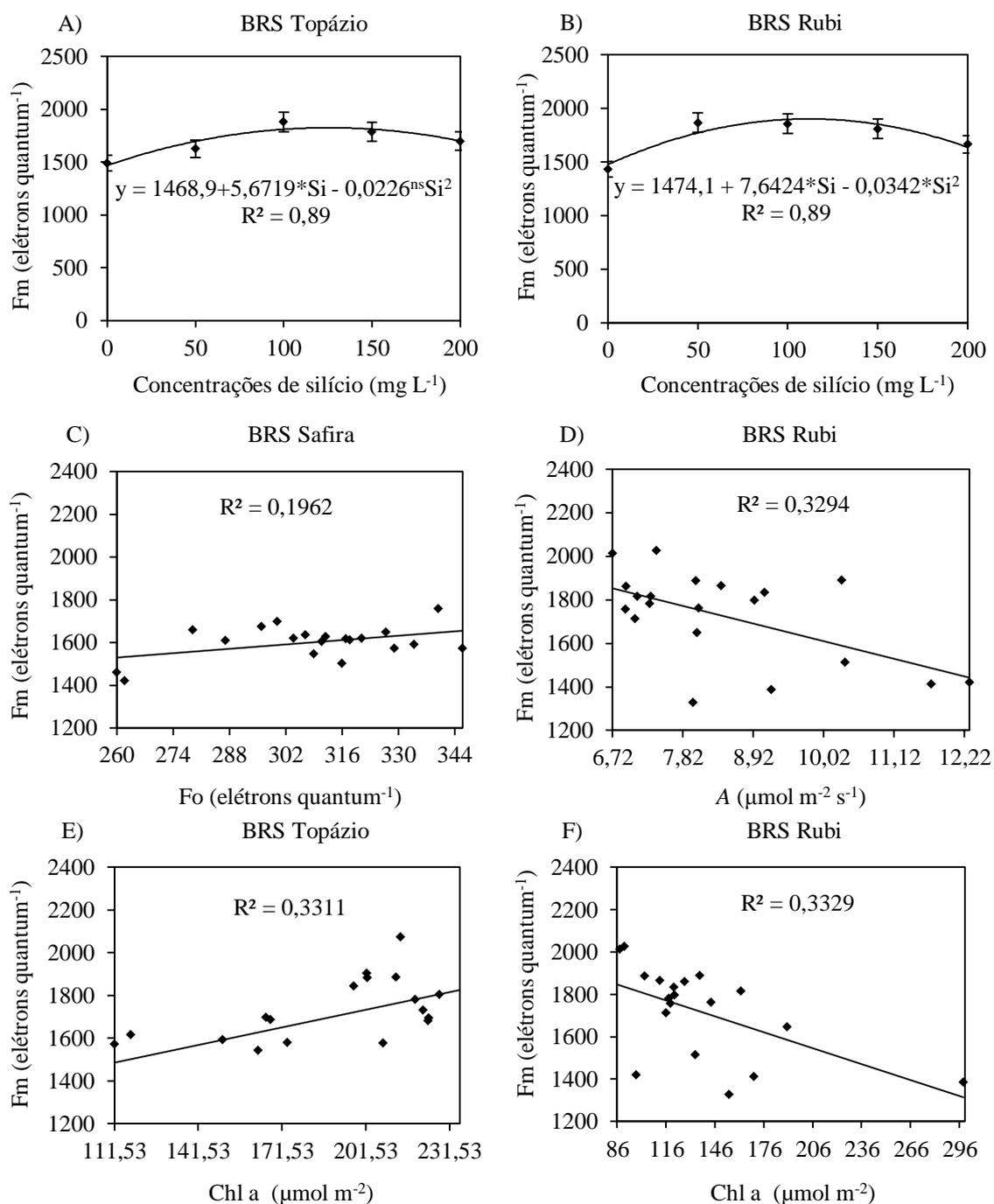


Figura 26. Fluorescência máxima (Fm) nas cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) e correlação linear de Pearson entre as variáveis fluorescência inicial (Fo), taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração de clorofila ‘a’ (Chl a) e fluorescência máxima (Fm) nas cultivares ‘BRS Safira’ (C), ‘BRS Rubi’ (D) e (F) e ‘BRS Topázio’ (E) sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

O Silício é considerado um elemento benéfico às plantas, com potencial para promoção de melhoria na dinâmica de crescimento e desenvolvimento das plantas, sobretudo, em plantas sob condições de estresse (SONOBE et al., 2009). Nesse sentido, pode-se atribuir o aumento

cientificado na fluorescência máxima à aplicação de níveis crescente de silício. Esse aumento verificado na Fm das cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ justifica-se pela otimização da capacidade de absorção e aproveitamento da energia luminosa pelo fotossistema II (TORRES NETTO et al., 2005).

Acrescente-se que, de acordo com Silva et al. (2006), o aumento da fluorescência máxima está relacionado à maior eficiência de fotorredução da quinona *a* indicando boa atividade do PSII na membrana dos tilacóides, o que reflete diretamente no fluxo de elétrons entre os fotossistemas.

Conforme médias expressas no quadro 5, é possível observar efeito significativo do fator cultivar, na análise conjunta, para a variável fluorescência máxima, sendo valor mais expressivo de fluorescência máxima (1725,9) obtido na cultivar ‘BRS Rubi’. Esse valor não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) do valor (1696,9) mensurado na ‘BRS Topázio’. Contudo, essas duas cultivares diferiram de forma significativa ($p < 0,01$) da ‘BRS Safira’ que teve fluorescência máxima de 1601,4. As diferenças percentuais estimadas das cultivares ‘BRS Rubi’ e ‘BRS Topázio’ em relação a ‘BRS Safira’ foram de 7,2 e 5,6% respectivamente.

Realizando-se análise individual para obtenção do efeito isolado do fator cultivar dentro de cada concentração de silício, constatou-se que as cultivares de algodoeiro na expressaram diferenças significativas entre si para a variável fluorescência máxima nas plantas cultivadas sem aplicação de silício (0 mg L^{-1}) e nas plantas cultivadas sob aplicação dos níveis de 150 e 200 mg L^{-1} de silício foliar (Figura 27A, D e E).

Em sentido contrário, quando as plantas das cultivares de algodoeiro foram submetidas a aplicação de 50 mg L^{-1} de silício, as mesmas diferiram quanto à variável fluorescência máxima, tendo ‘BRS Rubi’ expressado maior fluorescência máxima (1867) diferindo estatisticamente das cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ que expressaram fluorescências máxima de 1626,5 e 1576,5, sendo estimadas diferenças percentuais de 12,9 e 15,5% com relação ao valor mensurado na ‘BRS Rubi’ (Figura 27B).

As cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ não diferiram de forma significativa, para a variável fluorescência máxima, quando cultivadas sob aplicação de silício foliar na concentração correspondente a 100 mg L^{-1} , tendo essas cultivares revelado valores de fluorescência máxima de 1879,5 e 1856,5, respectivamente. É possível observar na figura 27C que os valores científicos em ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ diferiram significativamente do valor (1535,2) mensurado na ‘BRS Safira’, tendo essas diferenças, representado em termos percentuais, 18,1 e 17,3%, respectivamente.

Os fatores estudados tiveram interação significativa na variável fluorescência máxima da clorofila (Fm). Maior valor de Fm (1879,5) foi verificado na cultivar ‘BRS Topázio’ sob aplicação de 100 mg L⁻¹ de silício via foliar (Figura 27F).

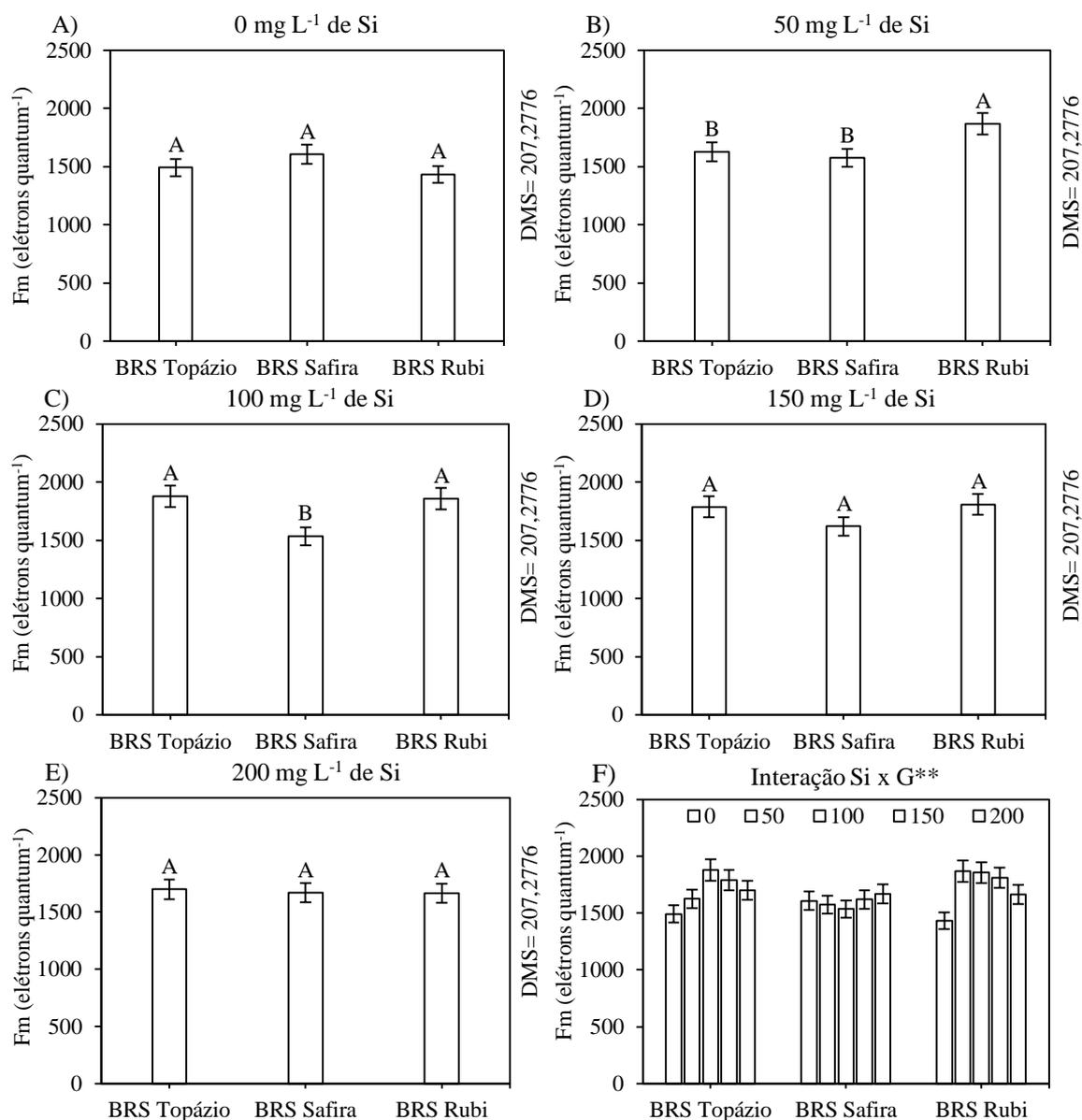


Figura 27. Fluorescência máxima (Fm) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

É possível indicar por meio da Fm o estado em que os centros de reação do PSII são incapazes de aumentar as reações fotoquímicas, além do ponto em que a fluorescência atinge sua capacidade máxima, caracterizando fotorredução da quinona *a* pelos elétrons transferidos a partir do PSII (BAKER & ROSENQVST, 2004). Nessa conjectura, a variação científica na Fm entre as

cultivares indica que as mesmas possuem diferenças no ponto de intensidade máxima de fluorescência, sendo essas diferenças atribuídas a particularidades específicas de cada cultivar, o que denota estabilidade genética de cada cultivar.

A fluorescência variável (Fv), na cultivar ‘BRS Topázio’, expressou comportamento quadrático, com valor mais expressivo (1535,1) de Fv, estimado com a aplicação de 126 mg L⁻¹ de Si. Comparando-se o valor médio (1146,5) obtido nas plantas que não foram tratadas com silício e os valores mais expressivos obtidos para esta variável, é possível estimar taxa de incremento de 25,3% em Fv, conforme ilustrado na figura 28A. Nessa mesma figura, é possível observar redução de 9% na Fv, quando compara-se o maior valor obtido, com o valor (1400,3) estimado na concentração de 200 mg L⁻¹.

Para a ‘BRS Rubi’, também pode-se verificar, conforme ilustrado na figura 28B, aumento de 29,5% na fluorescência variável, sendo esse aumento estimado a partir do menor valor (1166,8) e o maior valor (1654,5), obtidos na oscilação de 0 a 109,6 mg L⁻¹ de silício aplicados via foliar. Não obstante, após expressar a máxima Fv, a ‘BRS Rubi’ revelou decréscimo de 20% na Fv com relação ao valor (1323,3) estimado com a aplicação de 200 mg L⁻¹ de silício.

Houve correlação linear ($p < 0,01$) entre as variáveis fluorescência máxima (Fm), concentração de clorofila ‘a’ (Chl a) e fluorescência variável (Fv). É possível observar que o pico de emissão na fluorescência máxima induz maior fluorescência variável nas cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ (Figura 28C e D). Maior emissão de fluorescência variável de ‘BRS Topázio’ ocorreu quando as plantas de algodoeiro expressavam maiores níveis de clorofila ‘a’ (Figura 28E). Já a ‘BRS Rubi’ emitiu menor Fv na medida em que a concentração de clorofila ‘a’ aumentou nos tecidos foliares (Figura 28F).

É importante destacar que a emissão de fluorescência da clorofila está diretamente relacionada ao balanço de pigmentos fotossintetizantes nos tecidos. Acrescente-se que as moléculas de clorofila associadas ao fotossistema II (PSII) constituem a principal fonte provedora de praticamente toda a fluorescência da clorofila (BOLHÀR-NORDENKAMPF & ÖQUIST, 1993). Nesse sentido, a correlação entre Chl a e Fv em ‘BRS Topázio’ denota eficiência no processo fotoquímico e otimização do aparato fotossintético na cultivar. Já a redução de Fv em ‘BRS Rubi’ sob aumento de Chl a indica declínio no processo fotoquímico, notadamente, pelo aumento da dissipação de energia na forma de calor e fechamento dos centros de reação.

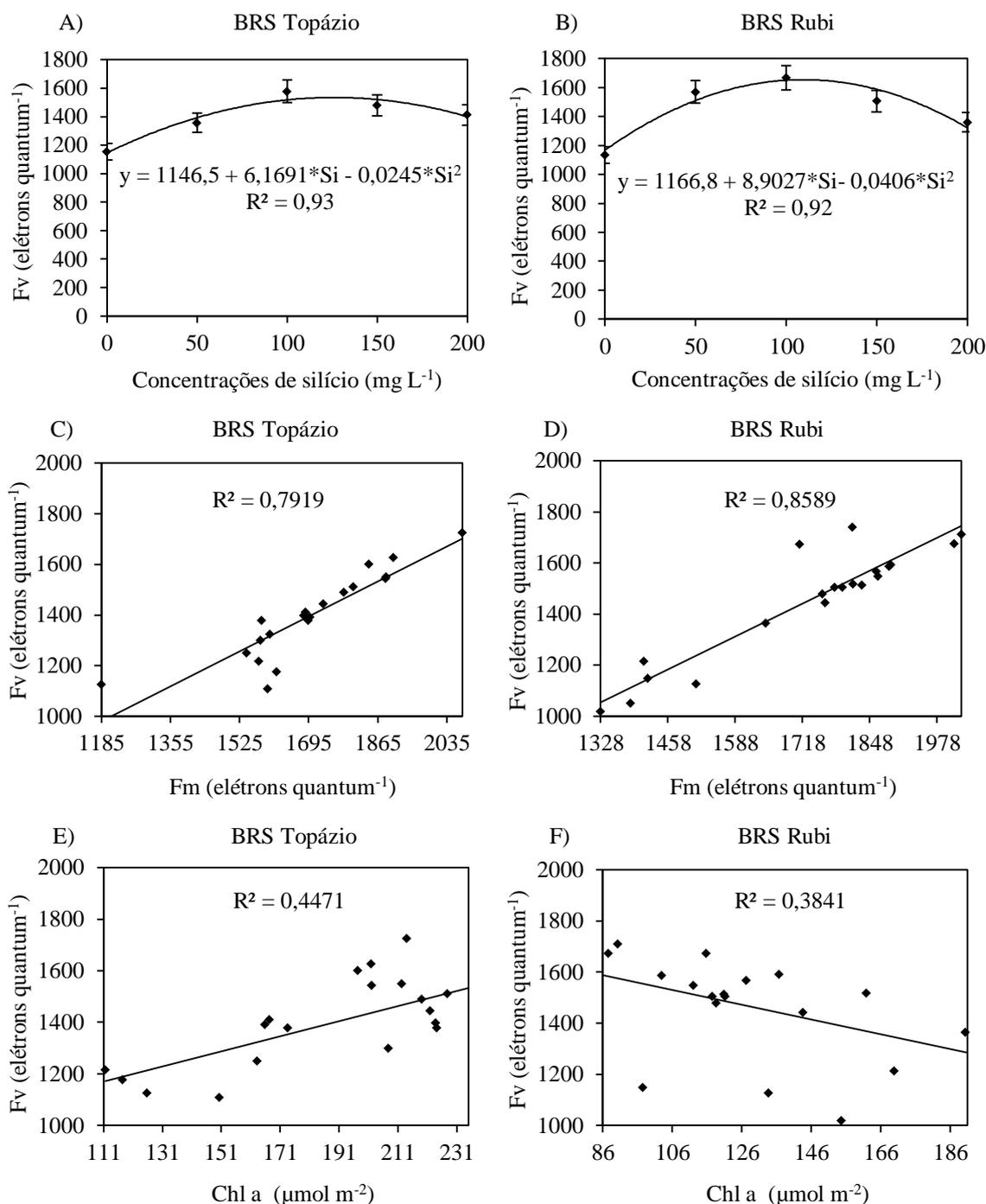


Figura 28. Fluorescência variável (Fv) nas cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B). Correlação linear de Pearson entre as variáveis fluorescência máxima (Fm), concentração de clorofila ‘a’ (Chl a) e fluorescência variável (Fv) nas cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (C) e (E) e ‘BRS Rubi’ (D) e (F) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

Dias & Marenco (2007) reportam que as características de fluorescência são utilizadas como indicativo de estresses bióticos e abióticos, notadamente, pelo dano causado por esses fatores ao pleno funcionamento do fotossistema II. Assim, o aumento verificado na fluorescência variável, em

resposta ao incremento da concentração de silício aplicado, indica maior estabilidade das plantas e consequente proteção a possíveis estresses. Essa informação é ratificada por Crusciol & Soratto (2010) onde os autores destacam que o efeito do Si inibe a severidade dos estresses e potencializa as atividades metabólicas e consequentemente fisiológicas dos vegetais.

Analisando-se o efeito das cultivares independente da concentração de silício, para a fluorescência variável, verifica-se valor mais expressivo de Fv (1447,6), obtido na cultivar 'BRS Rubi'. Esse valor não diferiu ($p > 0,05$) do valor (1396,1) de fluorescência variável mensurado na 'BRS Topázio'. Não obstante, essas duas cultivares diferiram de forma significativa ($p < 0,01$) da 'BRS Safira' que teve fluorescência variável crítica de 1305,2. As diferenças percentuais estimadas de 'BRS Rubi' e 'BRS Topázio' em relação a 'BRS Safira' foram de 9,8 e 6,5%, respectivamente, conforme médias expressas no quadro 5.

Isolando-se as cultivares em cada concentração de silício, observa-se que nas concentrações de 150 e 200 mg L⁻¹ de Si as cultivares não expressaram variações significativas na fluorescência variável (Figura 29D e E).

As cultivares de algodoeiro sem aplicação de silício foliar (0 mg L⁻¹) expressaram variações significativas na fluorescência variável, tendo a 'BRS Safira' revelado maior Fv (1363,7), com diferenças percentuais expressivas de 15,3 e 16,8% com relação aos valores (1155,2) e (1134) obtidos em 'BRS Topázio' e 'BRS Rubi', respectivamente (Figura 29A).

Nas plantas submetidas a aplicação de silício foliar na concentração correspondente a 50 mg L⁻¹, pode-se observar que a cultivar 'BRS Rubi' teve maior fluorescência variável (1570,5) com diferenças percentuais (13,6%) e (17,5%) acentuadas em relação aos valores (1356,2) e (1295) de Fv revelados em 'BRS Topázio' e 'BRS Safira', respectivamente (Figura 29B).

De acordo com o comportamento das cultivares de algodoeiro ilustrado na figura 29C, é possível inferir que sob aplicação de 100 mg L⁻¹ de silício as cultivares expressaram diferenças significativas, tendo 'BRS Topázio' e 'BRS Rubi' revelado maiores valores (1578,7) e (1667,2) de fluorescência variável, contrastando-se com o valor (1251,7) científico na 'BRS Safira'. Foram estimadas diferenças percentuais de 20,7 e 24,9% entre os valores mensurados em 'BRS Topázio' e 'BRS Rubi' e o valor mensurado na 'BRS Safira'.

Valores mais expressivos de Fv (1578,7) e (1667,2) foram revelados nas interações de 'BRS Topázio' e 'BRS Safira', respectivamente, na aplicação de 100 mg L⁻¹ (Figura 29F).

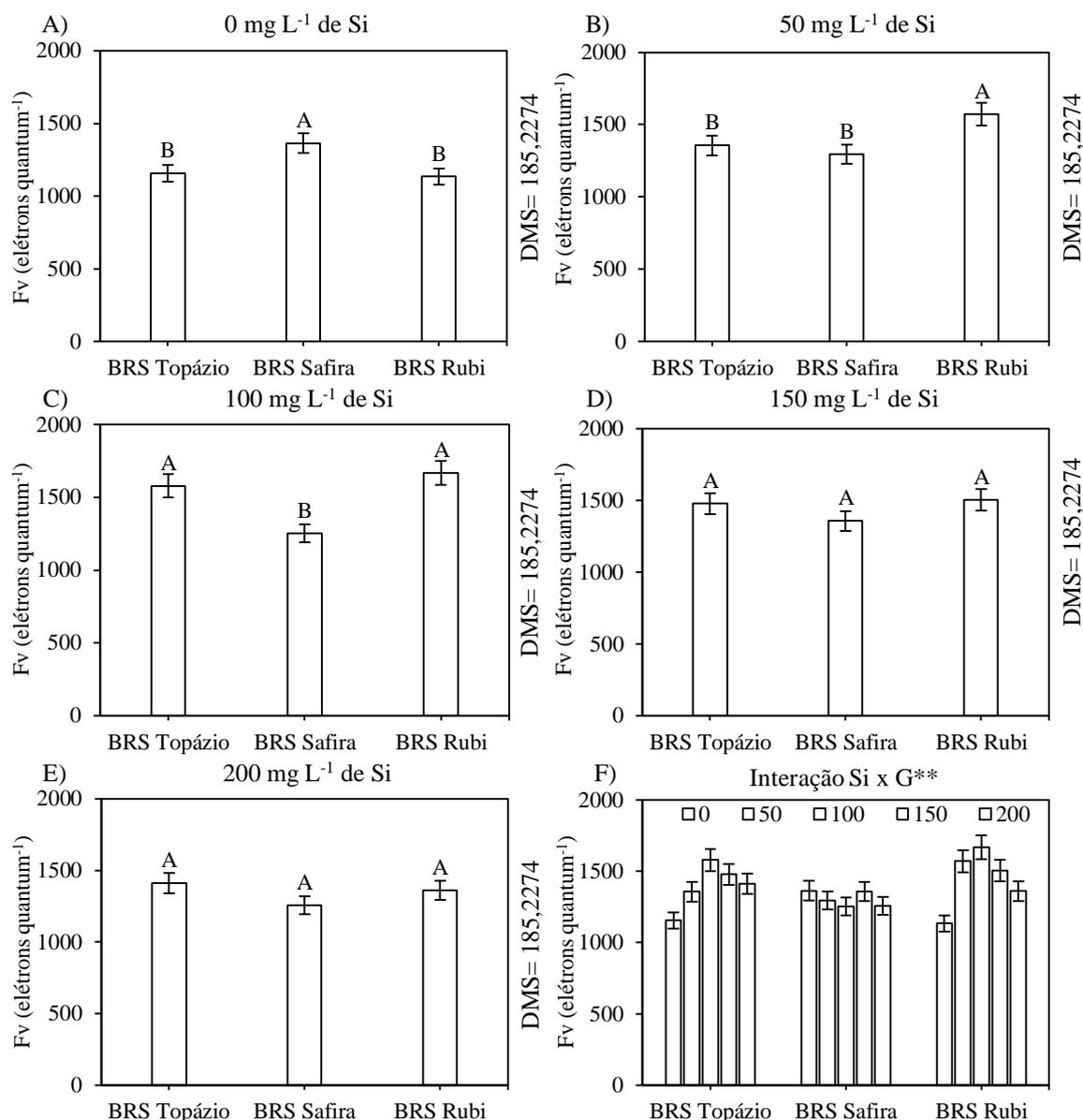


Figura 29. Fluorescência variável (Fv) de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Um dos aspectos de relevância expressiva para o melhoramento genético de plantas é o conhecimento da variabilidade genética e quanto dessa variabilidade é determinada pelas diferenças genéticas entre os genótipos (PASSOS et al., 2010). Nesse sentido, as diferenças científicas entre as cultivares de algodoeiro para a característica fluorescência variável, pode constituir ferramenta de interesse para os programas de melhoramento genético. Suassuna et al. (2011) acrescenta que variáveis de fluorescência são determinadas por métodos não destrutivos, o que indica maior comodidade e flexibilidade para os pesquisadores.

A cultivar ‘BRS Rubi’ expressou maior eficiência quântica do fotossistema II (0,87) com a aplicação de 104,7 mg L⁻¹ de silício, tendo suas médias ajustadas ao modelo polinomial quadrático. Embora não expressivo, registrou-se aumento de 9,2% na eficiência fotoquímica da referida cultivar, quando comparou-se os valores (0,79) obtidos nas plantas que não foram tratadas com silício (0 mg L⁻¹), com aqueles estimados no ponto máximo da curva (Figura 30A). Verificou-se redução na eficiência quântica do fotossistema II de ‘BRS Rubi’ em decorrência do aumento nos níveis de clorofila ‘a’ nos tecidos foliares (Figura 30B).

Deve-se ressaltar que os valores de eficiência quântica do fotossistema II evidenciados nessa pesquisa corroboram com os valores preconizados por Bjorkman & Demmig (1987). Esses autores reportam que em plantas vasculares sadias a relação Fv/Fm deve compreender valores entre 0,832 ± 0,004.

A eficiência quântica do PSII pode ser utilizada para indicar estresse nos vegetais. Nesse sentido, a diminuição da relação Fv/Fm indica distúrbios na eficiência fotoquímica. Essa informação é ratificada por Melo et al. (2010) e Suassuna et al. (2011) quando os autores registraram redução na Fv/Fm em melancia e meloeiro submetidos a estresse por saturação hídrica.

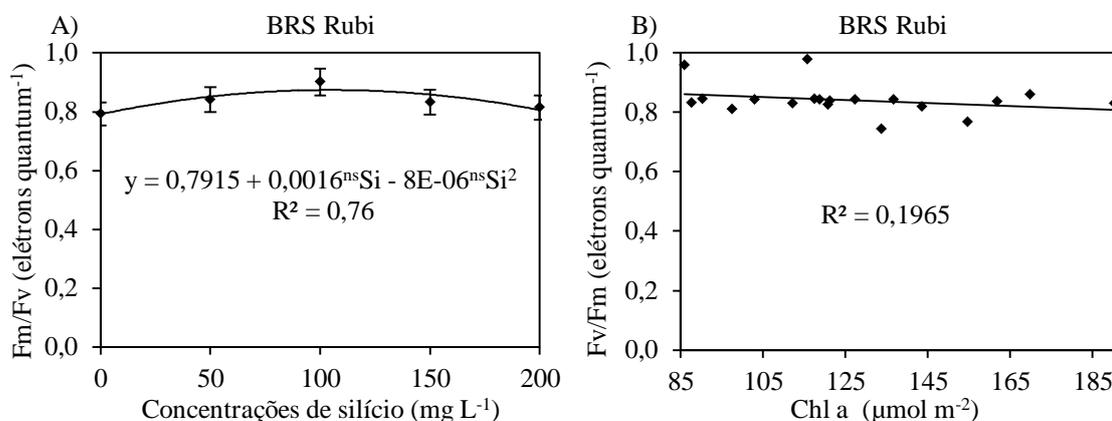


Figura 30. Eficiência quântica do fotossistema II (Fm/Fv) (A) e correlação linear de Pearson e entre as variáveis da cultivar de algodoeiro ‘BRS Rubi’ cultivada sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

Posada et al. (2011) ressaltam que a relação Fm/Fv caracteriza a eficiência fotoquímica das culturas, indicando pleno funcionamento do aparato fotossintético das plantas. Assim, o aumento da eficiência quântica do PSII indica melhor aproveitamento e conversão da energia luminosa. A maior eficiência quântica do PSII observada na cultivar ‘BRS Rubi’ pode estar atrelada ao incremento da

concentração de silício na soluções pulverização, notadamente, pelos diversos efeitos benéficos destacados por Medeiros et al. (2009).

4.4. Variáveis bioquímicas

A análise conjunta dos fatores revelou efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis: concentração de clorofila 'a' (Chl a), razão clorofila 'a' clorofila 'b' (a/b), clorofila total (Chl t), carotenoides (CAR), extrusão da membrana celular (EXT) e conteúdo relativo de água na folha (CRA). Houve efeito isolado das concentrações de silício em todas as variáveis bioquímicas analisadas. Entre as cultivares analisadas também constatou-se diferenças significativas para as variáveis: concentração de clorofila 'a', razão clorofila 'a' clorofila 'b', concentração de clorofila total, concentração de carotenoides e extrusão da membrana celular. Constatou-se interação significativa ($p < 0,01$) entre os fatores silício (Si) e cultivares (G) para as concentrações de clorofila 'a', razão clorofila 'a' clorofila 'b', clorofila total, carotenoides e extrusão da membrana celular (Quadro 6).

Quadro 6. Resumo das análises de variância para as variáveis: concentração de clorofila 'a' (Chl a $\mu\text{mol m}^{-2}$), clorofila 'b' (Chl b $\mu\text{mol m}^{-2}$), razão clorofila 'a' clorofila 'b' (a/b), clorofila total (Chl t $\mu\text{mol m}^{-2}$), carotenoides (CAR $\mu\text{mol m}^{-2}$), extrusão da membrana celular (EXT %) e conteúdo relativo de água na folha (CRA %) em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.

F. V.	G. L.	Quadrados médios						
		Chl a	Chl b	a/b	Chl t	CAR	EXT	CRA
Tratamentos	(14)	7264,55**	112,97 ^{ns}	14,60**	7365,12**	3009,68**	147,30**	307,82*
Silício (Si)	4	5703,22**	181,45*	21,10**	4934,48**	1248,77*	347,04**	504,39**
Linear	1	10611,41**	601,24**	74,25**	6160,89*	4552,93**	1318,46**	337,42 ^{ns}
Quadrática	1	10264,29**	28,82 ^{ns}	9,12*	11380,98**	350,89 ^{ns}	35,15*	1213,24**
Cúbica	1	1594,05 ^{ns}	5,58 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1411,03 ^{ns}	17,148 ^{ns}	34,06*	160,30 ^{ns}
Cultivar (G)	2	21727,90**	90,84 ^{ns}	32,66**	22741,65**	7017,15**	46,21**	107,89 ^{ns}
Int. Si x G	8	4429,38**	84,25 ^{ns}	6,84**	4736,30**	2888,64**	72,70**	259,52 ^{ns}
Resíduo	45	878,35	64,55	1,49	1238,66	402,56	8,02	127,33
C.V. (%)		19,72	26,94	22,77	19,54	16,59	14,50	17,65
Médias das cultivares								
BRS Topázio		188,16a	30,84a	6,67a	219,01a	140,78a	19,34ab	62,21a
BRS Safira		128,27 b	31,25a	4,11 c	159,53 b	118,33 b	18,11 b	66,56a
BRS Rubi		134,36 b	27,38a	5,29 b	161,74 b	103,58 b	21,13a	62,98a
DMS		22,71	6,16	0,93	26,97	15,37	2,17	8,65

F.V. – Fontes de variação; C.V. – Coeficiente de variação; G.L. – Graus de liberdade; Int. – Interação; **, *, ns - Significativo a 1 e 5% e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Maior concentração de clorofila 'a' (237 $\mu\text{mol m}^{-2}$), na 'BRS Topázio', foi obtida com a concentração de silício de 200 mg L^{-1} . Esse valor contrastou-se com o valor crítico de Chl a (139,3

$\mu\text{mol m}^{-2}$) encontrado na concentração de 0 mg L^{-1} . No intervalo compreendido entre o ponto mínimo e máximo foi estimado incremento de 41,2% (Figura 31A).

As plantas de algodoeiro, da 'BRS Safira', que não foram tratadas com silício foliar expressaram teor de clorofila 'a' de $145,3 \mu\text{mol m}^{-2}$. Na medida em que foram aumentadas as concentrações de silício na solução de pulverização registrou-se decréscimo significativo de 33,2% na Chl a, sendo estimada menor concentração ($97 \mu\text{mol m}^{-2}$) desse pigmento no nível de 89 mg L^{-1} . A partir desse ponto, o incremento da concentração de Si na solução de pulverização gerou aumento de 43,7% na Chl a, com valor máximo ($172,3 \mu\text{mol m}^{-2}$) estimado na concentração de 200 mg L^{-1} (Figura 31B).

A 'BRS Rubi' teve comportamento semelhante ao da 'BRS Safira' no que tange à variável concentração de clorofila 'a'. Houve decréscimo de 40% na concentração desse pigmento quando comparou-se o valor $171,6 \mu\text{mol m}^{-2}$, obtido nas plantas cultivadas sem aplicação de silício (0 mg L^{-1}), com o valor crítico $102,9 \mu\text{mol m}^{-2}$ obtido na concentração de silício de $104,7 \text{ mg L}^{-1}$. Por outro lado, registrou-se, a partir desse ponto, taxa de incremento de 36,2% na Chl a, com relação ao valor $161,5 \mu\text{mol m}^{-2}$ obtido com a aplicação de 200 mg L^{-1} de Si (Figura 31C).

Vê-se na figura 31D que a diminuição da resistência dos estômatos e consequente aumento da condutância estomática refletiu na produção de pigmentos clorofilianos com incremento da produção de clorofila 'a'. As clorofilas são os pigmentos naturais de maior abundância nas plantas, estão localizadas nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais. Pesquisas de caracterização indicam que em uma grande variedade de plantas os pigmentos clorofilianos são os mesmos. Acrescente-se que, atualmente os pigmentos clorofilianos são de grande importância comercial, podendo ser utilizados tanto como pigmentos quanto como antioxidantes (STREIT et al., 2005). Nesta conjectura, pode-se inferir que o monitoramento da dinâmica estomática pode subsidiar a demanda de informações acerca do balanço de clorofila nas folhas, o que se justifica pela correlação positiva entre g_s e F_v .

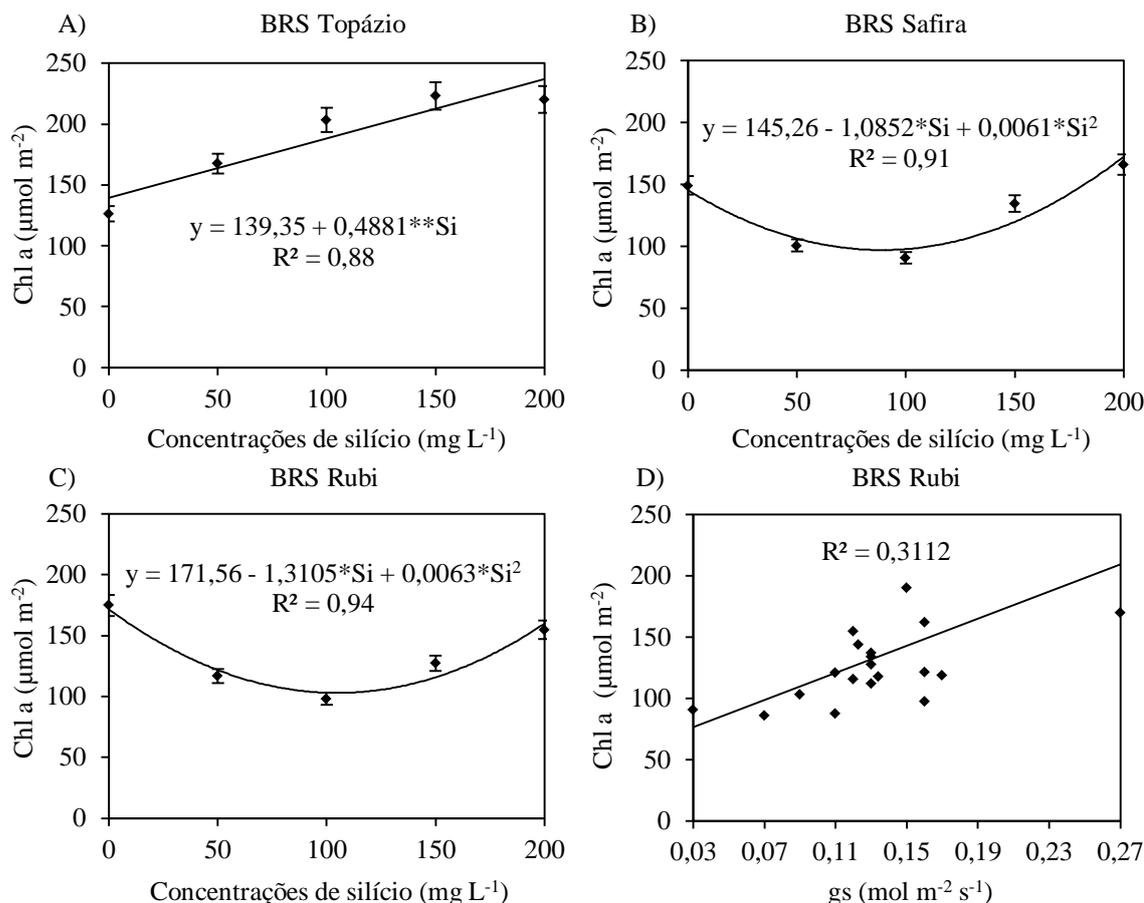


Figura 31. Concentração de clorofila 'a' (Chl a) nas folhas das cultivares de algodoeiro 'BRS Topázio' (A), 'BRS Safira' (B) e 'BRS Rubi' (C) e correlação linear de Pearson entre condutância estomática (gs) e Chl a em 'BRS Rubi' (D) em cultivo sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

O acúmulo de silício nos tecidos vegetais promove diversos benefícios devido às ações atribuídas a este micronutriente (KORNDORFER & OLIVEIRA, 2010). Nessa conjectura, Sávio et al. (2011) acrescentam que, o efeito do Si proporciona otimização nos processos bioquímicos para defesa do vegetal sob condições de estresse. Assim, o aumento cientificado na concentração de clorofila 'a' na 'BRS Topázio', já a partir dos menores níveis de Si, indica maior sensibilidade dessa cultivar à aplicação de silício. Não obstante, o aumento na concentração da Chl a, nas cultivares 'BRS Safira' e 'BRS Rubi', foi verificado a partir do nível de 100 mg L^{-1} , indicando que essas cultivares necessitam de maior concentração de Si para incremento da produção de Chl a.

As cultivares estudadas, quando analisadas de forma conjunta, independente da concentração de silício aplicada, expressaram diferenças significativas entre si para a variável concentração de clorofila 'a', sendo a maior concentração ($188,2 \mu\text{mol m}^{-2}$) desse pigmento

cientificada na ‘BRS Topázio’. Esse valor superou em 31,8 e 28,6% os valores 128,3 e 134,4 $\mu\text{mol m}^{-2}$ observados nas cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’, respectivamente (Quadro 6).

Realizando-se comparação das médias das cultivares isoladas em cada concentração de silício, constatou-se que apenas nas plantas cultivadas sem aplicação desse micronutriente não foi verificada variação significativa na concentração de clorofila ‘a’ (Figura 32A).

Sob aplicação de 50 mg L^{-1} de silício via foliar, obteve-se maior concentração de clorofila ‘a’ (167,5 $\mu\text{mol m}^{-2}$) nos tecidos foliares da ‘BRS Topázio’ com diferença percentual significativa de 40% com relação ao valor (100,7 $\mu\text{mol m}^{-2}$) cientificado na ‘BRS Safira’. Ressalte-se que, não foram constatadas diferenças significativas entre as médias das cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’, e nem tampouco entre as médias das cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ (Figura 32B).

Nas concentrações de silício de 100, 150 e 200 mg L^{-1} foram constatadas diferenças significativas entre os valores médios de Chl a obtidos nas cultivares de algodoeiro, tendo a ‘BRS Topázio’ acumulado maior concentração de clorofila ‘a’ (203,5 $\mu\text{mol m}^{-2}$), (223,2 $\mu\text{mol m}^{-2}$) e (220,4 $\mu\text{mol m}^{-2}$) para as respectivas concentrações de silício mencionadas anteriormente. Foram estimadas diferenças percentuais de 55,4, 39,7 e 24,6% entre os valores 90,8, 134,6 e 166,1 $\mu\text{mol m}^{-2}$ obtidos na ‘BRS Safira’ e os valores cientificados na ‘BRS Topázio’. Já quando comparou-se os valores médios de clorofila ‘a’ obtidos na ‘BRS Topázio’ com os valores 98,1, 127,3 e 154,8 $\mu\text{mol m}^{-2}$ quantificados na ‘BRS Rubi’, as diferenças percentuais foram 51,8, 42,9 e 29,8% para as respectivas concentrações de silício (Figura 32C, D e E).

Na figura 32F pode-se observar que os fatores estudados tiveram interação significativa na concentração de clorofila ‘a’. Maior valor desse pigmento (223,2 $\mu\text{mol m}^{-2}$) foi quantificado na interação da ‘BRS Topázio’ sob aplicação de 100 mg L^{-1} de Si.

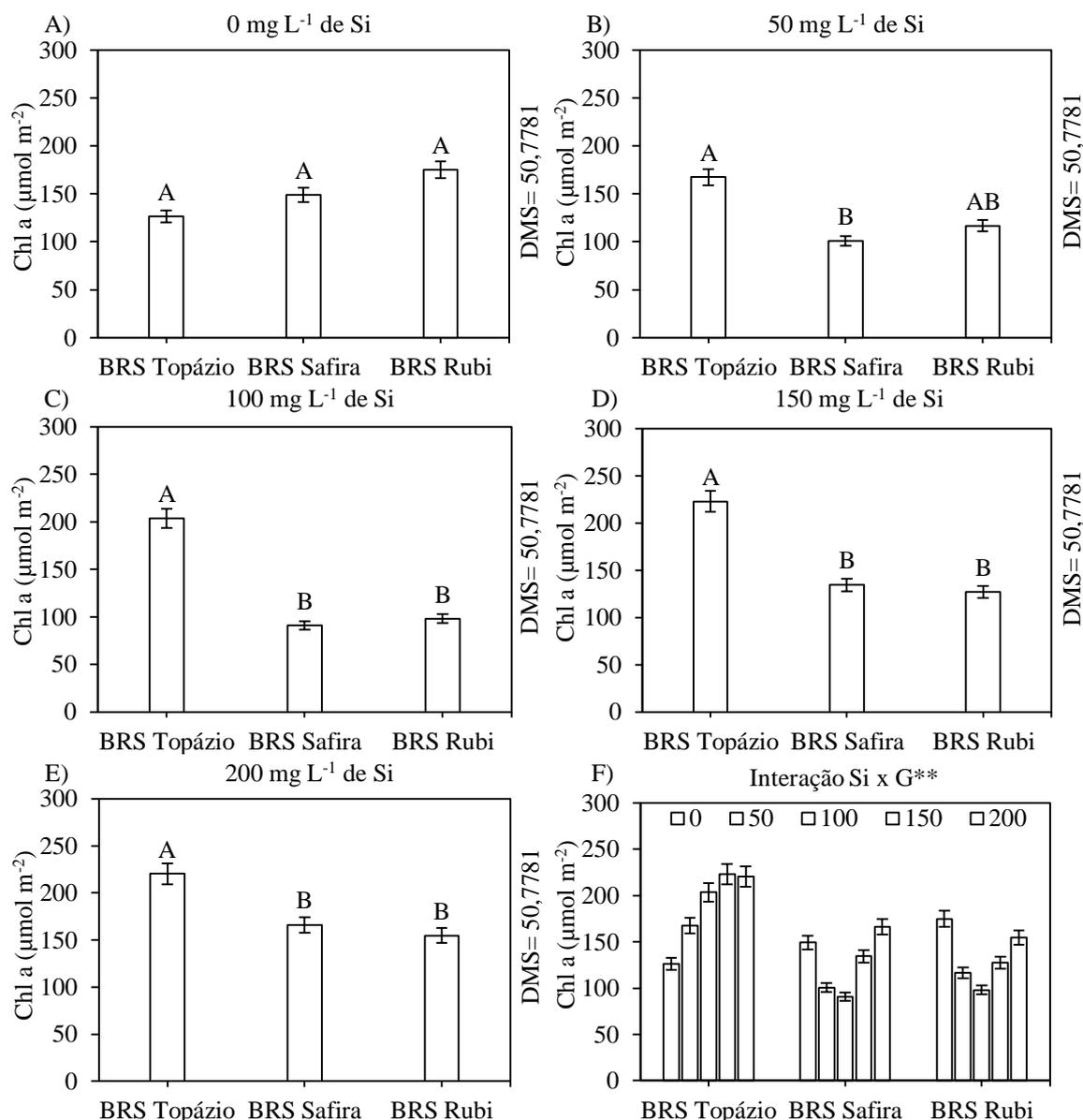


Figura 32. Concentração de clorofila 'a' (Chl a) nas folhas de plantas das cultivares de algodoeiro 'BRS Topázio', 'BRS Safira' e 'BRS Rubi' cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

O efeito do silício torna as folhas das plantas mais eretas, melhorando ângulo de captação de luz e de acordo com Guerrero et al. (2011) o acúmulo desse micronutriente aumenta a capacidade fotossintética. Nesse sentido, a não constatação de diferenças significativas entre as cultivares de algodoeiro para a variável Chl a nas plantas cultivadas sem aplicação de Si pode ser explicada pela ausência desse elemento, sobretudo, porque nas plantas cultivadas sob silício constatou-se expressivas diferenças nas concentrações do pigmento. Essa informação é ratificada pela interação significativa entre os fatores cultivar x silício.

As médias de concentração de clorofila ‘b’, nas cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’, ajustaram-se ao modelo linear com expressão decrescente acentuada e coeficientes de determinação elevados ($R^2 = 0,96$) e ($R^2 = 0,86$). As maiores concentrações ($37,1 \mu\text{mol m}^{-2}$) e ($36 \mu\text{mol m}^{-2}$) desse pigmento, para as respectivas cultivares, foram reveladas nas plantas que não foram submetidas a aplicação de silício foliar (0 mg L^{-1}). O incremento da concentração de Si nas soluções de pulverização promoveu deflexões de 34 e 48% na concentração de clorofila ‘b’, de ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’, sendo estimados valores críticos ($24,5 \mu\text{mol m}^{-2}$) e ($18,7 \mu\text{mol m}^{-2}$) desse pigmento com a aplicação de 200 mg L^{-1} de silício via foliar (Figura 33A e B).

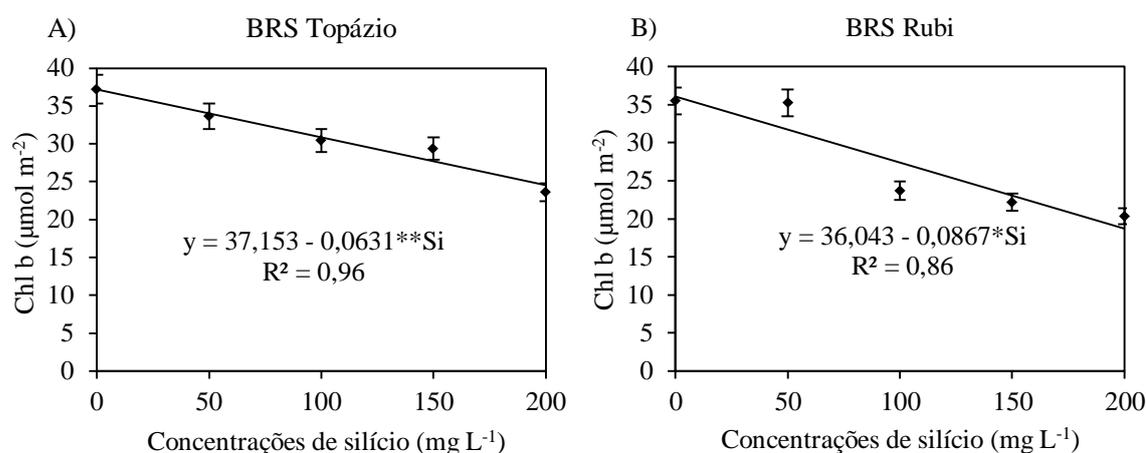


Figura 33. Concentração de clorofila ‘b’ (Chl b) nas folhas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

A clorofila ‘b’ é um constituinte bioquímico presente nos cloroplastos com função auxiliar na absorção de luz, o que a caracteriza como pigmento acessório. Ressalte-se ainda que, a produção desse pigmento está diretamente relacionada à produção de clorofila ‘a’ (STREIT et al., 2005), sendo maior produção de Chl b verificada em plantas sob condições de estresse. Nesse sentido, a redução na concentração de clorofila ‘b’ indica ausência de estresse nas plantas de algodoeiro e, essa redução pode ser atribuída ao efeito do silício que de acordo com Madeiros et al. (2009) protege a planta contra estresses abióticos favorecendo a produção de clorofila ‘a’ e consequentemente inibindo o desenvolvimento de pigmentos acessórios como é o caso da clorofila ‘b’.

Na cultivar ‘BRS Topázio’ houve aumento expressivo na razão clorofila ‘a’/clorofila ‘b’. Maior razão a/b ($9,69 \mu\text{mol m}^{-2}$) foi constatada na aplicação de 200 mg L^{-1} de Si. Foi estimado acréscimo de 62,3% em a/b nas plantas cultivadas sob aplicação de maior concentração de Si em relação àquelas cultivadas na ausência desse micronutriente (Figura 34A).

Foram registrados decréscimos de 26,4 e 15,3% na a/b na medida em que foram aumentadas as concentrações de Si até 93 e 61,4 mg L⁻¹ nas cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’, respectivamente. A partir desses pontos críticos, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ tiveram aumentos de 32,3 e 48,1% na razão a/b com valores mais expressivos (5 $\mu\text{mol m}^{-2}$) e (7,8 $\mu\text{mol m}^{-2}$) encontrados na aplicação de 200 mg L⁻¹ de silício (Figura 34B e C).

Vê-se que na ‘BRS Topázio’ plantas mais altas expressaram menor razão a/b nos tecidos foliares. Essa redução em a/b indica que plantas mais altas podem ter distúrbios no aparato fotossintético e conseqüentemente expressarem menor eficiência na captação de luz e transferência desta para os centros de reação. Essa informação é importante para subsidiar, sobretudo, os programas de melhoramento, notadamente, pela possibilidade de seleção de plantas com características otimizadas. O fato justifica-se pela correlação entre altura de plantas e razão clorofila ‘a’ clorofila ‘b’.

A clorofila ‘b’ é um pigmento acessório produzido em maior quantidade nas plantas submetidas a estresse de natureza abiótica (STREIT et al., 2005). A maior razão clorofila ‘a’ clorofila ‘b’ está diretamente relacionada a diminuição verificada na clorofila ‘b’ em resposta a aplicação de concentrações crescentes de Si. Korndorfer & Oliveira (2010) acrescentam que o silício atua no organismo vegetal, promovendo aumento na concentração de pigmentos fotossintetizantes e conseqüentemente maior eficiência fotossintética. De acordo com Taiz & Zeiger (2009) a clorofila ‘a’ absorve maior quantidade de luz e a transfere para o centro de reações, maximizando a captura de luz que realmente é utilizada na fotossíntese. Nesse sentido, maior a/b está atrelada a melhoria da eficiência fotossintética.

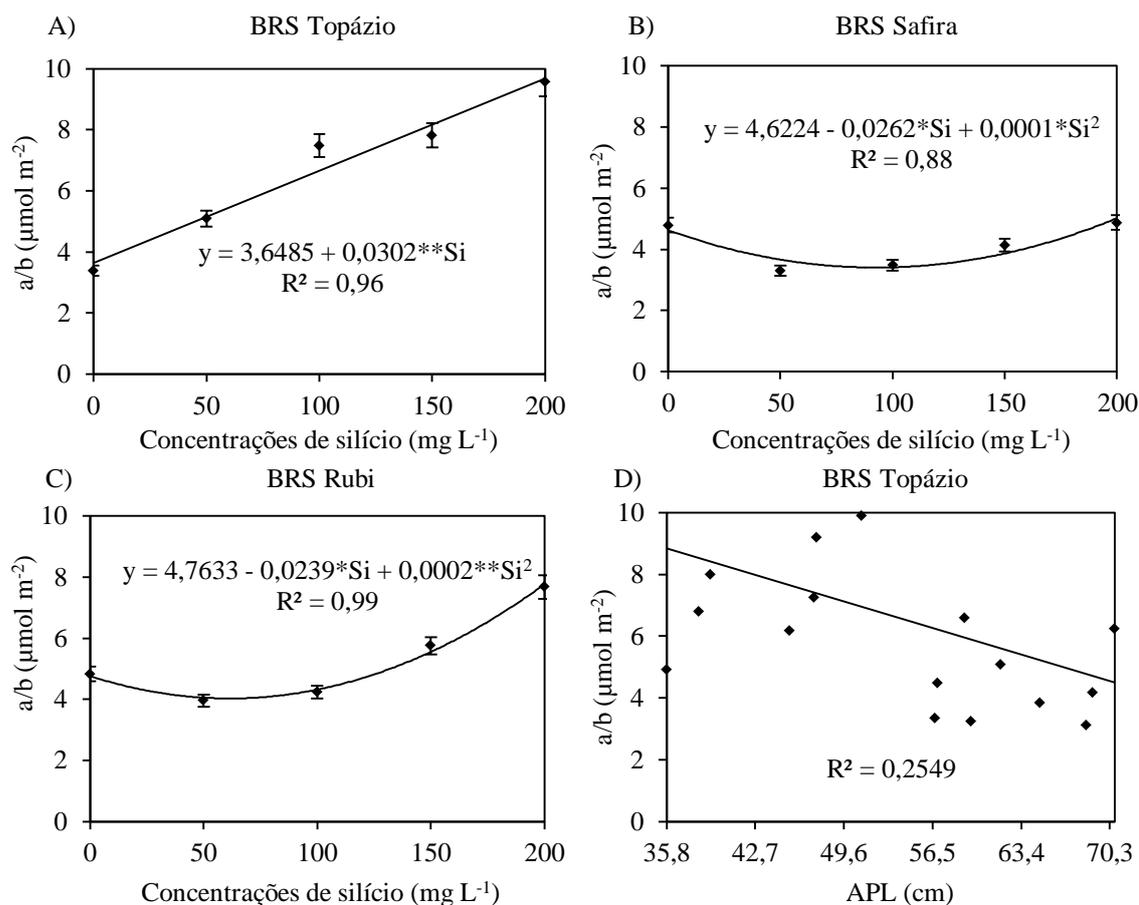


Figura 34. Razão clorofila 'a' e 'b' (a/b) nas folhas das cultivares de algodoeiro 'BRS' Topázio (A), 'BRS Safira' (B) e 'BRS Rubi' (C) e Correlação linear de Pearson entre altura de planta (APL) e a/b em 'BRS Topázio' em cultivo sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

A razão entre as clorofilas 'a' e 'b' de maneira geral diminui em condições de estresses abióticos, notadamente, em decorrência de aumento na proporção do acessório 'b' sob tais condições. Esse fato está relacionado à degradação mais lenta da Chl b em relação a Chl a (SOUZA et al., 2011). Nesse sentido, o aumento verificado na razão 'a' e 'b', em resposta ao incremento da concentração de silício, indica maior capacidade de resistência a estresses, maior eficiência fotossintética e desenvolvimento das culturas (MADEIROS et al., 2009).

As cultivares de algodoeiro não expressaram diferenças entre si na razão clorofila 'a' e 'b' em cultivo sem aplicação de silício e sob aplicação de 50 mg L⁻¹ (Figura 35A e B). Nas concentrações de 100, 150 e 200 mg L⁻¹ de Si verificou-se que a 'BRS Topázio' expressou maiores valores de a/b (7,5 μmol m⁻²), (7,8 μmol m⁻²) e (9,6 μmol m⁻²), diferindo dos valores (3,5 μmol m⁻²), (4,1 μmol m⁻²) e (4,9 μmol m⁻²) revelados na 'BRS Safira'. A 'BRS Rubi' expressou valores intermediários (4,2 μmol m⁻²), (5,7 μmol m⁻²) e (7,7 μmol m⁻²), respectivamente (Figura 35C, D e E).

Foi constatada interação significativa entre as concentrações de silício e as cultivares, com maior razão a/b ($9,6 \mu\text{mol m}^{-2}$) na ‘BRS Topázio’ sob aplicação de 200 mg L^{-1} (Figura 35F).

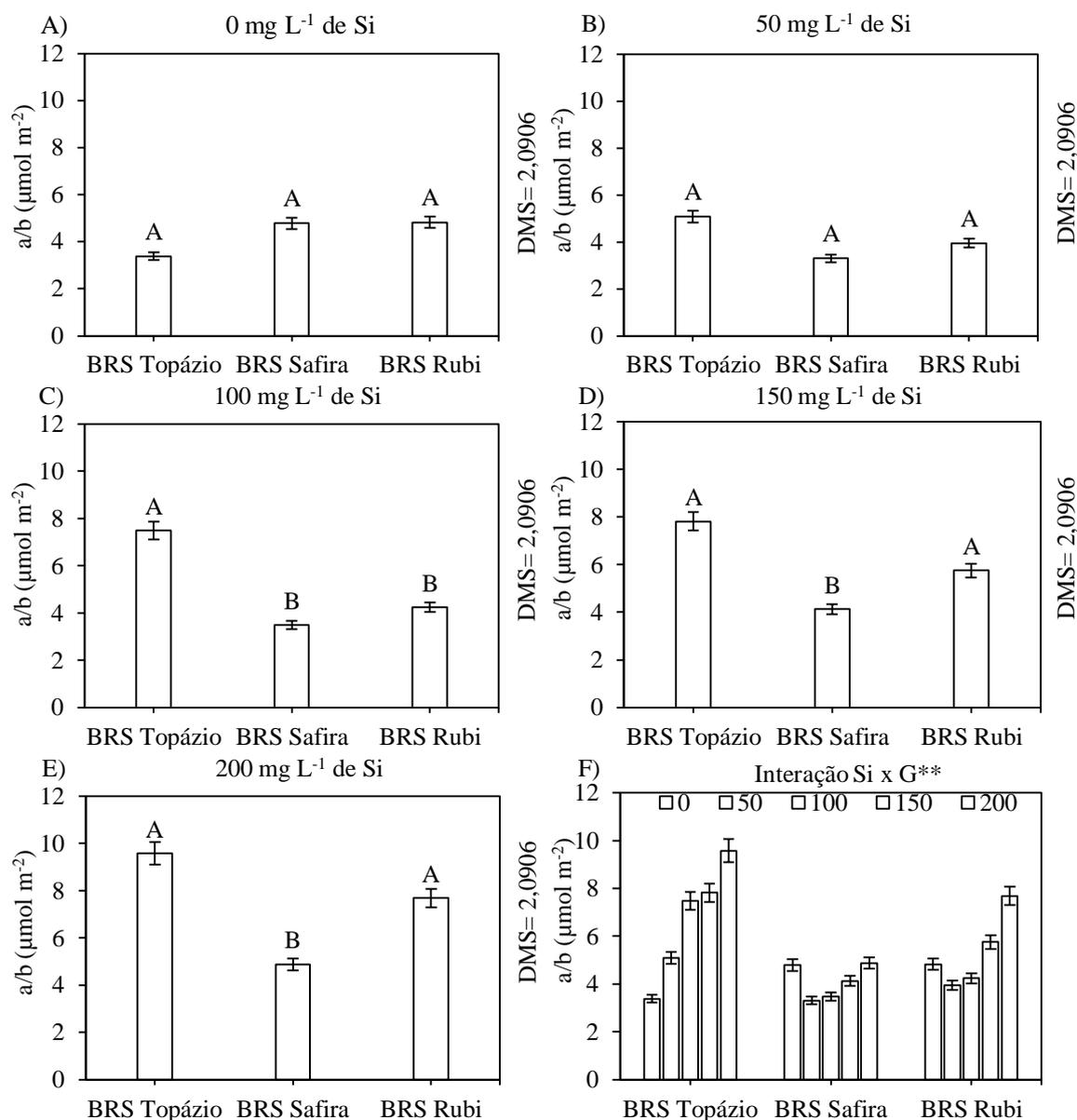


Figura 35. Razão clorofila ‘a’ e ‘b’ (a/b) nas folhas de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

As diferenças reveladas na razão clorofila ‘a’ e ‘b’ entre as cultivares de algodoeiro está relacionada ao efeito do silício no organismo vegetal (GUERRERO et al., 2011), o que se justifica pela constatação de diferenças, evidentemente, sob aplicação de maiores concentração de Si além da interação positiva entre o silício e as cultivares (Quadro 6). Souza et al. (2011) reportam que o

aumento na razão clorila 'a' e 'b' constitui uma importante ferramenta no monitoramento da condição dos vegetais em resposta aos estímulos ambientais.

A cultivar 'BRS Topázio' teve aumento expressivo na concentração de clorofila total (Chl t) em resposta ao incremento das concentrações de silício aplicadas. Esse aumento representou 32,5% e foi estimado a partir do menor valor ($176,5 \mu\text{mol m}^{-2}$) de Chl t encontrado nas plantas cultivadas na ausência de Si e do maior valor ($261,5 \mu\text{mol m}^{-2}$) evidenciado com a aplicação de 200 mg L^{-1} de silício (Figura 36A).

A clorofila total cientificada nas cultivares 'BRS Safira' e 'BRS rubi' foi $176,8 \mu\text{mol m}^{-2}$ e $208,6 \mu\text{mol m}^{-2}$ respectivamente, sendo estes valores expressos pelas plantas cultivadas sem aplicação de silício. Aumentando-se a concentração de silício na solução de pulverização, verificou-se deflexões de 28,6 e 38,3% com valores críticos $126,3$ e $128,6 \mu\text{mol m}^{-2}$ estimados nos níveis de $88,3$ e $111,3 \text{ mg L}^{-1}$ de Si. Não obstante, a partir desse ponto, observa-se que a concentração de clorofila total aumentou nas respectivas cultivares, constatando-se maiores valores ($206,9 \mu\text{mol m}^{-2}$) e ($181,3 \mu\text{mol m}^{-2}$) estimados com a aplicação de 200 mg L^{-1} , tendo esse aumento representado 38,9 e 29% com relação aos valores críticos (Figura 36B e C).

Foi cientificada, nas cultivares de algodoeiro 'BRS Topázio', 'BRS Safira' e 'BRS Rubi', correlação linear significativa ($p < 0,01$) entre as variáveis concentração de clorofila 'a' (Chl a) e concentração de clorofila total (Chl t), sendo revelados valores elevados de coeficientes correlação ($r = 98^{**}$), ($r = 98^{**}$) e ($r = 98^{**}$) nas respectivas cultivares de algodoeiro avaliadas (Figura 36D, E e F).

Esse cenário remete a importância de se destacar que as clorofilas 'a' e 'b' constituem os principais pigmentos fotossintetizantes. Isso porque, a energia absorvida pelos pigmentos é transferida para os centros de reação, os quais interagem entre si através de transportadores de elétrons e, a partir da molécula de clorofila, os elétrons oriundos da água são transferidos para a cadeia transportadora de elétrons constituindo importante etapa no processo de fotossíntese (STREIT et al., 2005). Estas informações são importantes para o monitoramento da eficiência fotoquímica por meio de pigmentos fotossintetizantes utilizados como indicadores de distúrbios no aparato fotossintético.

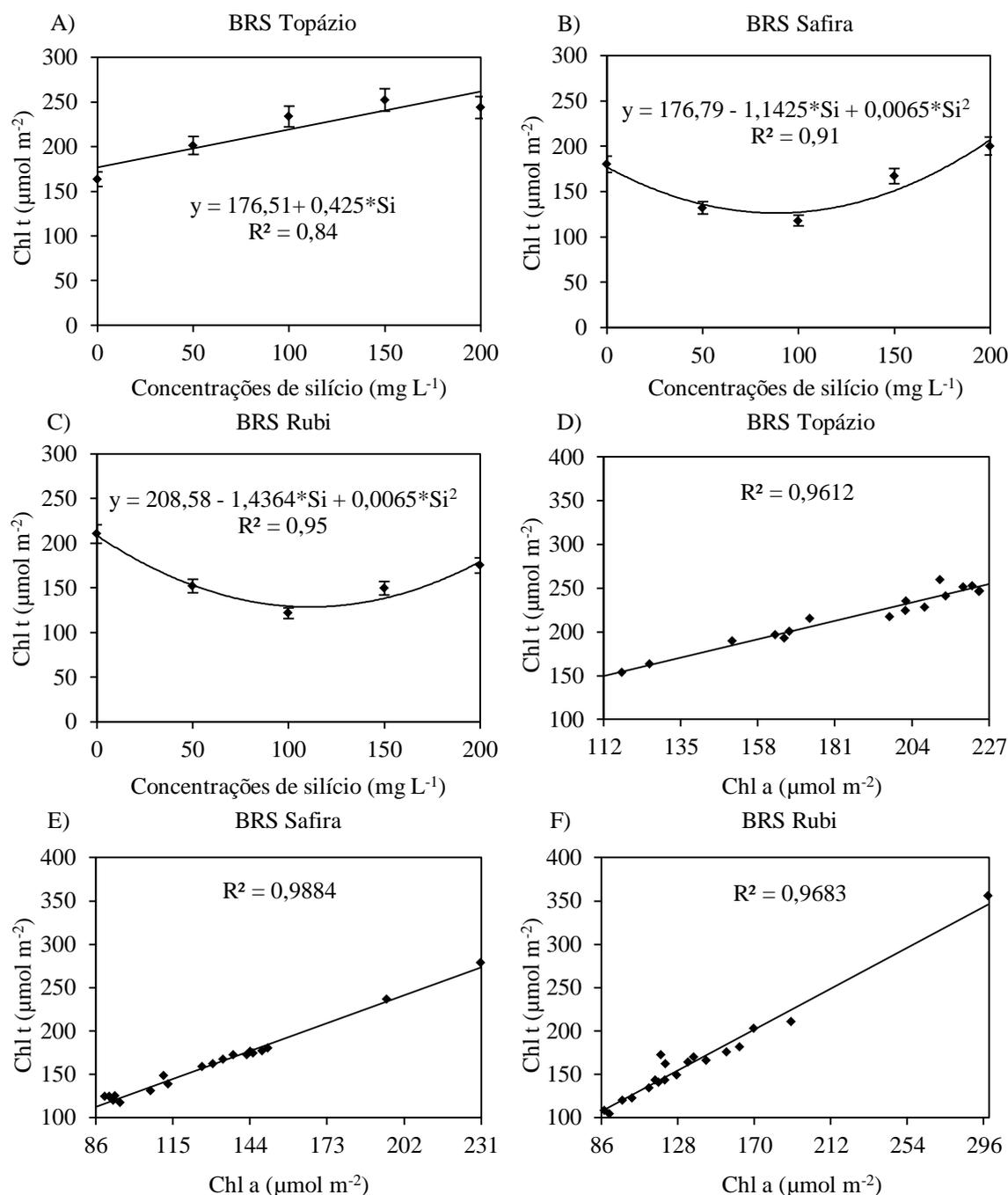


Figura 36. Concentração de clorofila total (Chl t) nas folhas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e ‘BRS Rubi’ (C) e correlação linear de Pearson entre as variáveis concentração de clorofila ‘a’ (Chl a) e Chl t nas cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (D), ‘BRS Safira’ (E) e ‘BRS Rubi’ (F) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

O incremento na concentração de silício aplicado nas plantas promove aumento nos níveis de enzimas antioxidantes, na capacidade fotossintética e também no conteúdo de clorofila total nos tecidos das plantas (ZUCCARINI, 2008). Nessa conjectura, o aumento científico na concentração

de clorofila total na ‘BRS Topázio’ a partir 50 mg L^{-1} e nas cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ a partir de 100 mg L^{-1} de silício, pode estar associado à maior deposição de Si nos tecidos vegetais convergindo para maior capacidade fotossintética.

Streit et al. (2005) reportam que as clorofilas ‘a’ e ‘b’ encontram-se na natureza na proporção de 3:1 respectivamente. Essa informação justifica o fato da Chl a, por ser produzida em maior quantidade, ter correlacionado-se de forma significativa com a concentração de clorofila total, indicando predominância da clorofila ‘a’ no balanço final de pigmentos fotossintetizantes no organismo vegetal.

A ‘BRS Topázio’ expressou maior concentração de clorofila total ($219 \mu\text{mol m}^{-2}$), tendo essa concentração superado as concentrações $159,5$ e $161,7 \mu\text{mol m}^{-2}$ de Chl t, observadas nas cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’, em 27,2 e 26,2%, respectivamente (Quadro 6).

Realizando-se desdobramento, pode-se observar que as cultivares de algodoeiro não diferiram entre si em cultivo sem aplicação de silício via foliar (Figura 37A). Por outro lado, aplicando-se as concentrações 50 , 100 , 150 e 200 mg L^{-1} de silício via foliar, pode-se observar variação significativa na concentração de clorofila total. Houve interação entre os fatores estudados com maior valor ($252,5 \mu\text{mol m}^{-2}$) de Chl t na ‘BRS Topázio’ com aplicação de 200 mg L^{-1} (Figura 37F).

Sob aplicação de 50 mg L^{-1} de Si, a ‘BRS Topázio’, superou a ‘BRS Safira’ em 34,4% com relação aos valores $201,1 \mu\text{mol m}^{-2}$ e $132 \mu\text{mol m}^{-2}$ quantificados nas respectivas cultivares. É possível observar que as cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ não diferiram entre si para a variável Chl t no referido nível de silício. Nesse aspecto, também não foi identificada diferença significativa entre os valores expressos pelas cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ (Figura 37B).

Nas figuras 37C e D, observa-se que sob aplicação de silício, nas concentrações 100 e 200 mg L^{-1} , a ‘BRS Topázio’ acumulou maiores concentrações de clorofila total ($233,9 \mu\text{mol m}^{-2}$) e ($252,5 \mu\text{mol m}^{-2}$). Os valores quantificados na ‘BRS Topázio’, nas respectivas concentrações de silício, superaram em 49,6 e 33,8% os valores ($117,8 \mu\text{mol m}^{-2}$) e ($167,2 \mu\text{mol m}^{-2}$) quantificados nos tecidos foliares da ‘BRS Safira’. Já para os valores ($121,8 \mu\text{mol m}^{-2}$) e ($149,5 \mu\text{mol m}^{-2}$) obtidos na ‘BRS Rubi’, foram calculadas diferenças de 47,9 e 40,8% em termos percentuais com relação aos valores quantificados na ‘BRS Topázio’. Acrescente-se que, os valores médios de clorofila total obtidos nas cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ não diferiram de forma significativa entre si.

Quando as plantas das cultivares de algodoeiro foram submetidas à aplicação de 200 mg L^{-1} de silício, constatou-se diferenças significativas entre os valores médios de concentração de clorofila total, sendo maior valor desse pigmento ($244 \mu\text{mol m}^{-2}$) quantificado no tecido foliar da ‘BRS Topázio’, tendo esse valor diferido estatisticamente do valor ($175,1 \mu\text{mol m}^{-2}$) quantificado

na ‘BRS Rubi’, com contraste percentual de 28,2% entre os valores médios dessas cultivares. Não foi verificada diferença significativa entre as médias de ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’, nem tampouco entre as médias de ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ (Figura 37E).

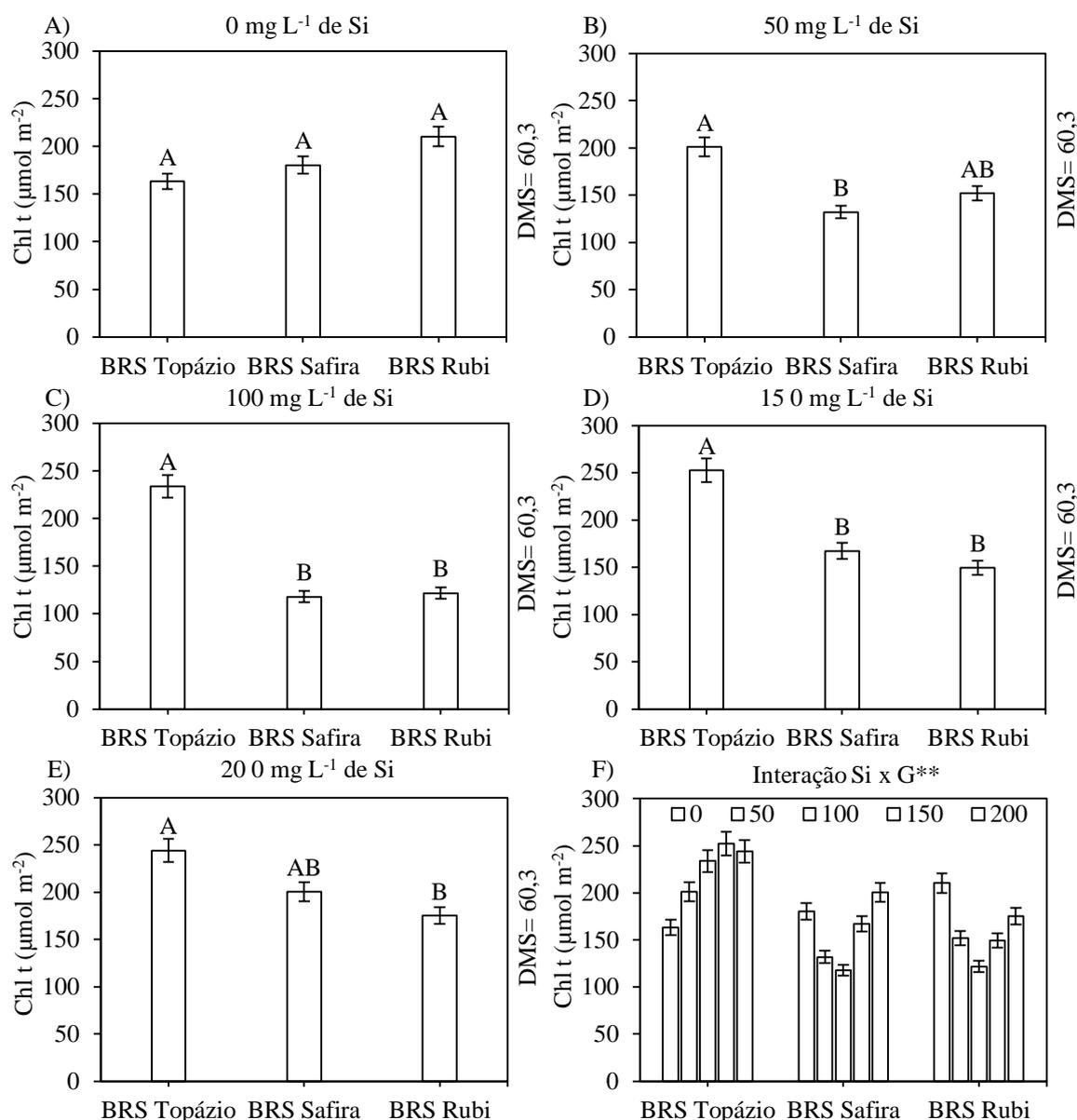


Figura 37. Concentração de clorofila total (Chl t) nas folhas de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

A interação significativa entre os fatores estudados para a variável concentração de clorofila total indica que o silício, embora não seja considerado elemento essencial (GIONGO & BOHNEN, 2011), possui a capacidade de potencializar a produção de clorofila total, o que se justifica pela expressão de diferenças na Chl t entre as cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício em

contraste com a não verificação de diferenças significativas entre as cultivares quando conduzidas sem aplicação desse micronutriente.

A cultivar ‘BRS Topázio’ aumentou sua concentração de carotenoides em resposta ao incremento das concentrações de silício aplicadas via foliar, sendo o maior valor ($167,5 \mu\text{mol m}^{-2}$) desse pigmento revelado com a aplicação de $118,5 \text{ mg L}^{-1}$ de Si. Comparando-se o valor máximo estimado na curva, com o valor médio ($97,2 \mu\text{mol m}^{-2}$) estimado nas plantas cultivadas na ausência de Si (0 mg L^{-1}), é possível calcular taxa de incremento de 42% na concentração de carotenoides. A partir do ponto máximo verificou-se redução de 20% na concentração de carotenoides com relação ao valor $134,4 \mu\text{mol m}^{-2}$ de CAR obtido com a aplicação de 200 mg L^{-1} de Si (Figura 38A).

Constatou-se aumento de 41,6% na concentração de carotenoides da cultivar ‘BRS Safira’, sendo este aumento estimado a partir do valor mínimo ($94,1 \mu\text{mol m}^{-2}$), obtido por meio da curva de ajuste das médias no nível de $75,2 \text{ mg L}^{-1}$, e do valor máximo ($161,2 \mu\text{mol m}^{-2}$) estimado com a aplicação de 200 mg L^{-1} de silício (Figura 38B).

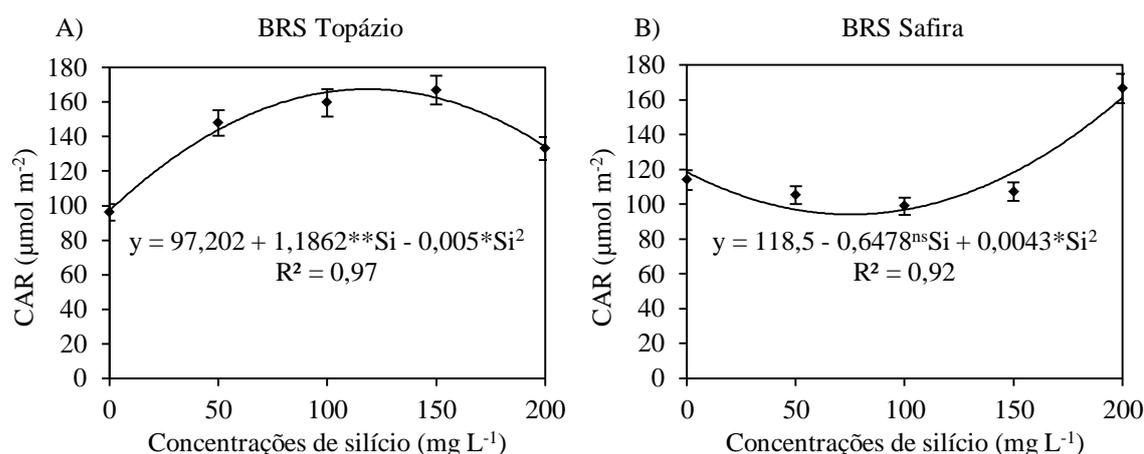


Figura 38. Concentração de carotenoides (CAR) nas folhas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e ‘BRS Safira’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

Os carotenoides são pigmentos acessórios produzidos pelos vegetais para auxiliar as clorofilas na captação de luz (SAMPAIO, 2010). Motomiya et al. (2012) acrescentam que os carotenoides possuem função biológica de proteger as plantas contra danos oxidativos e são utilizados pelo sistema de defesa dos vegetais, sendo sua produção, geralmente em plantas sob distúrbios, aumentada em detrimento à produção de clorofila ‘a’ e ‘b’. Nesse sentido, pode-se inferir que, o aumento científico na concentração de carotenoides em resposta à aplicação de silício indica otimização do mecanismo de defesa do algodoeiro. Acrescente-se que, esse

incremento na concentração de CAR, pode ser reflexo da redução científica na concentração de clorofila 'a' e 'b'.

Constatou-se diferenças significativas entre as cultivares analisadas para a variável concentração de carotenoides, sendo a maior concentração ($140,8 \mu\text{mol m}^{-2}$) desse pigmento científica na 'BRS Topázio'. Esse valor superou em 16 e 26,4% os valores $118,3$ e $103,6 \mu\text{mol m}^{-2}$ encontrados nas folhas das cultivares 'BRS Safira' e 'BRS Rubi', respectivamente conforme dados do quadro 6.

Realizando-se avaliação individual para obtenção do efeito específico do fator cultivar em cada concentração do fator silício, observou-se que as cultivares de algodoeiro não expressaram diferenças entre seus valores médios em cultivo sem aplicação de silício (0 mg L^{-1}) conforme ilustrado na figura 39A. Houve interação entre silício e cultivares (Figura 39F).

Por outro lado, quando as cultivares de algodoeiro foram submetidas a aplicação de 50 mg L^{-1} de silício, as mesmas expressaram variação significativa entre si para a variável concentração de carotenoides. Maior valor desse pigmento ($148 \mu\text{mol m}^{-2}$) foi quantificado nos tecidos das folhas da 'BRS Topázio'. Esse valor diferiu estatisticamente de forma significativa dos valores $105,2 \mu\text{mol m}^{-2}$ e $88 \mu\text{mol m}^{-2}$ registrados nas cultivares 'BRS Safira' e 'BRS Rubi', sendo calculadas diferenças de 28,9 e 40,5% em termos percentuais (Figura 39B).

Nas concentrações de 100 e 150 mg L^{-1} a 'BRS Topázio' expressou maiores concentrações de carotenoides ($159,6 \mu\text{mol m}^{-2}$) e ($166,8 \mu\text{mol m}^{-2}$), tendo esses valores superado em 38 e 35,7% os valores $98,8$ e $107,2 \mu\text{mol m}^{-2}$ obtidos na 'BRS Safira' nas respectivas concentrações de silício. Comparando-se os valores obtidos na 'BRS Topázio' e os valores $90,2$ e $108,7 \mu\text{mol m}^{-2}$ científicos na 'BRS Rubi' foram registradas diferenças de 43,5 e 34,8% na concentração de carotenoides para os respectivos níveis de silício (Figura 39C e D).

Na figura 39E encontram-se ilustrados os comportamentos das cultivares de algodoeiro sob aplicação de 200 mg L^{-1} de silício via foliar. Observa-se que a 'BRS Safira' acumulou maior concentração de carotenoides ($166,4 \mu\text{mol m}^{-2}$), embora esse valor não tenha diferido estatisticamente do valor $133,2 \mu\text{mol m}^{-2}$ obtido na 'BRS Topázio'. Por outro lado, pode-se observar que a concentração de carotenoides da 'BRS Safira' diferiu estatisticamente do valor ($106,6 \mu\text{mol m}^{-2}$) científico na 'BRS Rubi', tendo essa diferença representado 35,9% da concentração deste pigmento.

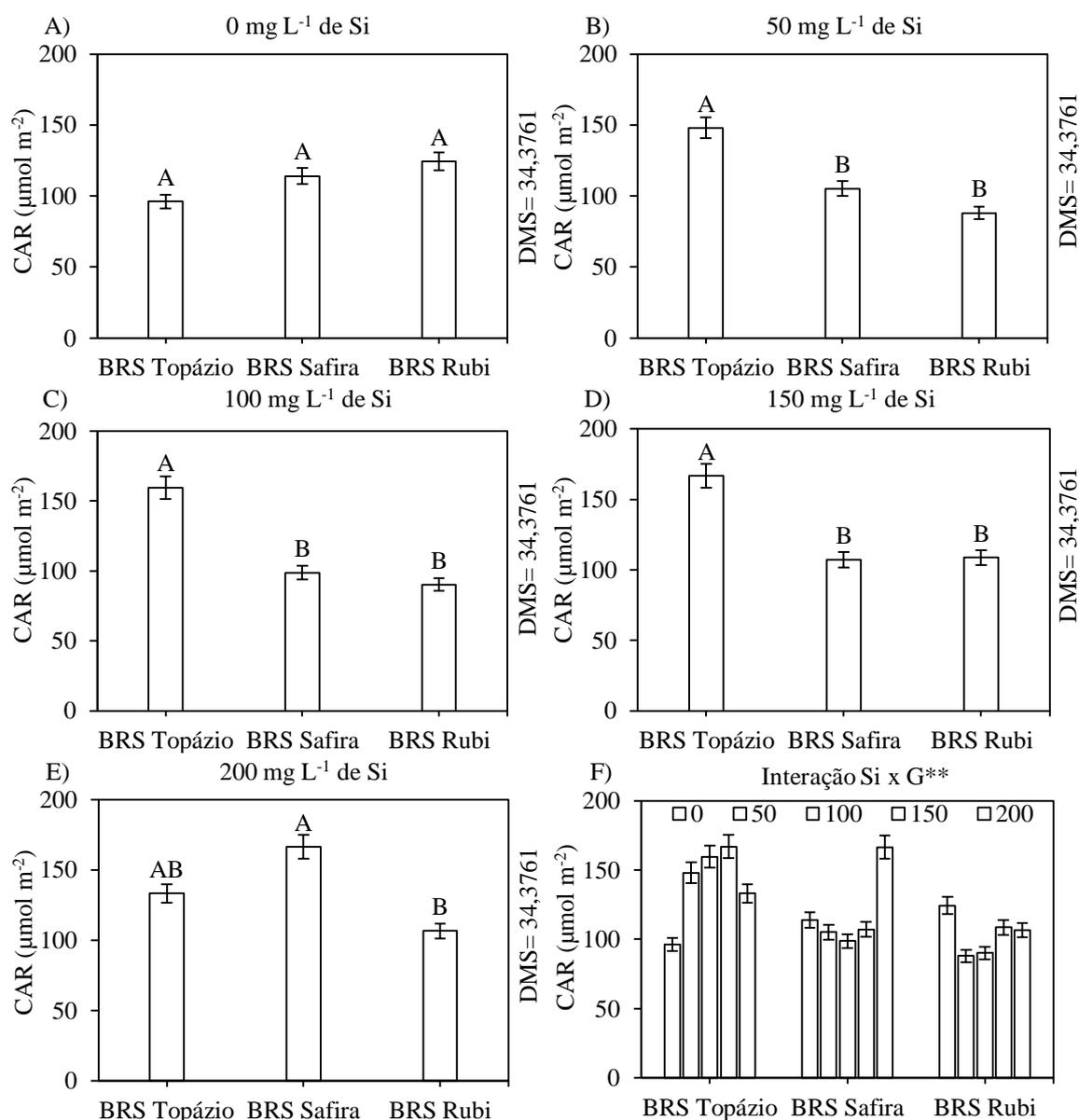


Figura 39. Concentração de carotenoides (CAR) nas folhas de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Os carotenoides são pigmentos fotossintetizantes com função de defesa vegetal e também possuem importância comercial (JULSING et al., 2006). Estes autores acrescentam que as pesquisas têm sido intensificadas, visando incremento na produção desse pigmento. Assim, as variações de CAR entre as cultivares quando submetidas a aplicação de Si constituem aporte científico para o avanço das pesquisas acerca da produção de carotenoides.

A extrusão da membrana celular da cultivar ‘BRS Topázio’ teve redução acentuada na medida em que se aumentou a concentração de silício na solução de pulverização foliar, tendo as

plantas que não foram tratadas com Si (0 mg L^{-1}) revelou maior extrusão da membrana das células (28%). O menor valor de extrusão celular (13,4%) foi identificado nas plantas submetidas a aplicação de solução contendo 200 mg L^{-1} de Si. A redução na extrusão, observada entre os pontos 0 e 200 mg L^{-1} foi de 52,1% conforme a tendência ilustrada na figura 40A.

As médias de extrusão celular da ‘BRS Safira’ ajustaram-se ao modelo polinomial quadrático com coeficiente de determinação ($R^2 = 0,98$) expressivo. Observando-se a curva ilustrada na figura 40B é possível estimar redução acentuada de 51,4% na extrusão da membrana das células, sendo a menor extrusão (13,4%) obtida com a aplicação de 149 mg L^{-1} de Si. A partir desse ponto registrou-se leve tendência de aumento na extrusão até o nível de 200 mg L^{-1} .

Na figura 40C, encontra-se ilustrada a tendência linear decrescente para a extrusão da membrana das células em respostas ao incremento da concentração de silício na solução aplicada nas folhas da cultivar ‘BRS Rubi’. Observa-se que a maior extrusão (30,2%) foi estimada na ausência de silício foliar (0 mg L^{-1}), contrastando-se com a menor extrusão (12,1%) obtida com a aplicação de 200 mg L^{-1} . Estimou-se entre os pontos máximo e mínimo deflexão acentuada de 60% na extrusão da membrana das células.

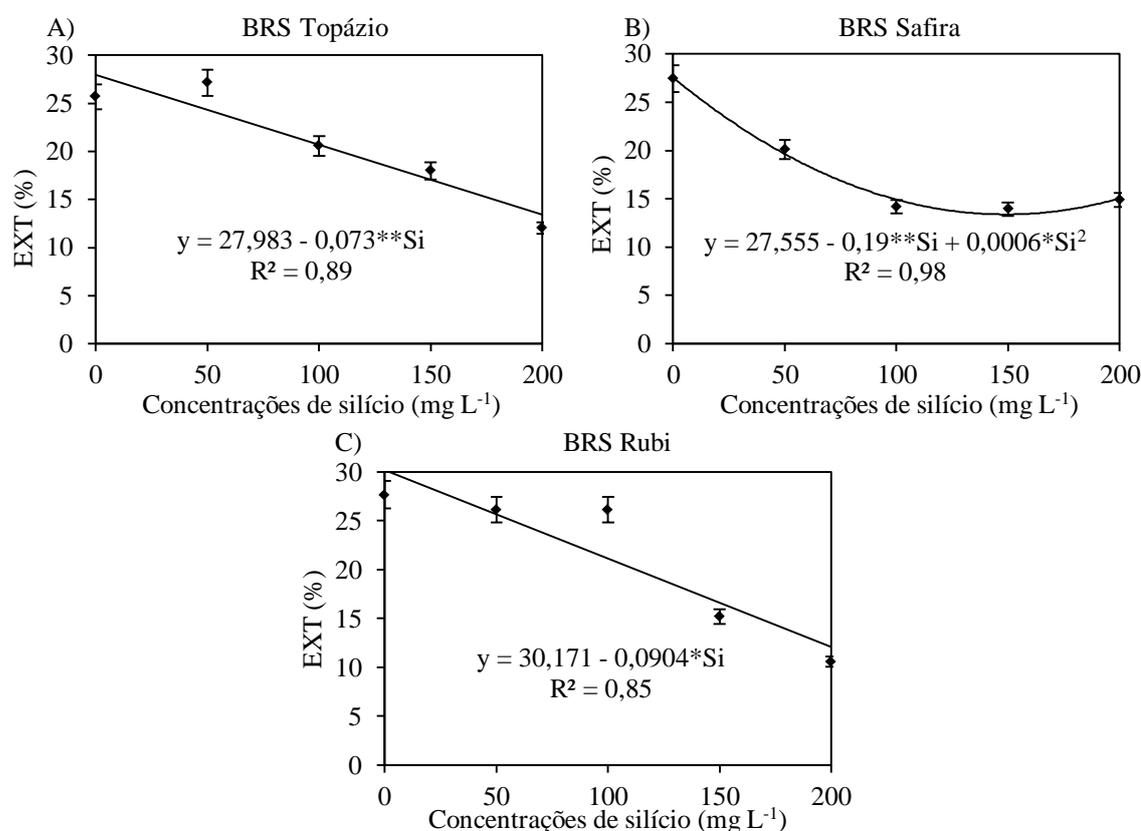


Figura 40. Extrusão da membrana celular (EXT) nas folhas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e ‘BRS Rubi’ (C) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

Taiz & Zeiger (2009) reportam que a extrusão da membrana das células implica na perda de íons das células guarda, sendo esse fenômeno decorrente, sobretudo, do aumento de temperatura. Silva (2011) acrescenta que o aumento de temperatura pode acarretar diversos distúrbios metabólicos e, por conseguinte ruptura da membrana celular e extravasamento dos eletrólitos intracelulares. Contudo, Zuccarini (2008) destaca que o acúmulo de silício no tecido vegetal promove aumento na integridade e estabilidade da membrana celular. Assim, a redução observada na EXT pode ser atribuída à deposição de silício nos tecidos vegetais das cultivares de algodoeiro.

Por meio de análise conjunta, desprezando-se o efeito do silício, verificou-se que maior quantidade (21,1%) de eletrólitos extravasados foi quantificada na cultivar 'BRS Rubi', tendo esta cultivar diferido estatisticamente da 'BRS Safira' que teve 18,1% de eletrólitos extravasados. Essa diferença representou, em termos percentuais 14,2%. A 'BRS Topázio' expressou ruptura da membrana de células de 19,3% sendo este valor semelhante aos valores obtidos nas demais cultivares analisadas e, portanto, não diferindo de forma significativa (Quadro 6).

Efetuando-se o isolamento do efeito das cultivares dentro de cada concentração de silício, constatou-se que, as cultivares de algodoeiro estudadas não expressaram variações significativas na ruptura da membrana celular na ausência de silício (0 mg L^{-1}) e nem tampouco em resposta a aplicação de silício via foliar nas concentrações correspondentes a 150 e 200 mg L^{-1} (Figura 41A, D e E). Os fatores silício e cultivares expressaram interação significativa, sendo revelada menor extrusão celular na interação da cultivar 'BRS Rubi' com a aplicação de 200 mg L^{-1} de Si (Figura 41F).

Em sentido contrário, comparando-se os valores de extrusão da membrana das células das cultivares de algodoeiro sob aplicação de 50 mg L^{-1} de silício, observa-se que houve diferenças significativas entre os valores (27,1%) e (26,1%) mensurados nas cultivares 'BRS Topázio' e 'BRS Rubi' e o valor (20,1%) revelado na 'BRS Safira'. Foram estimadas diferenças percentuais de 25,8 e 23% quando comparou-se o valor obtido na 'BRS Safira' e os valores de 'BRS Topázio' e 'BRS Rubi', respectivamente (Figura 41B).

Na concentração de 100 mg L^{-1} de silício, a 'BRS Rubi' expressou maior extrusão celular (26,1%) com diferenças percentuais de 21 e 45,6% em relação aos valores (20,6%) e (14,2%) mensurados nas cultivares 'BRS Topázio' e 'BRS safira', respectivamente. Nesse mesmo nível de silício, registrou-se diferença significativa entre os valores mensurados em 'BRS Topázio' e 'BRS Safira', sendo o valor obtido na 'BRS Topázio' superior em 31% ao valor obtido na 'BRS Safira' (Figura 41C).

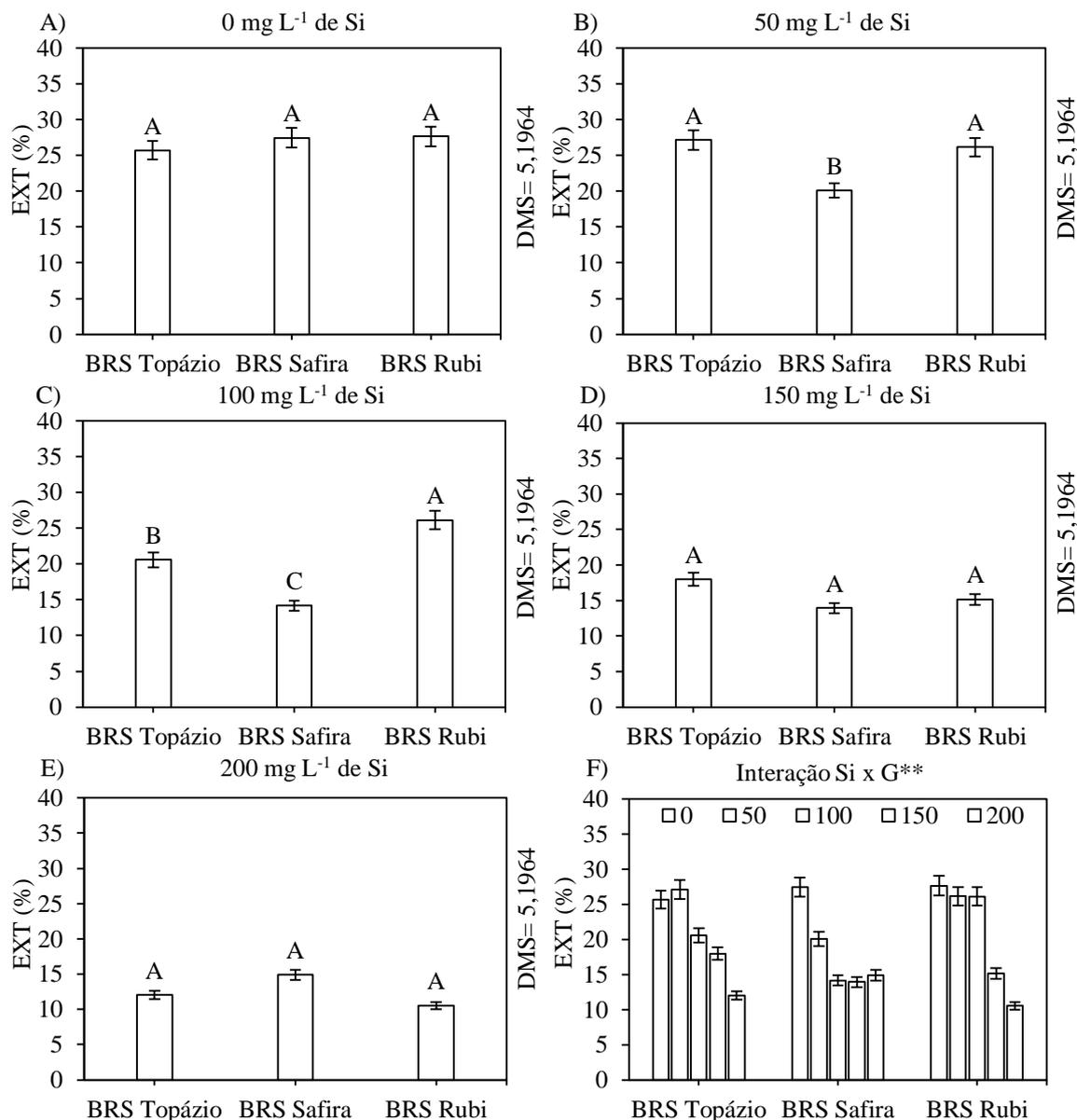


Figura 41. Extrusão da membrana celular (EXT) nas folhas de plantas das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

As características intrínsecas de cada cultivar de algodoeiro convergem para diferenças entre diversos aspectos analisados nas plantas. Contudo, a interação significativa entre os fatores silício e cultivar, indica que sob aplicação de silício as cultivares ‘BRS Rubi’ e ‘BRS Topázio’ possuem, respectivamente, maior capacidade de resistência à extrusão celular. Esta informação é ratificada por Gunes et al. (2007) ao afirmarem que o fornecimento de silício reduz significativamente os danos provocados nas membranas das células.

Quantificando-se o conteúdo relativo de água nas folhas (CRA), constatou-se diferenças significativas entre as concentrações de silício aplicadas via foliar na cultura do algodoeiro. Não obstante, por meio do desdobramento estatístico e análise do efeito das respectivas concentrações de Si nas cultivares ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ individualmente, percebe-se que, embora as médias obtidas tenham se ajustado aos modelos linear e polinomial quadrático para as respectivas cultivares, a reta e a curva não expressam aumentos ou reduções significativas. Contudo, maiores valores (78%) e (71,4%) de conteúdo relativo de água na folha de ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ foram estimados nas concentrações de silício de 200 e 84 mg L⁻¹, respectivamente (Figura 42A e B).

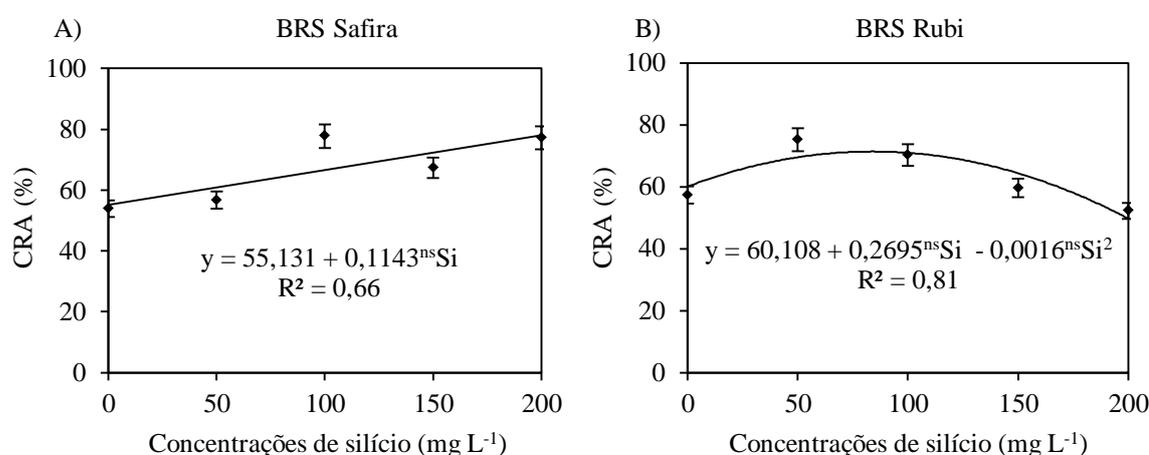


Figura 42. Conteúdo relativo de água na folha (CRA) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Safira’ (A) e ‘BRS Rubi’ (B) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

4.5. Variáveis de produção

Realizando-se análise de variância, constatou-se que os fatores, de forma conjunta, promoveram variações significativas ($p < 0,01$) nos componentes da produção: número de capulhos por planta (NCP), massa de capulhos por planta (MCP), índice de colheita (IC) e percentagem de fibra (PFI). Por meio de desdobramento estatístico, para análise individual dos efeitos de cada fator, verifica-se que não houve efeito significativo das concentrações de silício sobre os componentes da produção. Os componentes da produção: NCP, MCP, IC, MAP e PFI foram influenciados pelo fator genótipo, tendo as cultivares diferido estatisticamente para essas variáveis (Quadro 7).

Quadro 7. Resumo das análises de variância para as variáveis: número de capulhos por planta (NCP un), massa de um capulho (MCA g), massa de capulhos por planta (MCP g), índice de colheita (IC g g⁻¹), massa de algodão em pluma (MAP g) e porcentagem de fibra (PFI %) em cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício foliar. Campina Grande, PB, 2012.

F. V.	G. L.	Quadrados médios					
		NCP	MCA	MCP	ICO	MAP	PFI
Tratamentos	(14)	66,766 ^{**}	0,677 ^{ns}	1081,350 ^{**}	0,29E-2 [*]	274,104 ^{ns}	65,727 ^{**}
Silício (Si)	4	16,808 ^{ns}	1,126 ^{ns}	96,641 ^{ns}	0,24E-2 ^{ns}	59,946 ^{ns}	6,270 ^{ns}
Linear	1	45,633 ^{ns}	2,256 ^{ns}	23,408 ^{ns}	0,12E-2 ^{ns}	1,260 ^{ns}	0,058 ^{ns}
Quadrática	1	18,666 ^{ns}	0,259 ^{ns}	0,720 ^{ns}	0,27E-2 ^{ns}	152,190 ^{ns}	16,111 ^{ns}
Cúbica	1	2,700 ^{ns}	0,909 ^{ns}	14,008 ^{ns}	0,17E-3 ^{ns}	1,083 ^{ns}	1,570 ^{ns}
Cultivar (G)	2	370,616 ^{**}	0,366 ^{ns}	6310,850 ^{**}	0,98E-2 ^{**}	1578,386 ^{**}	401,293 ^{**}
Int. Si x G	8	15,783 ^{ns}	0,530 ^{ns}	266,329 ^{ns}	0,14E-2 ^{ns}	55,11 ^{ns}	11,563 ^{ns}
Resíduo	45	24,844	0,571	243,655	0,12E-2	170,344	7,201
C.V. (%)		20,29	15,63	13,47	8,08	26,62	6,52
Médias das cultivares							
BRS Topázio		24,800 b	4,949a	119,250 b	0,454a	58,725a	46,129a
BRS Safira		20,150 c	4,870a	96,700 c	0,411 b	41,275 b	37,391 c
BRS Rubi		28,750a	4,685a	131,750a	0,445a	47,105 b	40,046 b
DMS		3,819	0,579	11,960	0,027	10,000	2,056

F.V. – Fontes de variação; C.V. – Coeficiente de variação; G.L. – Graus de liberdade; Int. – Interação; **, * - Significativo a 1 e 5% respectivamente; ^{ns} – Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Conforme dados expressos no Quadro 7, referentes à análise conjunta dos dados da variável número de capulhos por planta (NCP), verificou-se que a ‘BRS Rubi’ produziu maior quantidade de capulhos, sendo registrados, em média, 28,7 capulhos por planta para esta cultivar, com diferenças de 13,6 e 30% com relação aos 24,8 e 20,1 capulhos produzidos pelas cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’, respectivamente. Também foi constatada diferença significativa entre os números de capulhos produzidos por ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’, tendo esta diferença representado 18,9%.

Realizando-se desdobramento estatístico dos efeitos dos fatores sobre a variável número de capulhos por planta, observou-se que, as cultivares de algodoeiro não expressaram variações significativas na produção de capulhos por planta quando cultivadas na ausência de silício (0 mg L⁻¹) (Figura 43A). Também não foram constatadas diferenças significativas entre as cultivares de algodoeiro sob aplicação de silício nas concentrações de 150 e 200 mg L⁻¹ (Figura 43D e E).

Sob aplicação de 50 e 100 mg L⁻¹ de silício via foliar, a ‘BRS Rubi’ produziu maior número de capulhos por planta (29) e (31,2), embora esses valores não tenham diferido estatisticamente dos valores 22,7 e 25,7 produzidos pela ‘BRS Topázio’ nas respectivas concentrações desse micronutriente. Acrescente-se que, nessas mesmas condições, as médias de capulhos produzidos pelas cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ também não diferiram entre si. Por outro lado, comparando-se os valores médios de capulhos produzidos pela ‘BRS Rubi’ e os 20 e 19 capulhos produzidos pela ‘BRS Safira’, constatou-se diferenças significativas da ordem 31 e 39,1% sob

aplicação das concentrações de Si mencionadas anteriormente (Figura 43B e C). Não houve interação significativa entre os fatores empregados nesta pesquisa (Figura 43F).

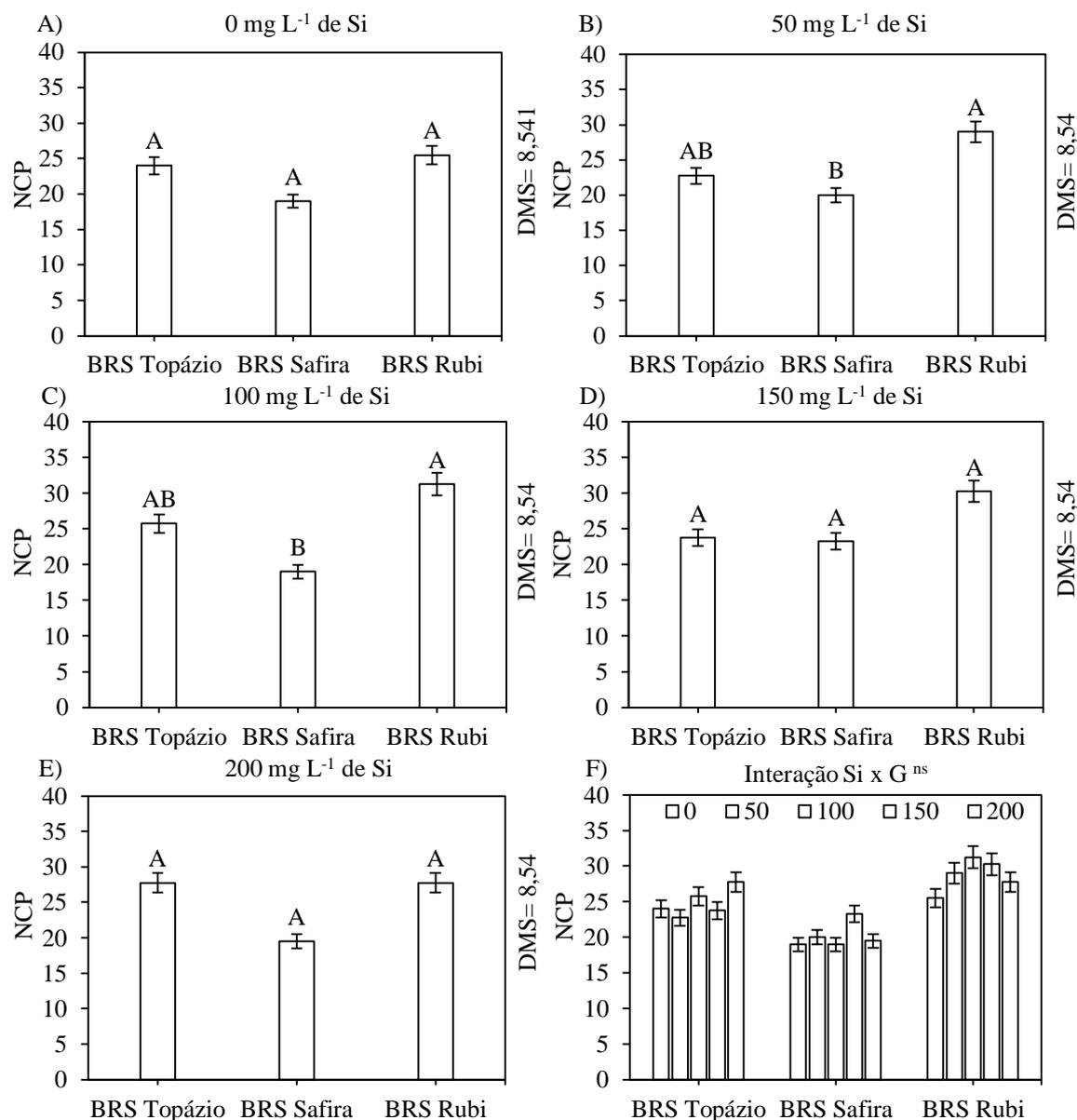


Figura 43. Número de capulhos por planta (NCA) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Os valores encontrados nessa pesquisa para o número de capulhos por planta foi superior àqueles encontrados por Pedroza et al. (2003) trabalhando com a cultivar ‘BRS 187 8H’ sob aplicação de biossólido. Nesse sentido, pode-se inferir que as cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’, por terem produzido maior número de capulhos também podem ser cultivadas no semiárido. Esta informação é ratificada pelos obtentores das respectivas cultivares (VIDAL NETO et al., 2010; CARVALHO et al., 2007 e CARVALHO et al., 2009).

Vê-se que na medida em que as plantas de ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ acumularam maior quantidade de fitomassa houve maior produção de capulhos (Figura 44A e B). O aumento da condutância estomática nas plantas de ‘BRS Safira’ provocou redução do número de capulhos produzidos por planta (Figura 44C). Houve maior produção de capulhos da ‘BRS Rubi’ quando as plantas da cultivar expressaram o pico de fluorescência máxima da clorofila ‘a’ (Figura 44D). O aumento na produção de capulhos em relação ao ganho de fitomassa e pico de fluorescência indica aumento de área fotoreceptora e otimização do aparato fotossintético das plantas (FLOSS, 2004).

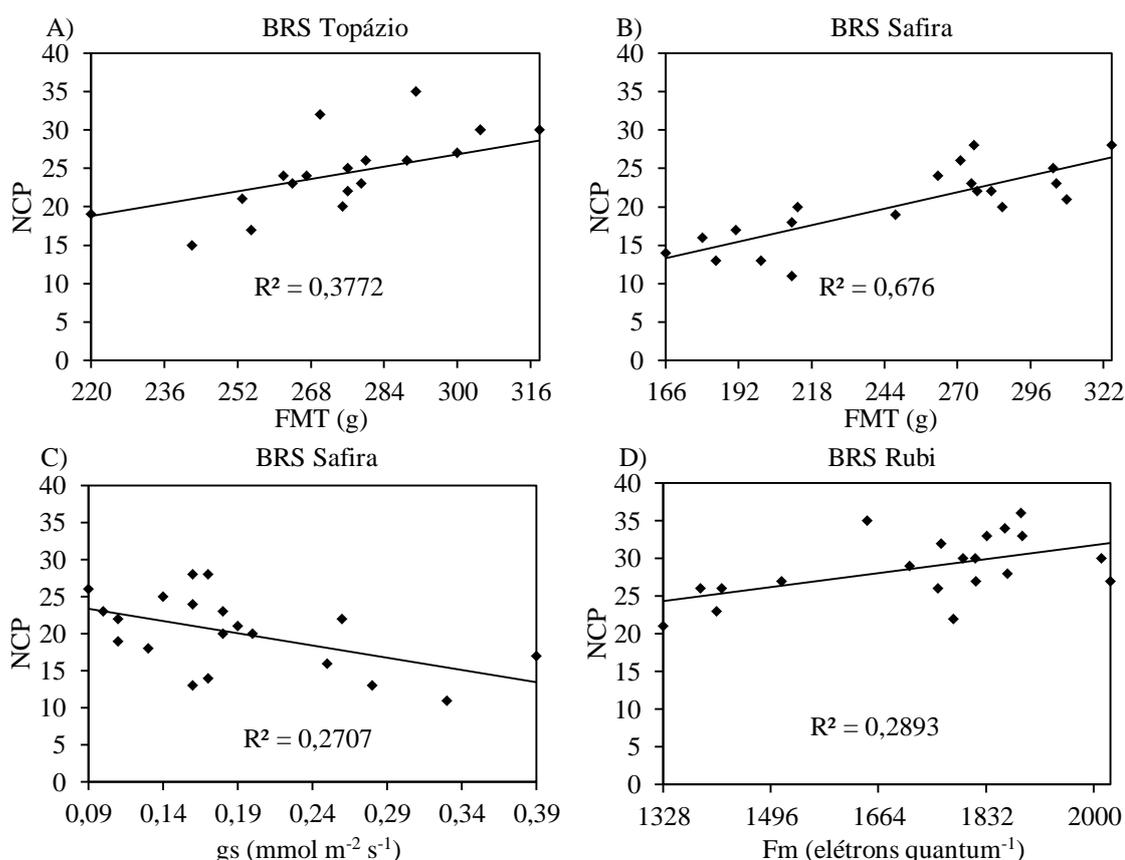


Figura 44. Correlação linear de Pearson entre as variáveis fitomassa total (FMT), condutância estomática (gs), fluorescência máxima (Fv) e número de capulhos por planta (NCP) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A), ‘BRS Safira’ (B) e (C) e ‘BRS Topázio’ (D) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

Analisando-se os dados referentes à massa de capulhos por planta, sem levar o efeito do fator silício em consideração, verificou-se que, a ‘BRS Rubi’ expressou maior massa de capulhos, sendo registrados, em média, $131,7 \text{ g planta}^{-1}$ para esta cultivar, com diferenças percentuais de 9,5 e 26,6% com relação aos $119,2$ e $96,7 \text{ g planta}^{-1}$ produzidos pelas cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’, respectivamente. Também foi constatada diferença significativa de 18,9% entre as massas

de capulhos produzidos pelas cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’, respectivamente (Quadro 7).

As cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’, cultivadas sem aplicação de silício foliar (0 mg L^{-1}) não expressaram variação significativa entre os valores de massa de capulhos produzidos por planta, tendo estas cultivares produzido $116,6$ e $131,7 \text{ g planta}^{-1}$, respectivamente. Também não foi verificada diferença entre as massas de capulhos produzidas por ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’. Por outro lado, comparando-se a massa de capulhos produzida pela ‘BRS Rubi’ e os $98,5 \text{ g planta}^{-1}$ produzidos pela ‘BRS Safira’, foi estimada diferença significativa de $25,2\%$ (Figura 45A).

Na figura 45B, pode-se observar que a ‘BRS Rubi’, sob aplicação de 50 mg L^{-1} de Si, teve produção de massa de capulhos por planta ($132,7 \text{ g}$) expressiva, diferindo significativamente do valor $104,5 \text{ g planta}^{-1}$ produzidos pela ‘BRS Safira’, tendo essa diferença representado $21,2\%$ em termos de percentagem. Por outro lado, não foi constatada diferença significativa entre as médias das cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’, nem tampouco entre as médias obtidas em ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ para a variável massa de capulhos por planta.

Sob aplicação de 100 mg L^{-1} de silício, as cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ não expressaram diferenças significativas entre si para a variável massa de capulhos por planta, não obstante, os valores 123 e $131,2 \text{ g}$ de capulhos por planta produzidos por essas cultivares diferiram significativamente do valor $82,2 \text{ g}$ produzido pela ‘BRS Safira’. Para esses contrastes foram calculadas diferenças percentuais de $33,2$ e $37,3\%$ respectivamente (Figura 45C).

As cultivares de algodoeiro não expressaram variações significativas na produção de massa de capulhos por planta sob aplicação de silício foliar na concentração correspondente a 150 mg L^{-1} (Figura 45D).

Quando as cultivares de algodoeiro foram tratadas com a concentração máxima de silício estudada (200 mg L^{-1}), foram verificadas diferenças percentuais de $27,3$ e $35,1\%$ entre os valores mais expressivos ($120,7 \text{ g}$) e ($135,2 \text{ g}$) de massa de capulhos por planta obtidos em ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’, respectivamente e o valor ($87,7 \text{ g}$) científico na ‘BRS Safira’. Pode-se observar ainda que as médias de massa de capulhos das cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ não diferiam de forma significativa entre si no referido nível de silício estudado (Figura 45E). Não foi verificada interação entre as concentrações de silício e as cultivares (Figura 45F).

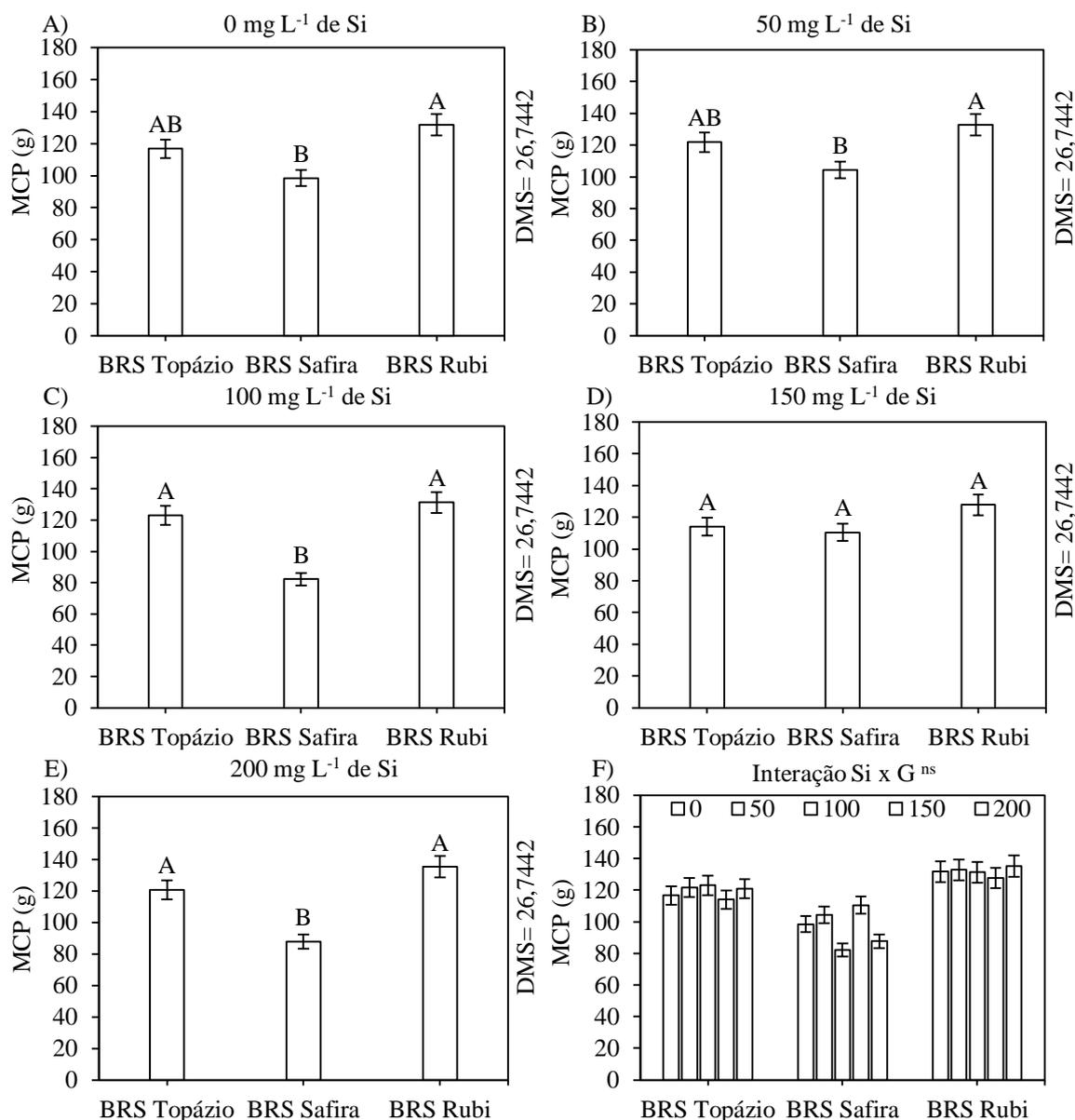


Figura 45. Massa de capulhos por planta (MCP) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Os dados médios encontrados nessa pesquisa para a variável massa de capulhos por planta foram superiores aos valores informados por Oliveira et al. (2012) trabalhando com a cultura do algodoeiro sob aplicação de níveis crescentes de condutividade elétrica da água de irrigação aplicados em sementes tratadas e não tratadas com regulador de crescimento. Essa diferença acentuada pode ser explicada pelo efeito nocivo do sal que de acordo com os referidos autores reduz drasticamente a produção do algodoeiro.

Com base nos valores observados, constatou-se correlação entre o número de capulhos, a fitomassa total e massa de capulhos por planta, notadamente, nas cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS

Safira', segundo ilustra a figura 46A, B, C e D, onde pode-se observar que na medida em que as plantas produzem mais frutos e alocam maior quantidade de fitomassa houve aumento no rendimento de massa dos capulhos. O aumento da massa de capulhos pode estar atrelado à maior atividade fotossintética e translocação de fotoassimilados para os frutos (DUARTE & PAIL, 2010). Para Ferraz et al. (2011) a dinâmica de crescimento e alocação de fitomassa dos órgãos produtivos estão diretamente relacionados com a produção de fitomassa aérea das plantas.

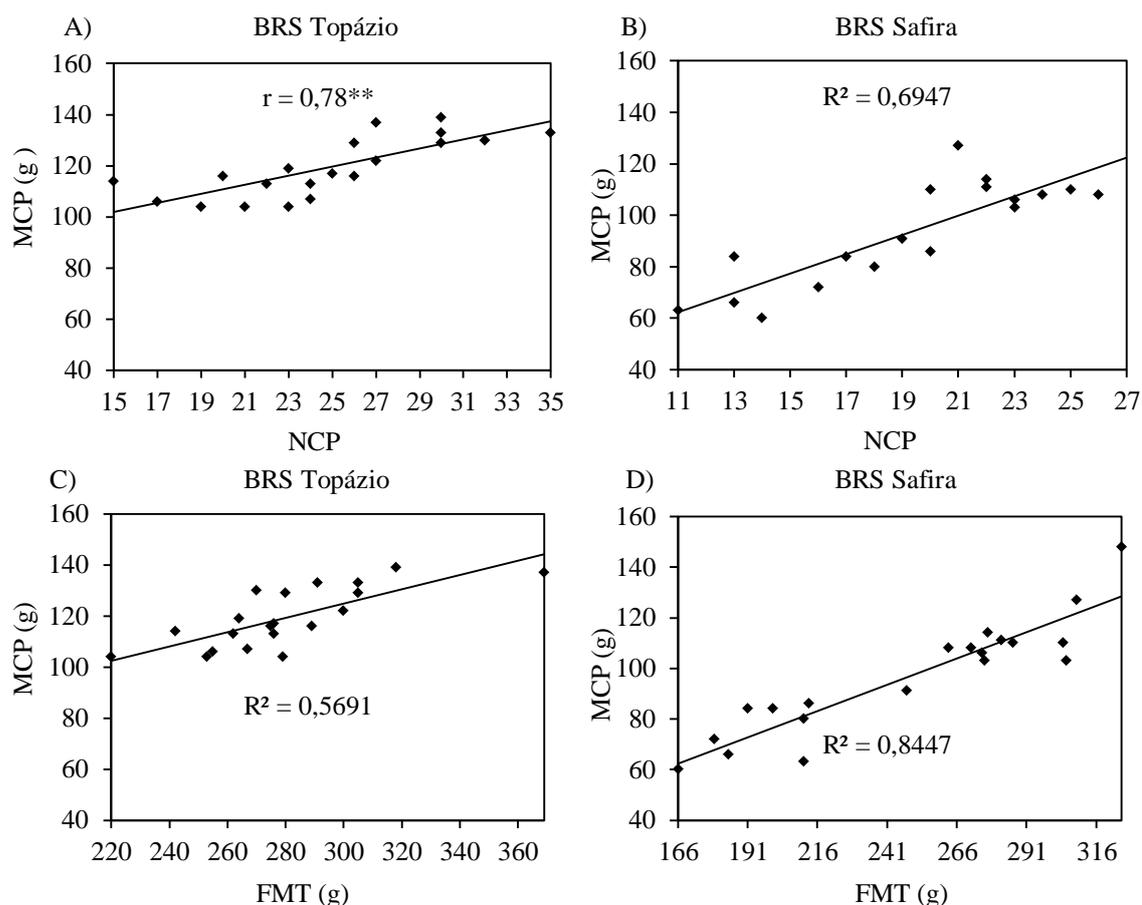


Figura 46. Correlação linear de Pearson entre as variáveis número de capulhos por planta (NCP), fitomassa total (FMT) e massa de capulhos por planta (MCP) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’ (A) e (C) e ‘BRS Safira’ (B) e (D) cultivadas sob aplicação de silício via foliar. Campina Grande, PB, 2012.

A correlação linear positiva entre o número de capulhos e a massa de capulhos por planta, indica uniformidade na produção, notadamente, pelo aumento unitário de capulhos por planta refletir aumento na massa de capulhos. Nessa conjectura, a inexistência de correlação entre essas variáveis, na cultivar ‘BRS Rubi’, pode estar relacionada à maior dispersão dos dados, denotando

falta de uniformidade dos frutos da referida cultivar, o que justifica o fato de não ter sido constatada diferenças significativas na massa de um capulho em resposta aos fatores estudados.

O índice de colheita teve variação significativa em resposta ao fator genótipo, sendo constatada diferença entre as cultivares analisadas para essa variável. As cultivares ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ expressaram maiores índices de colheita ($0,45 \text{ g g}^{-1}$) e ($0,44 \text{ g g}^{-1}$), tendo esses valores diferido estatisticamente do valor $0,41 \text{ g g}^{-1}$ observado na ‘BRS Safira’. Em termos percentuais, as diferenças observadas foram de 8,9 e 6,8% para as plantas de ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’ com relação à ‘BRS Safira’ (Quadro 7).

Analisando-se o efeito isolado do fator cultivar dentro de cada concentração de silício aplicada via foliar, para a variável índice de colheita (IC), constatou-se que na ausência de silício (0 mg L^{-1}) e sob aplicação das concentrações 50 e 150 mg L^{-1} do micronutriente as cultivares de algodoeiro não expressaram diferenças significativas entre si (Figura 47A, B e D). Não foi verificada interação entre silício e cultivares (Figura 47F).

Quando submetidas a aplicação de 100 mg L^{-1} de Si as cultivares de algodoeiro expressaram variações significativas para a variável índice de colheita, sendo encontrados valores mais expressivos ($0,45 \text{ g g}^{-1}$) e ($0,42 \text{ g g}^{-1}$) nas plantas de ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Rubi’, respectivamente. Esses valores superaram em 17,8 e 11,9% o valor ($0,37 \text{ g g}^{-1}$) obtido na ‘BRS Safira’ (Figura 47C).

Na concentração de silício foliar de 200 mg L^{-1} , observou-se diferença significativa entre os valores de índice de colheita das cultivares. Maior índice de colheita ($0,48 \text{ g g}^{-1}$) foi obtido na ‘BRS Rubi’, com diferença percentual acentuada de 14,6% com relação ao índice de colheita ($0,41 \text{ g g}^{-1}$) revelado na ‘BRS Safira’. Não foi verificada diferença significativa entre as médias das cultivares ‘BRS Rubi’ e ‘BRS Topázio’, nem tampouco entre as médias de ‘BRS Topázio’ e ‘BRS Safira’ (Figura 47E).

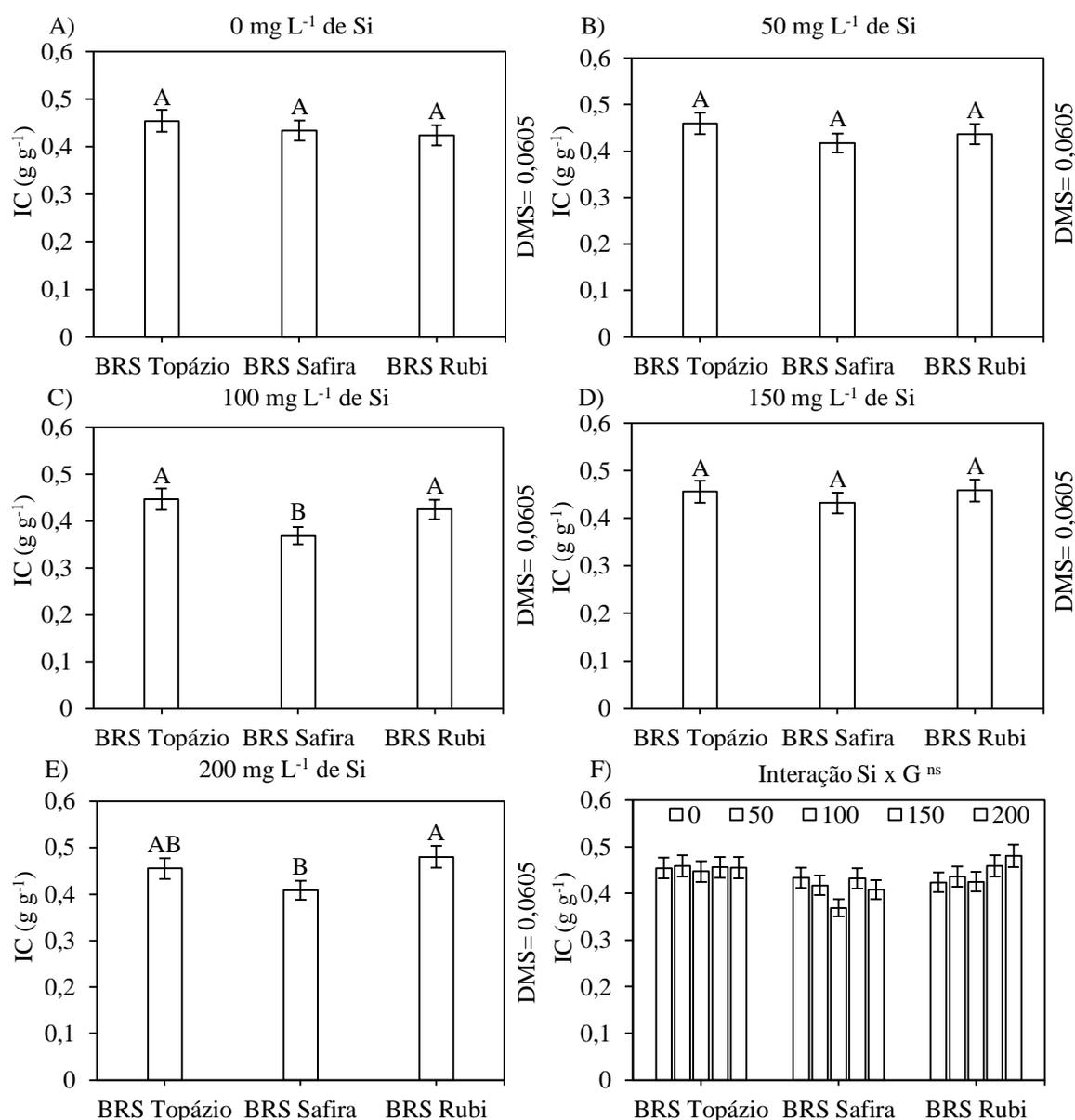


Figura 47. Índice de colheita (IC) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Os valores médios de índice de colheita encontrados nessa pesquisa corroboram com os valores médios informados por Alves (2006) trabalhando com a cultura do algodoeiro submetida a diferentes níveis de fertirrigação com água residuária. Este autor reporta que o algodoeiro expressou bons resultados em resposta aos níveis de água de baixa qualidade, notadamente, em virtude dos constituintes químicos da água.

Na ausência de silício e sob aplicação das concentrações 50, 100 e 150 mg L⁻¹ as cultivares não expressaram diferenças na produção de massa de algodão em pluma (MAP) (Figura 48A, B, C e D). Por outro lado, sob aplicação de 200 mg L⁻¹ a ‘BRS Topázio’ alocou maior quantidade de

MAP (63,4 g), com diferença de 46,2% com relação ao acúmulo de 34,1 g revelados na ‘BRS Safira’ (Figura 48E). Os fatores estudados não tiveram interação significativa (Figura 48F).

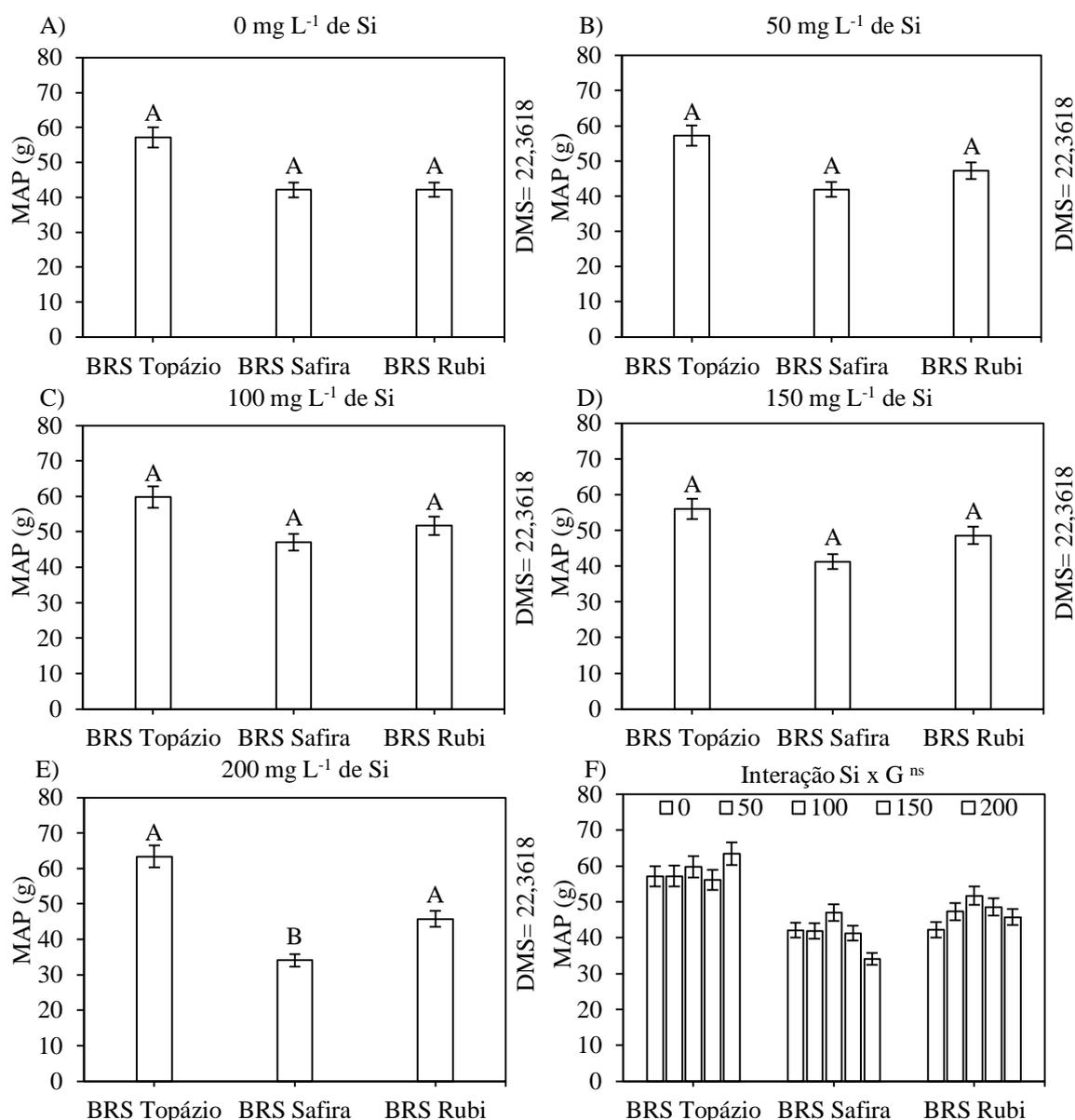


Figura 48. Massa de algodão em pluma (MAP) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Os dados de massa de algodão em pluma (MAP) encontrados nessa pesquisa, foram superiores aos valores médios encontrados por Pedroza et al. (2003) trabalhando com a cultura do algodoeiro sob aplicação de biossólidos. Estes autores reportam que sob aplicação de níveis crescentes desses resíduos houve aumento na produção de MAP, notadamente, em virtude da presença de matéria orgânica, macro e micronutrientes na composição desse produto. Diante do

exposto, pode-se inferir que a diferença entre as cultivares sob aplicação de 200 mg L⁻¹ de Si pode estar atrelado ao efeito benéfico desse elemento (PEIXOTO et al., 2011) no organismo das plantas.

Maiores valores de percentagem de fibra (45,8%), (45,7%), (46,8%), (45,9%) e (46,4%) sob aplicação de todas as concentrações de silício estudadas foram revelados pela cultivar ‘BRS Topázio’. Foram estimadas diferenças de 12,9%, 17,1%, 25,4%, 22,4% e 17% com relação aos valores (39,9%), (37,9%), (34,9%), (35,6%) e (38,5%) verificados na ‘BRS Safira’ (Figura 49A, B, C, D e E). Comparando-se os valores de percentagem de fibra de ‘BRS Topázio’ com os valores (38,4%), (38,3%), (41,1%), (40,2%) e (42,1%) revelados na ‘BRS Rubi’, foram calculadas diferenças de 16,2%, 16,2%, 12,2%, 12,4% e 9,3% nas respectivas concentrações de silício estudadas. Os fatores estudados não expressaram interação significativa (Figura 49F).

Os valores de porcentagem de fibra encontrados nessa pesquisa foram superiores res aos valores obtidos por Oliveira et al. (2012) trabalhando com a cultura do algodoeiro sob estresse salino a aplicação de regulador de crescimento. Os valores inferiores encontrado por esses autores justificam-se pelo efeito nocivo nos sais no organismo vegetal (SILVA et al., 2011). Embora o algodoeiro seja considerado uma cultura tolerante á salinidade (TAIZ & ZEIGER, 2009), pesquisas revelaram efeitos deletérios do estresse salino sobre o rendimento do algodoeiro, sendo essa resposta variada em função do genótipo e do manejo adotado adotado no cultivo dessa oleaginosa (JÁCOME et al., 2003).

Informações acerca da natureza e a magnitude da variabilidade presente no material genético constituem fatores de fundamental importância na tomada de decisões do melhorista que objetiva iniciar trabalhos de otimização de características de interesse nas culturas através de programas de seleção (SANTANA et al., 2010).

Nesta conjectura, as diferenças verificadas entre as cultivares estudadas podem subsidiar os programas de melhoramento genético de algodão, notadamente, pela expressão de variabilidade genética entre ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’.

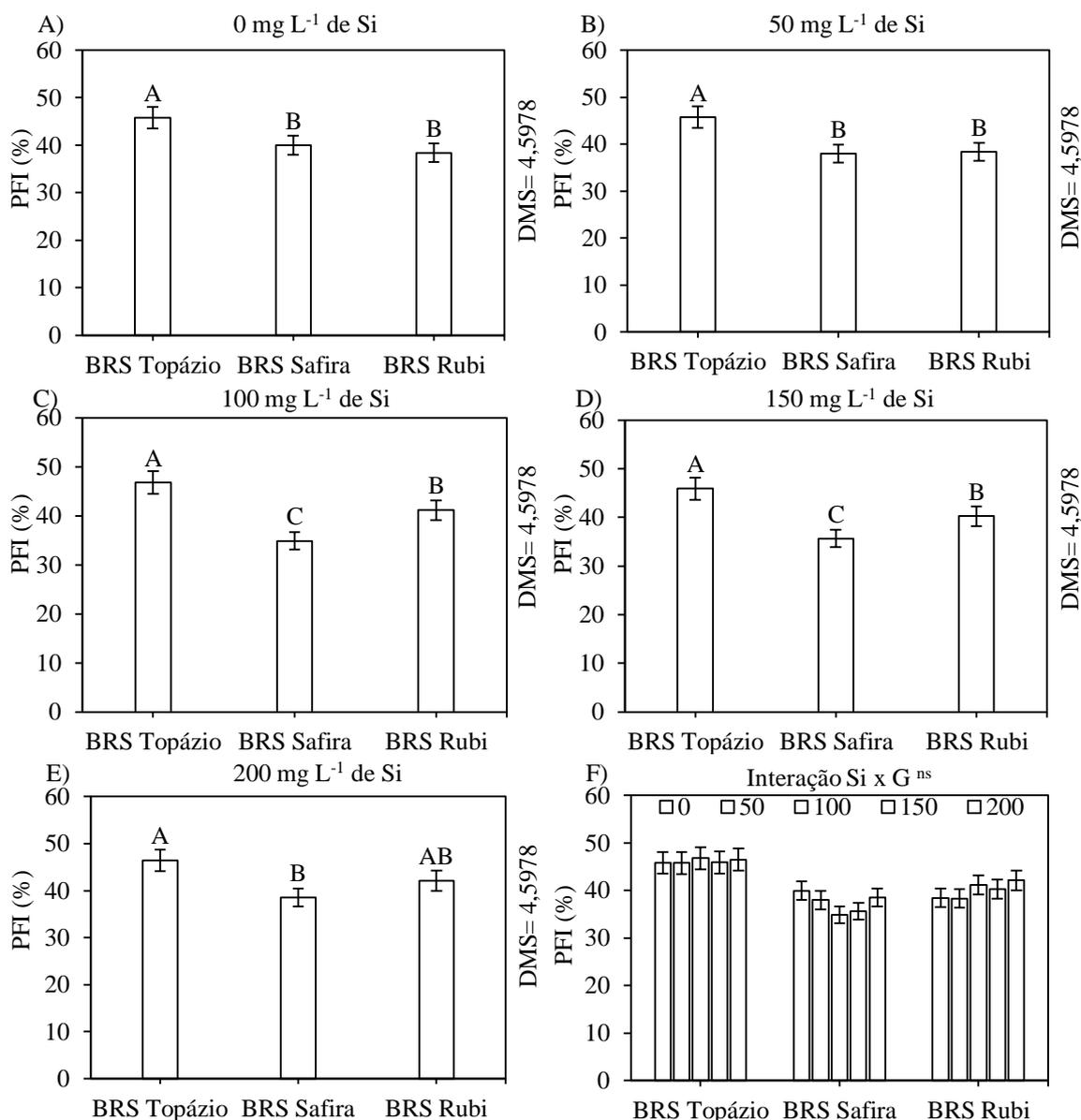


Figura 49. Percentagem de fibra (PFI) das cultivares de algodoeiro ‘BRS Topázio’, ‘BRS Safira’ e ‘BRS Rubi’ cultivadas sob aplicação de silício via foliar nas concentrações 0 (A), 50 (B), 100 (C), 150 (D) e 200 (E) e interação Si x G (F). Campina Grande, PB, 2012.

Os valores de percentagem de fibra revelados nessa pesquisa corroboram com aqueles informados por Carvalho & Souza (2002) para linhagens de algodoeiro herbáceo de fibra colorida indicadas para cultivo na região Nordeste.

A avaliação da biometria, alterações fisiológicas e rendimento do algodoeiro constituem importantes fontes de subsidio na tomada de decisão da comunidade científica e de produtores dessa oleaginosa. Acrescente-se que a ocorrência de correlação entre as variáveis dos aspectos supracitados pode ser utilizada para se fazer inferências acerca da ocorrência e seleção de características importantes nos processos morfológicos, fisiológicos e rendimento das plantas.

Santos et al. (2008) colaboram que a correlação indica o grau de relacionamento entre variáveis por meio da covariabilidade entre as mesmas. Ressalte-se que a correlação pode ser positiva, negativa ou aproximadamente nula.

Diante do exposto, é importante frisar que as relações entre os caracteres são avaliadas por meio das correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais. A análise de correlação possibilita a obtenção de diversas informações úteis, notadamente, para os programas de melhoramento. Assim, fatores como a identificação das variações genética e ambiental contidas na variação fenotípica, quantificação de ganhos indiretos através de seleção em caracteres correlacionados, avaliação da complexidade dos caracteres envolvidos na seleção, e a possibilidade de seleção indireta através de caracteres correlacionados constituem importantes ferramentas de interesse para a comunidade científica (SANTANA et al., 2011).

Esse cenário denota a importância das correlações fenotípicas verificadas nessa pesquisa (Quadro 8), de modo a subsidiar os programas de melhoramento genético de algodão, notadamente, pela possibilidade de obtenção de características de interesse de forma indireta. Esta informação é ratificada por Dalchiavon & Carvalho (2012) ao mencionarem que a correlação entre características como produtividade e componentes de produção constitui importante informação para subsídio teórico.

Quadro 8. Matriz de correlação entre as variáveis: altura de planta (APL), diâmetro caulinar (DCA), fitomassa total (FMT), taxa de assimilação de CO₂ (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), fluorescência máxima (Fm), variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), concentração de clorofila 'a' (Chl a), 'b' (Chl b) e total (Chl t), razão clorofila 'a' clorofila 'b' (a/b), número de capulhos por planta (NCP) e massa de capulhos por planta (MCP) nas cultivares de algodoeiro 'BRS Topázio', 'BRS Safira' e 'BRS Rubi'.

BRS Topázio															
	APL	DCA	FMT	A	gs	E	Fm	Fv	Fv/Fm	Chl a	Chl b	Chl t	a/b	NCP	MCP
APL	-	0,74	0,17	-0,25	0,17	-0,06	-0,33	-0,39	-0,17	-0,54	0,41	-0,49	-0,50	0,12	0,25
DCA	**	-	0,21	-0,31	-0,03	-0,17	-0,23	-0,22	-0,02	-0,24	0,24	-0,21	-0,21	0,35	0,24
FMT	ns	ns	-	-0,14	-0,08	0,22	0,24	0,34	0,23	-0,04	-0,03	-0,05	-0,01	0,61	0,75
A	ns	ns	ns	-	-0,07	-0,02	0,34	0,45	0,22	0,37	-0,13	0,37	0,25	-0,22	0,03
gs	ns	ns	ns	ns	-	0,54	-0,48	-0,51	-0,12	-0,19	0,10	-0,18	-0,21	-0,19	-0,09
E	ns	ns	ns	ns	*	-	-0,23	-0,27	-0,10	-0,13	0,37	-0,06	-0,30	-0,05	0,13
Fm	ns	ns	ns	ns	*	ns	-	0,89	-0,13	0,57	-0,31	0,55	0,46	0,26	0,14
Fv	ns	ns	ns	*	*	ns	**	-	0,33	0,67	-0,39	0,64	0,57	0,35	0,25
Fv/Fm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	0,25	-0,17	0,23	0,25	0,21	0,21
Chl a	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	-	-0,43	0,98	0,76	0,21	0,04
Chl b	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-0,25	-0,90	-0,17	-0,05
Chl t	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	**	ns	-	0,63	0,18	0,03
a/b	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	**	**	**	-	0,25	0,08
NCP	ns	ns	**	ns	-	0,78									
MCP	ns	ns	**	ns	**	-									

BRS Safira															
	APL	DCA	FMT	A	gs	E	Fm	Fv	Fv/Fm	Chl a	Chl b	Chl t	a/b	NCP	MCP
APL	-	0,58	0,40	-0,13	-0,28	-0,40	-0,15	-0,01	0,07	-0,51	-0,41	-0,51	-0,29	0,24	0,30
DCA	**	-	0,71	-0,08	-0,19	-0,56	0,25	0,31	0,13	-0,37	-0,14	-0,35	-0,34	0,44	0,54
FMT	ns	**	-	-0,15	-0,47	-0,61	0,39	0,17	-0,08	-0,15	-0,22	-0,17	0,03	0,82	0,92
A	ns	ns	ns	-	0,60	0,49	-0,35	0,01	0,23	-0,18	-0,13	-0,18	-0,10	-0,33	-0,05
gs	ns	ns	*	**	-	0,68	-0,33	0,20	0,41	0,11	0,43	0,16	-0,26	-0,52	-0,34
E	ns	**	**	*	**	-	-0,39	0,15	0,40	0,33	0,32	0,34	0,09	-0,40	-0,34
Fm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	0,28	-0,35	0,26	0,03	0,34	0,28	0,34	0,35
Fv	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	0,80	0,11	0,08	0,11	0,09	0,17	0,28
Fv/Fm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	-	-0,05	0,05	-0,04	-0,14	-0,03	0,06
Chl a	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	0,67	0,99	0,68	0,06	0,06
Chl b	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	-	0,74	-0,07	-0,15	-0,08
Chl t	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	-	0,60	0,03	0,05
a/b	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	-	0,24	0,19
NCP	ns	ns	**	ns	*	ns	-	0,83							
MCP	ns	*	**	ns	**	-									

BRS Rubi															
	APL	DCA	FMT	A	gs	E	Fm	Fv	Fv/Fm	Chl a	Chl b	Chl t	a/b	NCP	MCP
APL	-	0,74	0,37	-0,40	-0,54	-0,37	0,32	0,36	0,25	-0,23	0,19	-0,16	-0,38	0,21	0,010
DCA	**	-	0,51	-0,23	-0,57	-0,51	0,12	0,19	0,10	0,02	-0,13	-0,01	0,08	0,29	0,21
FMT	ns	**	-	0,20	-0,32	-0,27	-0,08	-0,001	0,10	-0,02	0,09	-0,001	-0,25	0,03	0,37
A	ns	ns	ns	-	0,51	0,36	-0,57	-0,59	-0,34	0,20	0,17	0,21	0,14	-0,17	0,02
gs	**	**	ns	*	-	0,40	-0,60	-0,60	-0,22	0,56	0,52	0,60	0,02	-0,34	-0,22
E	ns	*	ns	ns	*	-	-0,37	-0,21	0,21	0,16	0,36	0,32	-0,33	-0,14	-0,28
Fm	ns	ns	ns	**	**	ns	-	0,93	0,40	-0,58	-0,35	-0,58	-0,12	0,54	-0,08
Fv	ns	ns	ns	**	**	ns	**	-	0,72	-0,62	-0,32	-0,61	-0,21	0,49	-0,04
Fv/Fm	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	-	-0,44	-0,13	-0,42	-0,28	0,21	0,07
Chl a	ns	ns	ns	ns	*	ns	**	**	*	-	0,52	0,98	0,37	-0,15	0,11
Chl b	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	-	0,66	-0,54	-0,21	-0,10
Chl t	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	**	ns	**	**	-	0,21	-0,18	0,08
a/b	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	-	0,09	0,23
NCP	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	-	-0,12
MCP	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-

** , * Significativo a 1 e 5% e ns não significativo pelo teste F.

5.0. CONCLUSÕES

1. Na cultivar ‘BRS Topázio’, a aplicação de silício reduziu o crescimento, concentração de clorofila ‘b’ e extrusão celular e, aumentou a taxa de assimilação de CO₂, eficiência quântica do fotossistema II, concentração de clorofila ‘a’, total e carotenoides.
2. A aplicação de silício na cultivar ‘BRS Safira’ aumentou o crescimento e concentração de clorofila ‘a’, total e carotenoides e, reduziu a taxa de assimilação e concentração interna de CO₂ e a extrusão celular.
3. A cultivar ‘BRS Rubi’ teve aumento no crescimento, fluorescência da clorofila ‘a’ e eficiência quântica do fotossistema II e, redução na taxa de assimilação e concentração interna de CO₂, condutância estomática, concentração de clorofila ‘a’, ‘b’, total e extrusão celular.
4. Não houve alteração na produção das cultivares de algodoeiro em resposta a aplicação de silício via foliar nas condições edafoclimáticas do semiárido.
5. A cultivar ‘BRS Rubi’ acumulou maior quantidade de fitomassa, produziu maior número de capulhos e massa de capulhos por planta.

6.0. REFERÊNCIAS

ABA, **Anuário Brasileiro do Algodão**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2012. Disponível em: <
http://www.gaz.com.br/tratadas/eo_edicao/7/2012/06/20120629_97763c201/pdf/3401_2012_algodao_double_web.pdf. Acesso em: junho de 2012.

ACCIOLY, A. M. de A.; SOARES, C. F. S. R.; SIQUEIRA, J. O. Silicato de cálcio como amenizante da toxidez de metais pesados em mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.2, p.180-188, 2009.

ALVES, W. W. de A. **Fertirrigação com água residuária na cultura do algodão de fibra marrom**. 2006. 212 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2006.

AMARAL, J. A. T do; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T do. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p. 377-384, 2006.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxydase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.

ÁVILA, F. W.; BELIZA, D. P.; FAQUIN, V.; ARAÚJO, J. L.; RAMOS, S. J. Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 184-190, 2010.

BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BELTRÃO, N. E. de M.; ALMEIDA, O. A. de; PEREIRA, J. R.; FIDELES FILHO, J. Metodologia para estimativa do crescimento do fruto e do volume absoluto e relativo da planta do algodoeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 5, n. 1, p. 283-289, 2001.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. **Agronegócio do algodão no Brasil**. Campina Grande: Embrapa, 2008.

BELTRÃO, N. E. de M. Fisiologia do algodoeiro: aspectos fisiológicos na produção e na qualidade da fibra do algodoeiro, Salvador, BA, 2005, In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Campina Grande, PB. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 2005. v. 5. 9p.

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de; LUCENA, A. M. A. de; SANTOS, J. W.; SOUSA, J. G. de. Modificações no algodoeiro herbáceo superprecoce sob influência do cloreto de mepiquat. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 14, n. 1, p. 29-35, 2010.

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas e seus Óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 28 p. (Documentos, 201).

BELTRÃO, N. E. de M., **Breve História do Algodão no Nordeste do Brasil**. EMBRAPA, Paraíba, dez. 2003. Disponível em:<<http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2003/DOC117.PDF>> Acesso junho de 2012.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003.

BEZERRA, J. R. C.; DIAS, J. M.; PEREIRA, J. R.; GUEDES, F. X. **Consumo hídrico do algodoeiro BRS 200 Marrom**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 11 p. (Circular Técnica, 129).

BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B. da; BEZERRA, B. G.; BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do algodoeiro irrigado a partir de imagens de sensores orbitais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 64-71, 2012.

BJÖRKMAN, O. Fluorescence in leaves and its relationship to photon yield of photosynthesis in photoinhibition In: KYLE, D. J.; OSMOND, C. B.; ARNTZEN, C. J. **Photoinhibition**. Elsevier, 1987. 123 p.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; OQUIST, G. In: **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual**. (eds.) HALL, D. O.; SCURLOCK, J. M. O.; BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LEEGOOD, R. C.; LONG, S. P. Chapman & Hall, 1993. 193 p.

BORGES, L. S.; GUERRERO, A. C.; FERNANDES, D. M. Adubação foliar com silício no crescimento de plantas de jambu. **Cultivando o Saber**, v. 3, n. 1, p. 160-170, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. **Anuário Estatístico da Agroenergia**, 2009, 160 p.

BRITO, G. G. de; SOFIATTI, V; LIMA, M. M. de A.; CARVALHO, L. P. de; SILVA FILHO, J. L. da. Physiological traits for drought phenotyping in cotton. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 117-125, 2011.

CARDOSO, G. D.; ALVES, P. L. da C.; BELTÃO, N. E. de M.; VALE, L. S. do . Períodos de interferência das plantas daninhas em algodoeiro de fibra colorida ‘BRS Safira’. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 456-462, 2010.

CARNEIRO, M. M. L. C. **Trocas gasosas e metabolismo antioxidativo em plantas de girassol em resposta ao déficit hídrico**. 2011. 43 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, 2011.

CARVALHO, L. P. de; ANDRADE, F. P. de; SILVA FILHO, J. L. da. Cultivares de algodoeiro colorido no Brasil. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.15, n.1, p.37-44, 2011.

CARVALHO, L. P. de; ARAUJO, G. P. de; J. N. da. **Folder 'BRS Rubi'**, 5 ed. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, 2007.

CARVALHO, L. P. de; ARAUJO, G. P. de; VIEIRA de R. M.; BELTRÃO, N. E. de M.; COSTA, J. N. da. **'Folder BRS Sfiira'**. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, 2009.

CARVALHO, L. P. de; SILVA, G. E. L.; LIMA, M. M. de A.; MEDEIROS, E. P. de; BRITO, G. G. de; FREIRE, R. M. M. Variabilidade e capacidades geral e específica de combinação para teor de óleo em algodoeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.14, n.1, p.19-27, 2010.

CARVALHO, L. P. de; SOUZA, M. M. A. de. **Linhagens de algodoeiro herbáceo com novas tonalidades de cor marrom para cultivo na região Nordeste**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 7 p. (Comunicado Técnico, 170).

CHIBA, Y.; MITANI, M.; YAMAJI, M.; MA, J. F. Hvslil is a silicon influx transporter in barley. **Plant Journal**. v. 57, p. 810-818, 2009.

COLOM, M. R.; VAZZANA, C. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought sensitive weeping lovegrass plants. **Environmental Experimental Botany**, v. 49, p. 135-144, 2003.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Algodão**. Décimo levantamento. Brasília: Conab, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_07_10_08_42_35_algodao02a06072012.pdf. Acesso em: junho de 2012.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Importância do silício na tolerância das plantas a estresses de natureza abiótica In: RODRIGUES, F, de A. **Silício na agricultura**. Anais do V Simpósio de Silício na Agricultura. Viçosa, 2010. Cap. 2, p. 27-45.

CUNHA, K. P. V. da; NASCIMENTO, C. W. A. do; SILVA, A. J. da. Silicon alleviates the toxicity of cadmium and zinc for maize (*Zea mays* L.) grown on a contaminated soil. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 171, p. 849-853, 2008.

CURRIE, H. A.; PERRY, C. C. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. **Annals of Botany**, v. 100, p. 1383-1389, 2007.

DALCHIAVON, F. V.; CARVALHO, M. de P. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 541-552, 2012.

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

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 305-311, 2007.

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S. Influência da pré-hidratação das sementes de algodão na resposta do teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.13, n.2, p.45-52, 2009.

DUARTE, T. S.; PEIL, R. M. N. Relações fonte: dreno e crescimento vegetativo do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 03, p. 271-276, 2010.

EMBRAPA. Sistema de Produção. **Cultivo do algodão herbáceo na agricultura familiar**. 2 ed. Versão eletrônica, set. 2006. Disponível em<
http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar_2ed/cultivares.html> Acesso em: junho de 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2ª ed. Londrina: Editora Planta, 2006.

FARIAS, F. J. C. **Índice de seleção em cultivares de algodoeiro herbáceo**. 2005. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2005.

FERRAZ, R. L. de S.; MELO, A. S. de; FERREIRA, R. de S.; DUTRA, A. F.; FIGUEREDO, L. F. de; Aspectos morfofisiológicos, rendimento e eficiência no uso da água do meloeiro “Gália” em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 957-964, 2011.

FERREIRA, S. M. **Efeito do silício na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.): Aspectos bioquímicos, qualidade de fibra e produtividade**. 2008. 68 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: Editora da UPF. 2004.

FREIRE, E. C.; BARREIRO NETO, M. **A pesquisa algodoeira no nordeste do Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1983. 21p. (Documentos, 18).

FREIRE, R. M. M., **Cultivo do Algodão Herbáceo na Agricultura Familiar**. Embrapa Algodão – Sistema de Produção, São Paulo 1 – 2ª edição, set. 2006 Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar_2ed/subproduto.html>Acesso em: junho de 2012.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, A. A. da; SOARES, E. R.; CONCENÇO, G.; ALBERTO, C. M. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Tropic – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 3, p. 18, 2010.

GIONGO, V.; BOHNEN, H. Relação entre alumínio e silício em genótipos de milho resistente e sensível a toxidez de alumínio. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 3, p. 348-356, 2011.

GUERRERO, A. C.; BORGES, L. da S.; FERNANDES, D. M. Efeito da aplicação foliar de silício em rúcula cultivada em dois tipos de solos. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 4, p. 591-596, 2011.

GUNES, A.; PILBEAM, D. J.; INAL, A.; BAGCI, E. G.; COBAN, S. Influence of silicon on antioxidant mechanisms and lipid peroxidation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress. **Journal of Plant Interaction**, v. 2, p. 105-113, 2007.

HISCOX, J. D. ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v. 57, p. 1332-1334, 1979.

IRELAND, C. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R. **Planta**. v. 160, 550 p. 1984.

JÁCOME, A. G.; OLIVEIRA, R. H. de; FERNANDES, P. D. E.; GONÇALVES, A. C. A. Comportamento produtivo de genótipos de algodão sob condições salinas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 187-194, 2003.

JULSING, M. K.; KOULMAN, A.; WOERDENBAG, H. J.; QUAX, W. J.; KAYSER, O. Combinatorial biosynthesis of medicinal plant secondary metabolites. **Biomolecular Engineering**, v. 23, n. 6, p. 265-79, 2006.

KORNDORFER , G. H.; OLIVEIRA, L. A. Uso do silício em culturas comerciais. In: RODRIGUES, F, de A. **Silício na agricultura**. Anais do V Simpósio de Silício na Agricultura, 5 ed. Viçosa, 2010. Cap. 1, p. 1-25.

KRAUSE, H.; WEIS, E. In: **Applications of chlorophyll fluorescence**. (ed.) LICHTENTHALER, H. K. Kluwer Academic Publishers, 1988. Cap. 3.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006.

LIANG, Y.; SUN, W. C.; ZHU, Y. G.; CHRISTIE, P. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. **Environmental Pollution**, v. 147, p. 422-428, 2007.

LIMA FILHO, O. F. de. Aspectos gerais sobre o silício em solos, plantas e animais. In: RODRIGUES, F, de A. **Silício na agricultura**. Anais do V Simpósio de Silício na Agricultura, 5 ed. Viçosa, 2010. Cap. 3, p. 47-60.

LIMA FILHO, O. F.; SILVA, W. M.; TSAI, S. M. Relationship between silicon content physical and chemical parameters of tropical savanna soils. In: **Silicon in Agriculture Conference**, 3^a ed. Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia. 2005.

LIMA, M. de A.; CASTRO, V. F. de; VIDAL, J. B.; ENÉAS FILHO, J. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 398-403, 2011.

LUNARDON M. T. **Algodão**. São Paulo, out. 2010. Disponível em:<<http://www.pr.gov.br/seab/deral/cultur13.pdf>> Acesso junho de 2012.

MADEIROS, L. B.; VIEIRA, A. O.; AQUINO, B. F. Micronutrientes e silício nas folhas de cana-de-açúcar: Escória siderúrgica aplicado no solo. **Engenharia Ambiental**, v.6, p.27-37, 2009.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Functions and transport of silicon in plants. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 65, p. 3049-3057, 2008.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**. v.11, p. 392-397, 2006.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. **Soil fertilizer, and plant silicon research in Japan**. Amsterdam: Elsevier Science. 2002.

MATA, C. G.; LAMATTINA, L. Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptive plant responses against drought stress. **Plant Physiology**, v. 126, p. 1196-1204, 2001.

MEDEIROS, L. B. VIEIRA, A. de O. AQUINO, B. F. de. Influência da escória siderúrgica sobre trocas gasosas e produção de biomassa da cana-de-açúcar. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 121-129, 2009.

MELO, A. S. de; SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, A. F.; AGUIAR NETO, A. de O. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

MITANI, N.; YAMAJI, N.; MA, J. F. Identification of maize silicon influx transporters. **Plant Cell Physiology**. v. 50, p. 5-12, 2009.

MOTOMIYA, A. V. de A.; MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, W. R.; BAILO, F. H. R. Mapeamento do índice de vegetação da diferença normalizada em lavoura de algodão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 112-118, 2012.

OLIVEIRA, F. de A. de; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, F. R. A. de; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. da S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 484-492, 2012.

OLIVEIRA, F. A. de; MENESES, E. F.; ARRUDA FILHO, N. T. de; OLIVEIRA, R. C. de; CAMPOS, A. R. F. Tolerância de cultivares de algodoeiro herbáceo à salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 13, n. 3, p. 91-97, 2009.

OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, M. N. B. da; OLIVEIRA, A. P. de; SANTOS, D.; PEREIRA, W. E.; OLIVEIRA, R. C. de; GONDIM, S. C. Efeito da irrigação e da adubação nitrogenada sobre algumas características de desenvolvimento do algodão colorido verde. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.12, n.1, p. 49-57, 2008.

OLIVEIRA, F. C. C.; SUAREZ, P. A. Z. e SANTOS, W. L. P. Biodiesel: possibilidades e desafios. **Química Nova na Escola**, n. 8, p. 3-8, 2008.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido à diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.161-169, 2005.

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

PEDROSA, J. P.; HAANDEL, A. C. V.; BELTRÃO, N. E. de M. DIONÍSIO, J. A. Produção e componentes do algodoeiro herbáceo em função da aplicação de bio sólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.483-488, 2003.

PEIXOTO, M. L.; MORAES, J. C.; SILVA, A. A.; ASSIS, F. A. Efeito do silício na preferência para oviposição de Bemisia tabaci biótipo b (genn.) (hemiptera: aleyrodidae) em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 478-481, 2011.

PILON-SMITS, E. A. H.; QUIN, C. F.; TAPKEN, W.; MALAGOLI, M.; SCHIAVON, M. Physiological functions of beneficial elements. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 12, p. 267-274. 2009.

POSADA, F. C.; OLMOS, J. E. P.; ULRICH, C. Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema II en plantas de fresa (*Fragaria* sp.) afectadas por la calidad de la luz: Implicaciones agronómicas. **Revista U. D. C. A Actualidad & Divulgación Científica**, v. 14, n. 2, p. 43-53, 2011.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; SOUZA, R. J. Épocas de plantio e doses de silício no rendimento de alface tipo americana. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 295-300, 2007.

RODRIGUES, H. C. de A.; CARVALHO, S. P. de; CARVALHO, A. A. de; SANTOS, C. E. M. dos; CARVALHO FILHO, J. L. S. de. Correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre caracteres de mamoneira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 6, p. 1390-1395, 2010.

SAMPAIO, E. S. de. **Fisiologia vegetal: Teoria e experimentos**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2010.

SANTANA, M. S. de; OLIVEIRA, F. J. de; MELO, L. J. O. T. de. Correlações genéticas em alguns clones RB e em variedades de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n. 4, p. 460-467, 2010.

SANTOS, J. W. dos; ALMEIDA, F. de A. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; CAVALCANTI, F. V. **Estatística Experimental Aplicada**. Campina Grande: Embrapa Algodão/ Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

SÁVIO, S. L.; SILVA, G. C. da; TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A. Produção de biomassa e conteúdo de silício em gramíneas forrageiras sob diferentes fontes de silicato. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 103-110, 2011.

SEAGRI- Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Cultura do Algodão**. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/Algodao.htm>>acesso em: junho de 2012.

SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v.58, p.219-247, 2007.

SHI, X. H.; ZHANG, C.C.; WANG, H.; ZHANG, F. S. Effect of Si on the distribution of Cd in rice seedlings. **Plant and Soil**, v. 272, p. 53-60, 2005.

SILVA, F. V. de F. **Metabolismo e crescimento de *Ricinus communis* L. sob temperatura supraótima e elevado nível de CO₂**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba.

SILVA, G. F. OLIVEIRA, G. dos S.; NASCIMENTO, J. J. V. R. do; PEREIRA, R. G.; PAIVA, M. R. de F. C. Germinação e crescimento inicial de mamoneiras irrigadas com água salina em diferentes volumes de substrato. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n. 2, p. 135–142, 2011.

SILVA, M. M. P. da; VASQUEZ, H. M.; BRESSANSMITH, R.; SILVA, J. F. C.; ERBESDOBLER, E. D.; ANDRADE JÚNIOR, P. S. C. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 67-74, 2006.

SOLOMONS, T. W.; **Química Orgânica**. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

SONOBE, K.; HATTORI, T.; PING, A. N.; TSUJI, W.; ENEJI, E.; TANAKA, K.; INANAGA, S. Diurnal variations in photosynthesis, stomatal conductance and leaf water relation in sorghum grown with or without silicon under water stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, p. 433-442, 2009.

SOUZA, G. S. de; SANTOS, A. R. dos; SILVA, J. dos S.; FERREIRA, D. dos R. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* schultz bip. Ex baker (guaco) cultivadas sob malhas coloridas. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.7, n.12, 2011.

SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S. de; COSTA, F. S.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, R. de S.; SOUZA, M. S. da S. Eficiência fotoquímica e produtividade de frutos de meloeiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1251-1262, 2011.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. do; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO T., KUMAZAWA K., ISHII R., ISHIARA K., HIRATA H. **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Food and Agriculture Police Research Center, 1995. Cap. 5, p. 420-433.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, G. J. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 2, p. 199-209, 2005.

VIDAL NETO, F. das C.; ANDRADE, F. P. de; SILVA FILHO, J. L. da; CARVALHO, L. P. de. **BRS Topázio**. 2p. 2010. Disponível em: <
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/item/18954/1/Algodao-Colorido-Topazio.pdf> >.
Acesso em: junho de 2012.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total Carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution, **Journal Plant Physiology**, v. 144, p. 307-313, 1994.

ZUCCARINI, P. Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress, **Biologia Plantarum**, v. 54, p. 157-160, 2008.