

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SEMENTES



TESE

**ADUBAÇÃO SILICATADA NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES
E FIBRAS DE ALGODÃO (*Gossypium hirsutum* L.)**

Juliana Simões Nobre Gama

Pelotas
Rio Grande do Sul - Brasil
2014

JULIANA SIMÕES NOBRE GAMA

**ADUBAÇÃO SILICATADA NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES
E FIBRAS DE ALGODÃO (*Gossypium hirsutum* L.)**

Tese apresentada à Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Doutora em Ciências.

Comitê de orientação:

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros (UFPEL-RS)

Co-orientador: Dr. Geri Eduardo Meneghello (UFPEL-RS)

Co-orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (UFC-CE)

Pelotas
Rio Grande do Sul - Brasil
2014

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

G111a Gama, Juliana Simões Nobre

Adubação silicatada na produção e qualidade de sementes e fibras de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) / Juliana Simões Nobre Gama ; Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros , orientador ; Geri Eduardo Meneghello , Claudivan Feitosa de Lacerda , coorientadores. — Pelotas, 2014.

101 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. Silicato de alumínio. 2. Qualidade fisiológica. 3. Recobrimento de sementes. 4. Fibermax 910. I. , Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros, orient. II. , Geri Eduardo Meneghello, coorient. III. , Claudivan Feitosa de Lacerda, coorient. IV. Título.

CDD : 633.51

JULIANA SIMÕES NOBRE GAMA

**ADUBAÇÃO SILICATADA NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES
E FIBRAS DE ALGODÃO (*Gossypium hirsutum* L.)**

Tese apresentada à Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do título de Doutora em Ciências.

Aprovada em 08 de maio de 2014.

Banca Examinadora:

Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros - (Orientador)

Dr. Géri Eduardo Meneguello (FAEM/UFPeI)

Dra. Lílian Vanussa Madruga de Tunes (FAEM/UFPeI)

Dr. Jorge Luiz Martins (FAEM/UFPeI)

Dr. Francisco Marinaldo Fernandes Corlett (IFSUL)

"Nem o que planta é alguma coisa, nem o que rega,
mas Deus, que dá o crescimento" **I Co 3:7**

*Dedico esta tese ao meu esposo Lécio Júnior, minha mãe Graça
Simões, meu irmão Allan Max e demais familiares.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu bom Deus por esta vitória, por ter me dado sabedoria e perseverança ao longo dessa trajetória.

A meu esposo Lécio Resende Pereira Júnior, por ter abraçado este doutorado comigo, por seu apoio, amor, cuidado, amizade e companheirismo.

A minha mãe Graça Simões Nobre, meu irmão Allan Max e aos meus tios e primos por toda ajuda, apoio e orações.

Aos meus sogros Lécio Resende e Lúcia Amador por todo apoio.

Aos meus orientadores Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros, Dr. Géri Eduardo Meneguello e Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda, pelas orientações e apoio durante o doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), por ter proporcionado experiências que acrescentaram em minha qualificação profissional e crescimento pessoal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, por meio da concessão da bolsa de estudo.

A Universidade Federal do Ceará (UFC), campus do Pici, por ter disponibilizado toda a infraestrutura necessária para realização da pesquisa.

A Embrapa Algodão, Campina Grande-PB, pela realização das Análises da Fibra.

Aos professores, amigos e funcionários do PPGCTS/UFPel pelos ensinamentos, experiências, amizade e carinho.

A empresa Bayer Cropscience pelo fornecimento das sementes de algodão cv. FM 910.

A todos aqueles que de alguma forma ajudaram para a concretização deste trabalho.

Sumário

Lista de Tabelas	viii
Lista de Figuras	xi
Resumo	xiii
Abstract	xiv
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	4
2.1. Algodoeiro herbáceo	4
2.2. Silício na Agricultura	6
2.3. Silício no solo	7
2.4. Silício na planta	7
2.5. Benefícios do Silício	9
2.6. Referências Bibliográficas	10
3. Capítulo 1. Efeito da aplicação do silício no algodoeiro: parâmetros fisiológicos e agronômicos	15
3.1. Resumo	16
3.2. Abstract	17
3.3. Introdução	18
3.4. Material e métodos	20
3.4.1. Variáveis fisiológicas	22
3.4.2. Variáveis agronômicas	23
3.5. Resultados e discussão	24
3.5.1. Variáveis fisiológicas	25
3.5.2. Variáveis agronômicas	29
3.6. Conclusão	34
3.7. Referências Bibliográficas	35

4. Capítulo 2. Efeito da aplicação do silício nos componentes do rendimento do algodoeiro	40
4.1. Resumo	41
4.2. Abstract	42
4.3. Introdução	43
4.4. Material e métodos	44
4.5. Resultados e discussão	46
4.6. Conclusão	53
4.7. Referências Bibliográficas	54
5. Capítulo 3. Efeito da aplicação do silício no algodoeiro: qualidade da fibra e sementes produzidas	57
5.1. Resumo	58
5.2. Abstract	59
5.3. Introdução	60
5.4. Material e métodos	62
5.4.1. Características da fibra	62
5.4.2. Parâmetros da qualidade fisiológica das sementes produzidas	63
5.5. Resultados e discussão	65
5.5.1. Características da fibra	65
5.5.2. Parâmetros da qualidade fisiológica das sementes produzidas	72
5.6. Conclusão	81
5.7. Considerações gerais	82
5.8. Referências Bibliográficas	83
5.9. Anexo	87

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Tabela 1	Doses de silicato de alumínio aplicadas via solo, foliar e recobrimento de sementes de algodão cultivar FM 910 (2012)	21
Tabela 2	Doses de silicato de alumínio aplicadas via solo e foliar, em plantas de algodoeiro cultivar FM 910 (2013)	21
Tabela 3	Análise de variância referente ao teor de clorofila em plantas de algodão cultivadas sob aplicação de Si.....	26
Tabela 4	Análise de variância referente à taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s) e concentração interna de CO_2 (C_i) em plantas de algodão cultivadas sob aplicação de Si	28
Tabela 5	Análise de variância referente às variáveis: altura de planta (cm), diâmetro do caule (mm), número de folhas por planta (NF), área foliar cm^2 (AF) e índice de área foliar (IAF) de algodoeiro em função de doses de Si (2012)	30
Tabela 6	Análise de variância referente às variáveis: altura de planta (cm), diâmetro do caule (mm), número de folhas por planta (NF), área foliar cm^2 (AF) e índice de área foliar (IAF) de algodoeiro em função de doses de Si (2013)	31
Tabela 7	Análise de variância referente às variáveis: taxa de crescimento absoluto do caule (TCAC), taxa de crescimento relativo da altura do caule (TCRAC), taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCADC) e taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCRDC).....	33

Capítulo 2

Tabela 1	Análise de variância referente ao efeito da aplicação do silicato de alumínio via recobrimento de sementes nos componentes do rendimento: número de capulhos/planta (NC/P), número de sementes/capulho (NS/C), número de sementes/planta (NS/P), peso do capulho (PC), porcentagem de fibras/capulho (%F/C), porcentagem de sementes/capulho (%S/C), peso de fibras/capulho (PF/C), peso de sementes/capulho (PS/C) e produção do algodão por planta	47
Tabela 2	Análise de variância referente ao efeito da aplicação do silicato de alumínio via foliar nos componentes do rendimento: número de capulhos/planta (NC/P), número de sementes/capulho (NS/C), número de sementes/planta (NS/P), peso do capulho (PC), porcentagem de fibras/capulho (%FI/C), porcentagem de sementes/capulho (%S/C), peso de fibras/capulho (PFI/C), peso de sementes/capulho (PS/C) e produção do algodão por planta, nos dois anos de cultivo	48
Tabela 3	Análise de variância referente ao efeito da aplicação do silicato de alumínio no solo nos componentes do rendimento: número de capulhos/planta (NC/P), número de sementes/capulho (NS/C), número de sementes/planta (NS/P), peso do capulho (PC), porcentagem de fibras/capulho (%FI/C), porcentagem de sementes/capulho (%S/C), peso de fibras/capulho (PFI/C), peso de sementes/capulho (PS/C) e produção do algodão por planta, nos dois anos de cultivo	52

Capítulo 3

Tabela 1	Intervalos médios de comprimento de fibra (UHM), índice de uniformidade do comprimento da fibra (UNF), resistência (STR), micronaire (MIC), grau de reflexão das fibras (Rd) para cultivar de algodão FM 910	65
Tabela 2	Análise de variância referente às características da fibra de algodão em função da aplicação de Si via semente	66
Tabela 3	Análise de variância referente às características da fibra de algodão em função da aplicação foliar de Si	67
Tabela 4	Análise de variância referente às características da fibra de algodão em função da aplicação de Si no solo	70
Tabela 5	Análise de variância referente à primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), comprimento de raiz (CRA), comprimento da parte aérea (CPA), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (TF), emergência a campo (EC) e peso de mil sementes (PMS) de algodão produzidas de plantas originadas de sementes tratadas com doses de silício	72
Tabela 6	Análise de variância referente à primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), comprimento de raiz (CRA), comprimento da parte aérea (CPA), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (TF), emergência a campo (EC) e peso de mil sementes (PMS) de algodão produzidas de plantas tratadas com aplicação foliar do Si	77
Tabela 7	Análise de variância referente à primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), comprimento de raiz (CRA), comprimento da parte aérea (CPA), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (TF), emergência a campo (EC) e peso de mil sementes (PMS) de algodão produzidas de plantas tratadas com aplicação do Si no solo	79

Lista de Figuras

Capítulo 1

Figura 1	Área experimental. Campus do Pici, Fortaleza-CE	20
Figura 2	Dados meteorológicos ocorridos durante os dois anos de cultivo do algodão FM 910 em Fortaleza-CE	25
Figura 3	Índice de clorofila em função de doses de Si aplicado via foliar em 2012	26
Figura 4	Índice de clorofila em função de doses de Si aplicado via Solo em 2013	27
Figura 5	Diâmetro do caule de plantas de algodoeiro em função de doses de silício aplicado via foliar	32

Capítulo 2

Figura 1	Número de capulhos por planta de algodão, em função de doses de silício aplicado via foliar	49
Figura 2	Número de sementes por planta de algodão, em função de doses de silício aplicado via foliar	50
Figura 3	Número de sementes por capulho de algodoeiro em função de doses de silício aplicado via foliar	51

Capítulo 3

Figura 1	Reflectância da fibra do algodão em função de doses de silício aplicado via recobrimento de semente	66
Figura 2	Índice de fibras curtas do algodão em função de doses de silício aplicado via foliar	68

Figura 3	Grau de amarelamento das fibras de algodão em função de doses de silício aplicado via foliar	69
Figura 4	Índice micronaire de fibras de algodão em função de doses de silício aplicado via solo	71
Figura 5	Primeira contagem de germinação de sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via recobrimento de sementes	73
Figura 6	Comprimento de raiz (CRA) e parte aérea (CPA) de plântulas de algodão em função de doses de silício aplicado via recobrimento de sementes	74
Figura 7	Envelhecimento acelerado de sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via recobrimento de sementes	74
Figura 8	Teste de frio em sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via recobrimento de sementes	75
Figura 9	Peso de mil sementes de algodão produzidas de plantas em função do recobrimento de sementes com doses de silício	76
Figura 10	Teste de frio em sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via foliar, nos dois anos de cultivo.....	78
Figura 11	Peso de mil sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via foliar	78
Figura 12	Comprimento de raiz (CRA) e parte aérea (CPA) de plântulas de algodão em função de doses de silício aplicado via solo.....	80
Figura 13	Peso de mil sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via solo	81

Resumo

GAMA, Juliana Simões Nobre. **Adubação silicatada na produção e qualidade de sementes e fibras de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros. 2014. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

Esta pesquisa teve a finalidade de avaliar o efeito do silício no algodoeiro, por meio das variáveis agrônômicas, fisiológicas, rendimento e qualidade da fibra e sementes produzidas. Os experimentos foram realizados em 2012 e 2013. No primeiro ano de cultivo, avaliaram-se cinco doses de Si: 0, 1000, 2000, 3000 e 4000 Kg de Si ha⁻¹, aplicadas via solo; 0, 45, 60, 135 e 180 Kg de Si ha⁻¹, via foliar; e 0, 100, 200, 300 e 400 g Kg de sementes⁻¹, aplicadas via recobrimento de sementes. No segundo ano, avaliaram-se cinco doses: 0, 45, 60, 135 e 180 Kg de Si ha⁻¹ e 0, 2000, 4000, 6000 e 8000 Kg de Si ha⁻¹, aplicadas via foliar e solo, respectivamente. A fonte de silício utilizada foi o silicato de alumínio. As avaliações foram realizadas aos 25, 50, 75 e 100 dias após a emergência (DAE). Os resultados obtidos dos experimentos permitem concluir que, o silicato de alumínio aplicado via recobrimento de sementes, não interfere nas características fisiológicas do algodoeiro. Porém, quando aplicado via foliar e no solo, aumenta o índice de clorofila e reduz o diâmetro do caule de plantas de algodão. Em relação ao rendimento, o número de sementes por capulho e o número de capulhos e sementes por planta, foram afetados, negativamente, com o aumento das doses de Si aplicadas via foliar. As doses de silício melhoram algumas características físicas da fibra como a reflectância, índice de fibras curtas, grau de amarelamento e índice micronaire. Em relação à qualidade das sementes produzidas, aumenta o comprimento da raiz e parte aérea de plântulas, influencia positivamente o peso de mil sementes, via recobrimento de sementes e solo, podendo incrementar a produtividade.

Palavras-chave: Silicato de alumínio, qualidade fisiológica, recobrimento de sementes.

Abstract

GAMA, Juliana Simões Nobre. **Adubação silicatada na produção e qualidade de sementes e fibras de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Souza Albuquerque Barros. 2014. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

This research aimed to evaluate the effect of silicon on cotton, through variables agronomic, physiological, yield and fiber quality and seeds produced. The experiments were conducted in 2012 and 2013. In the first year of cultivation, were evaluated five levels of Si: 0, 1000, 2000, 3000 and 4000 kg Si ha⁻¹, applied to soil, 0, 45, 60, 135 and 180 kg Si ha⁻¹ foliar, and 0, 100, 200, 300 and 400 g kg seed⁻¹, applied through seed coating. In the second year, were evaluated five levels: 0, 45, 60, 135 and 180 kg Si ha⁻¹ and 0, 2000, 4000, 6000 and 8000 kg Si ha⁻¹, applied via foliar and soil, respectively. The silicon source used is aluminum silicate. Evaluations were performed at 25, 50, 75 and 100 days from emergence (DAE). The results of the experiments allow to conclude that aluminum silicate applied by seed coating does not interfere in the physiological characteristics of cotton. However, when applied by foliar and soil, increases the chlorophyll index and reduces the diameter of the stem of cotton plants. In relation to yield, the number of seeds per fruit and number of fruit and seeds per plant were negatively affected with the increase of Si foliar applied. The silicon improves some physical characteristics of the fiber such as reflectance, short fiber index, degree of yellowing and micronaire index. Regarding the quality of seeds produced, increases the length of roots and shoots of seedlings, positively influences the weight of a thousand seeds by seed coating and soil and can increase productivity.

Keywords: aluminum silicate, physiological quality, seed coating.

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. raça Latifolium Hutch.), dicotiledônea de elevada importância econômica e social, é cultivada em mais de 100 países do mundo e sua fibra veste quase metade da humanidade. É a única espécie domesticada, tida em termos econômicos como trina, por produzir fibra, seu principal produto, óleo que serve para alimentação humana e para produção de energia (biodiesel) (BELTRÃO e AZEVEDO, 2008).

A cultura do algodão apresenta um importante papel na economia brasileira, ocupando um lugar de destaque na cadeia de agronegócios do país (BARROS e SANTOS, 2001; NEHMI et al., 2004), o qual figura entre os cinco principais produtores mundiais de algodão e entre os três maiores exportadores do mundo, estando a sua produção concentrada na região do Cerrado (SANTOS et al., 2008).

Segundo a CONAB (2013) a previsão para a área cultivada na safra 2013/2014 é de aproximadamente 1.074,2 milhão de hectares e produtividade de 3.855 kg ha⁻¹ de algodão em caroço (fibra + sementes). De acordo com o estudo de projeções do agronegócio 2010/2011 a 2020/2021 realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA – Assessoria de Gestão Estratégica, 2010), o algodão em pluma terá um aumento de 4,3% na produção e 5,3% nas exportações.

Sendo notória a importância da cultura do algodão no cenário mundial, faz-se necessário a busca por meios que venham a maximizar seu rendimento. Nos últimos anos, o silício tem despertado a atenção e o interesse de pesquisadores em todo mundo. Atualmente, pesquisas realizadas com o silício têm relatado efeitos benéficos em algumas culturas de importância econômica, a exemplo do arroz, cana-de-açúcar, milho, gramíneas forrageiras, dentre outras. Apesar de não ser considerado um elemento essencial, a absorção e acumulação do silício pelas plantas trazem inúmeros benefícios (KORNDÖRFER; PEREIRA; CAMARGO, 2002).

Dentre os benefícios proporcionados pelo silício, pode-se destacar ainda, o aumento da absorção de cálcio e magnésio, aumento da resistência da parede celular e regulação da evapotranspiração, estímulo à produção de fitoalexinas (fenóis), aumento da taxa fotossintética, além de melhorar a

arquitetura foliar, a redistribuição do manganês na planta e proporcionar redução na preferência alimentar de insetos e incidência de doenças, principalmente fúngicas (GOUSSAIN et al., 2002; BASAGLI et al., 2003). O silício favorece também na translocação de carbono para as sementes, aumenta a eficiência de uso da água, com diminuição da transpiração e passagem mais rápida da fase vegetativa para a reprodutiva (ZUCCARINI, 2008).

O aumento da capacidade fotossintética das plantas pode estar relacionado à presença deste elemento no sistema, proporcionando melhor arranjo das folhas, tornando-as mais eretas e mais resistentes a possíveis danos. Além disso, é notável a redução na evapotranspiração das folhas, melhorando o aproveitamento da água disponível no solo (AGARIE et al., 1998). 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'.

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 e 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). Além disso, a adubação foliar pode reduzir o tempo de retardamento entre a aplicação e a absorção pela planta, o que poderia ser importante durante uma fase de rápido crescimento.

O recobrimento de sementes é uma tecnologia altamente eficiente na proteção das sementes, pois melhora a fixação de agroquímicos usados no tratamento de sementes e possibilita a adição de diversos outros produtos, como macronutrientes, hormônios e, em alguns casos, produtos em pó e micronutrientes como o silício (BAUDET e PERES, 2004).

Para Copeland e McDonald (2001), a nutrição das plantas é um dos fatores que podem influenciar o vigor das sementes. Estudos realizados por

Lima et al. (2009), mostraram que o aporte de silício via foliar com silicato de alumínio (caulim) aumentou a germinação de sementes de cevada (*Hordeum vulgare* L.) sendo significativo a partir da dose de 600 kg.ha⁻¹ em relação à testemunha.

Assim, acredita-se que o silício representa uma alternativa interessante, com grande potencial para ser utilizado na melhoria da produção agrícola brasileira. No entanto, a maioria dos resultados obtidos até o momento, é oriunda de outros países e em condições muito diferentes das encontradas no Brasil. Isto permite inferir que há um vasto campo a ser explorado, com trabalhos que visem melhorar o entendimento do papel e da importância do silício na agricultura (FARIAS, 2012).

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito da adubação silicatada na cultura do algodoeiro herbáceo, sobre suas características fisiológicas, agronômicas, no rendimento e qualidade da fibra e sementes produzidas, por meio da aplicação via solo, foliar e recobrimento de sementes, utilizando como fonte de Si, o silicato de alumínio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Algodoeiro herbáceo

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. raça *Latifolium* Hutch.) é uma malvácea originária do México e da América Central (CARVALHO et al., 2000) que se destaca dentre as dez principais culturas mundialmente domesticadas pelo homem.

O algodoeiro apresenta hábito de crescimento indeterminado, apresentando dois tipos de ramos, vegetativo e reprodutivo. Na base da folha da haste principal existem duas, ou excepcionalmente, três gemas, uma das quais, chamada primeira axilar, é responsável pela origem dos ramos vegetativos ou reprodutivos; a segunda gema, chamada segunda axilar, geralmente se encontra dormente, exceto na ocorrência de problemas para o crescimento da primeira axilar, podendo originar um ramo; a terceira gema não é muito comum (MAUNEY, 1984).

O crescimento dos ramos vegetativos é do tipo monopodial, cuja gema apical continua a produzir folha indefinidamente, até que, por alguma razão, venha a parar seu crescimento. O crescimento dos ramos frutíferos é do tipo simpodial, e sua gema apical, depois de produzir o perfilo, o entrenó e a folha verdadeira, terminam em uma flor. Sendo que a quantidade de flores formadas é muito maior, comparando-se com o número de capulhos produzidos, onde muitos fatores podem influenciar, desde problemas ocorridos na fecundação, a competição por assimilados, as condições edafoclimáticas, ataques de pragas e doenças (BORGES, 2002).

Após o estabelecimento dos cotilédones a planta torna-se autotrófica, entre 6 e 8 dias após a emergência surge a primeira folha, não lobada, e a segunda, três dias depois. Seu crescimento é mais rápido até os 60 dias; a partir dos 70 dias, torna-se lento e, dependendo do comportamento genético do genótipo, a primeira flor surge entre 45 e 55 dias e, nesta fase, grande parte dos assimilados utilizados no crescimento vegetativo, é transportada para o uso nos órgãos florais, que são drenos altamente competitivos (SOUZA e SILVA, 1992).

Geralmente, apresenta nectários na face inferior das folhas e na base das flores, além de glândulas produtoras de gossipol, uma substância tóxica a certos insetos e animais não ruminantes. Suas sementes são cobertas por dois tipos de células diferenciadas, as fibras longas e fiáveis e as fibras curtas ou “línter”, que proporcionam grande valor comercial à cultura (PENNA, 1999).

Planta de elevada complexidade morfofisiológica, o algodoeiro apresenta metabolismo fotossintético C3, pouco eficiente na síntese de assimilados e ao longo do crescimento, seus órgãos vegetativos competem com os órgãos reprodutivos pelos fotoassimilados (BELTRÃO et al., 2008). Segundo Carvalho et al. (2008), não é uma planta esgotante do solo, pois a quantidade de nutrientes retirada da lavoura pela fibra e pelas sementes é relativamente pequena, se comparada ao que é extraído por outras culturas de importância econômica.

A principal produção do algodoeiro é o fruto e sua massa é composta pelas sementes (52%), fibras (40%) e demais estruturas botânicas (8%). As sementes contêm aproximadamente 15% de óleo, 3% de fibras, 40% de proteínas e 42% de tegumentos. As fibras, estruturas compostas por camadas de celulose, são o principal produto econômico do algodoeiro (BELTRÃO, 1999).

A fibra desenvolve-se na epiderme, na parede mais externa da semente, tudo isso a partir da fecundação da flor. Cada fibra é formada de uma célula simples dessa epiderme que, de início, alonga-se até seu máximo crescimento, cerca de 0,001 m por dia, até atingir o tamanho final, o qual é em função da cultivar e das condições edafoclimáticas. Em cada semente, há milhares de fibras, variando o seu número de acordo com a espécie. Para *Gossypium hirsutum*, chegou-se a determinar de 7000 a 15000 fibras individuais em uma única semente (CORREA, 1965).

Nos últimos anos, o cultivo brasileiro do algodão passou de pequenas áreas, com intensa utilização de mão de obra, para grandes áreas, planas e mecanizáveis no Centro-Oeste e na Bahia, e, mais recentemente, no Norte do país (BELTRÃO et al., 2011).

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 Japão, 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 e OLIVEIRA, 2010).

É importante ressaltar que, por meio do decreto nº 4954, aprovado pela Presidência da República 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 e BOHNEN, 2011).

Em se tratando de silício para utilização na agricultura, diversos materiais têm sido empregados como fonte deste elemento, dentre os quais se destacam as escórias de siderurgia, a wollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar, o silicato de cálcio, o silicato de sódio, o cimento, o termofosfato, o silicato de magnésio (serpentinó) e o silicato de potássio (KORNDÖRFER e OLIVEIRA, 2010).

O silicato de alumínio (caulim) tem muitas aplicações industriais e novos usos estão constantemente sendo pesquisados e desenvolvidos, dentre eles como fertilizante, ainda em menor escala. A caulinita é o principal constituinte do caulim, quimicamente é um silicato de alumínio hidratado, que normalmente se encontra associada a outros minerais sob a forma de impurezas, de modo geral, quartzo, mica, feldspato, óxidos de ferro e titânio. É formada pelo empilhamento regular de camadas 1:1, isto é, cada camada é constituída de uma folha de tetraedros SiO_4 e uma folha de octaedros de $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ ligadas entre si por oxigênios comuns, dando uma estrutura fortemente polar. A fórmula estrutural da cela unitária da caulinita é $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ (PAZ; ANGELICA; NEVES, 2010).

2.3. Silício no solo

No solo, o silício pode aparecer na fase sólida (formas amorfas e formas cristalinas) e na fase líquida (ácido monossilícico, ácido polissilícico, complexos com compostos orgânicos, compostos organossilícicos) e quanto maior o teor de argila na sua composição, maior o teor de Si disponível (KORNDÖRFER, 2007).

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 (LIMA FILHO; SILVA; TSAI, 2005).

As principais formas de silício presentes no solo são: a) silício solúvel (H_4SiO_4), que é desprovido de carga elétrica; b) silício adsorvido ou precipitado com óxidos de ferro e alumínio e c) os minerais silicatados (cristalinos ou amorfos). Além do pH, a temperatura, o tamanho das partículas, a composição química e a presença de rachaduras (rupturas) na sua estrutura, influenciam a solubilidade destes minerais. Alguns fatores do solo também influenciam na dissolução desses minerais, tais como: matéria orgânica, umidade, potencial de óxido-redução e quantidade de sesquióxidos (RAIJ e CAMARGO, 1973).

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, 2010).

2.4. Silício na planta

O processo de absorção do ácido monossilícico (H_4SiO_4), disponível na solução do solo, 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 e YAMAJI, 2008; MITANI; YAMAJI; MA, 2009; CHIBA et

al., 2009) científicaram absorção ativa por proteínas de membranas específicas, codificadas por genes específicos para este fim.

O Si se acumula, principalmente, na parte aérea, junto à cutícula, como ácido silícico polimerizado (KORNDÖRFER, 2007), é depositado como sílica amorfa hidratada, principalmente no retículo endoplasmático, em espaços intercelulares e paredes celulares (TAIZ e ZEIGER, 2004). Acredita-se que seu transporte dê-se, principalmente, através do movimento ascendente da água no interior da planta (JONES e HANDRECK, 1965).

A redistribuição do silício tem sido estudada em diferentes partes e posições das folhas e os resultados obtidos, indicaram baixa mobilidade deste elemento em plantas de arroz e cana-de-açúcar e imobilidade em pepino (SAMUELS et al., 1991).

Alguns estudos citam que as plantas podem diferir quanto à capacidade de absorver Si (GUTIERREZ, 2008). De acordo com Epstein (1999), as plantas podem acumular silício de 1 a 100 g Kg⁻¹. Atualmente, consideram-se plantas acumuladoras de Si aquelas com teores superiores a 1 g kg⁻¹ de Si na massa seca, como arroz, milho e cana-de-açúcar; plantas intermediárias com teores entre 0,5 a 1 g kg⁻¹ de Si, como a soja e cucurbitáceas e plantas não acumuladoras com concentração de Si inferior a 0,5 g kg⁻¹ (MA; MIYAKE; TAKAHASHI, 2001).

As plantas também podem ser classificadas de acordo com a relação molar silício/cálcio encontrada nos tecidos, podendo ser consideradas acumuladoras de silício (Si/Ca > 1), intermediárias (0,5 > Si/Ca > 1) e não acumuladoras (Si/Ca < 0,5) (MIYAKE e TAKAHASHI, 1983; MA; MIYAKE; TAKAHASHI, 2001). Cabe a observância de que, as dicotiledôneas, possuem menor concentração de Si no organismo, em comparação com as monocotiledôneas (PILON-SMITS et al., 2009).

Ainda não se constatou efeito tóxico do silício para as plantas, não havendo limites para a aplicação deste insumo. O limite acontece, considerando o efeito corretivo dos silicatos, quando a dose de silicatos provocar aumento de pH e de saturação por bases acima dos valores desejados. Neste caso, pode acontecer desequilíbrio nutricional, principalmente, de micronutrientes (cobre, ferro, zinco e manganês) e de

fósforo, devido aos processos de insolubilização destes (KORNDÖFER; PEREIRA; CAMARGO, 2002).

2.5. Benefícios do Silício

Mais de 60 elementos podem ser encontrados nas plantas e são classificados nas categorias de essenciais, benéficos ou tóxicos, conforme o efeito que causam no desenvolvimento do vegetal. Apesar das recentes indagações sobre o seu papel nas plantas, o Si continua sendo considerado apenas como um elemento benéfico, por induzir efeitos positivos, principalmente, quando a planta encontra-se sob situação de estresse (KORNDÖRFER; ABDALLA; BUENO, 2001).

Além da adubação convencional, a aplicação foliar de silício utilizando silicatos solúveis, como o silicato de potássio, tem levado a resultados promissores e resultados benéficos em soja (CRUSCIOL et al., 2013), milho (RODRIGUES; RODRIGUES; FIGUEIREDO, 2007a), batata (RODRIGUES; RODRIGUES; FIGUEIREDO, 2007b) e café (MERRIGHI; FERNANDES, FIGUEIREDO, 2007). Os efeitos benéficos do silicato de potássio são atribuídos ao efeito conjunto de silício e do potássio na nutrição e na produção das plantas.

Inúmeros benefícios do Si foram relatados por Shi et al. (2001), dentre eles: aumenta a resistência a pragas e doenças; aumenta o crescimento e a produtividade; aumenta a força mecânica do colmo e a resistência ao acamamento; favorece a penetração da luz no dossel da planta por manter as folhas mais eretas, promovendo assim a fotossíntese; aumenta a atividade radicular; reduz a lixiviação de N, P, K de áreas cultivadas; neutraliza o alumínio tóxico do solo, bem como diminui a toxidez causada pelo manganês e outros metais pesados; diminui a transpiração excessiva; promove a formação de nódulos em leguminosas; aumenta a proteção contra temperaturas extremas e ao estresse salino; aumenta a massa individual de sementes e a fertilidade dos grãos de pólen; aumenta produção de carboidratos e açúcares.

2.6. Referências Bibliográficas

AGARIE, S.; HANAOKA, N.; UENO, O; MIYAZAKI, A.; KUBOTA, F.; AGATA, W; KAUFMAN, P. B. Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza sativa* L.), monitored by electrolyte leakage. **Plant Production Science**, v. 1, n. 1, p. 96-103, 1998.

BARROS, M. A. L; SANTOS, R. F. Conjuntura do algodão no Brasil e no mundo, no ano agrícola 2000/2001. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001, Campo Grande. **Anais...** Embrapa Algodão, 2001. v. 1, p. 65 – 66.

BASAGLI, M. A. B.; MORAES, J. C.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. R. Efeito da aplicação de silicato de sódio na resistência de plantas de trigo ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 3, p. 659-663, 2003.

BAUDET, L.; PERES, W. B. Recobrimento de sementes. In: **Seed News**, Pelotas, RS. v. 4, n. 1, p. 20-23, 2004.

BELTRÃO, N. E. M. (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa – CTT/EMBRAPA-CNPA. 1999. v. 2, 551p.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; ALBUQUERQUE, W. G. Ecofisiologia do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D.M. P. (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2. ed. v. 1. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 61-110.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; SOUSA JÚNIOR, S. P.; BRITO, G. G.; CARDOSO, G. D. Ecofisiologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) In: BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. (Ed.). **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 65-123.

BORGES, P. F. **Crescimento, desenvolvimento e balanço de radiação do algodoeiro herbáceo BRS 201 em condições irrigadas**. Dissertação, Universidade Federal de Campina Grande-PB, 2002, 87f.

CARVALHO, L. P.; COSTA, J. N.; FREIRE, E. C.; FARIAS, F. J. C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de algodoeiro originários de materiais silvestres. **Revista Ceres**, v. 47, n. 271, p. 303-310, 2000.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, O. S.; SILVA, O. R. R. F.; MEDEIROS, J. C. Nutrição, calagem e adubação. In: BELTRÃO, N. E. M.;

AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2. ed. v. 2. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 677-789.

CHIBA, Y.; MITANI, M.; YAMAJI, M.; MA, J. F. H₂SiO₄ is a silicon influx transporter in barley. **Plant Journal**. v. 57, p. 810-818, 2009.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, 5º levantamento, fevereiro de 2013. Brasília: CONAB, 2013.

COPELAND, L. O.; MECDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 4.ed. Chapman e Hall, New York, p. 467, 2001.

CORREA, F. A. A fibra e os subprodutos. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA. **Cultura e adubação do algodoeiro**. São Paulo, 1965. p. 509-540.
CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; CASRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 404-410, 2013.

EPSTEIN, E. **Silicon**. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v. 50, p. 641-664. 1999.

FARIAS, A. T. V. **Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em função de doses de silício e ácido salicílico**. Dissertação, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2012. 63 f.

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.

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.

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. Efeito da Aplicação de Silício em plantas de milho no desenvolvimento diológico da lagarta-do-dartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 2, p. 305-310, 2002.

GUTIERREZ, R. S. **Crescimento e acúmulo de fósforo e silício em plantas de milho em função da adubação fosfatada e silicatada**. Dissertação, Universidade Federal da Grande Dourados-MS (UFGD), 2008. 51f.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Studies of silica in the oat plant. III. Uptake of silica from soils by plant. **Plant Soil**, v. 23, p. 79-95, 1965.

LIMA FILHO, O. F. Aspectos Gerais sobre o Silício em Solos, Plantas e Animais. In: RODRIGUES, F. A. (Ed.). **Silício na Agricultura: Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura**. UFV. 2010. 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, D. B. A.; BARROS, A. C. S. A.; SILVA, J. I., STOHLIRCK, J; BIN, F.; CICHELERO, T. Silicato de alumínio (caulim) na germinação de sementes de cevada (*Hordeum vulgare* L.) **Anais do XVIII CIC, XI ENPOS** e I Mostra Científica. 2009.

LIMA, M. A.; CASTRO, V. F.; 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.

KORNDÖRFER, C. M.; ABDALLA, A. L.; BUENO, I. C. S. O silício e as gramíneas no cerrado. **Veterinária Notícias**, v. 7, n. 2, 20p., 2001.

KORNDÖRFER, G. H. Uso de Silício na Agricultura. **Informações Agronômicas**. n. 117. p. 9-11, 2007.

KORNDÖRFER, G. H.; OLIVEIRA, L. A. Uso de Silício em culturas Comerciais. In: RODRIGUES, F. A. (Ed.). **Silício na Agricultura: Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura**. Viçosa, MG: UFV. 2010. p. 03-26.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura**. Boletim Técnico n.1 – 2. ed. Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Ciências Agrárias – Uberlândia, MG, 2002.

MA, J. F. MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. **Silicon as a beneficial element for crop plants**. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. Silicon in Agriculture. Amsterdam: Elsevier, 2001, p.17-39.

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

MAUNEY, J. R. Anatomy and morphology of cultivated cottons. In: KOHEL, R. J. LEWIS, C. F. Cotton. Madison, Winconsin: **American Society of Agronomy**, 1984, p. 58-80.

MERRIGHI, A. L. N.; FERNANDES, A. L. T.; FIGUEIREDO, F. C. Novas pesquisas reforçam os efeitos do silício líquido solúvel aplicado via foliar em cafeeiros. **Revista Campo e Negócios**, ano 4, n. 56, p. 25-27. 2007.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of cucumber plant in soil culture. **Soil Science. Plant Nutr.**, v. 29, p. 463-471, 1983.

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

NEHMI, I. M. D; FERRAZ, J. V; NEHMI FILHO, V. A; SILVA, M. L. M. **Agriannual 2005**. São Paulo: Oeste Gráfica, 2004. 545p.

PAZ, S. P.; ANGELICA, S. R.; NEVES, R. F. Síntese hidrotermal de sodalita básica a partir de um rejeito de caulim termicamente ativado. **Quim. Nova**. v. 33, p. 579-583, 2010.

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.

PENNA, J. C. V. **Melhoramento do algodão**. In: BORÉM, A. (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa:UFV, 1999, p. 15-50.

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.

RAIJ, B. V; CAMARGO, O. A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, v. 32, p. 223-231, 1973.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Aumento de qualidade e produção com aplicação de silício solúvel. **Revista Campo e Negócios HF**, Uberlândia, Ano 2, n. 24, p. 34-40. 2007a.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Aplicação de Silício Líquido Solúvel via Foliar em Batata: Aumento de 5 toneladas/ha de batata extra. **Revista Campo e Negócios HF**, Ano 1, n. 10, p. 66-70. 2007b.

SAMUELS, A. L.; GLASS, A. D. M.; EHRET, D. L.; MENZIES, J. G. Distribution of silicon in cucumber leaves during infection by powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fuliginea*). **Canadian Journal of Botany**, v. 69, n. 1, p. 140-146, 1991.

SANTOS, R. F.; KOURI, J.; SANTOS, J. W. O agronegócio do algodão. In: BELTRÃO, N. E.M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. 2. ed. v. 1 Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 31-60.

SHI, Z. J.; PAN, Q. G.; ZHOU, Q.; XIE, Y. C.; MENG, K. T. A study on the application of silicon fertilizer to cotton. **China Cotton**, v. 28, n. 7, p. 17-18, 2001.

SOUZA, J. G.; SILVA, J. V. Relações entre a fenologia, fotossíntese e respiração no algodão selecionado quanto ao alto e baixo teor de amido das raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 743-749, 1992.

TAKAHASHI, E.; KANAREUGSA, C.; SOMBOONDUMRONGKUL, J.; PRASITTIKHET, J. **The effect of silicon, magnesium and zinc on the yield of rice**. In: SYMPOSIUM ON PADDY SOILS, Nanjing, China, 1980. p. 82-83.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

ZUCCARINI, P. Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of (*Phaseolus vulgaris*) under NaCl stress. **Biologia Plantarum**, v. 52, n. 1, p. 157-160, 2008.

3. CAPÍTULO 1

ADUBAÇÃO SILICATADA NO ALGODOEIRO: PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS

3.1. Resumo

Esta pesquisa teve o objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de silicato de alumínio aplicado via solo, foliar e via recobrimento de sementes, sobre as características fisiológicas e agronômicas do algodoeiro. Os experimentos foram realizados em dois anos 2012/2013. No primeiro ano, foram avaliadas cinco doses: 0, 100, 200, 300 e 400 g 100 kg sementes⁻¹, via recobrimento de sementes; 0, 45, 90, 135 e 180 kg de Si ha⁻¹ via foliar e 0, 1000, 2000, 3000 e 4000 kg de Si ha⁻¹ via solo. No segundo ano, cinco doses: 0, 45, 90, 135 e 180 kg de Si ha⁻¹ via foliar e 0, 2000, 4000, 6000 e 8000 kg de Si ha⁻¹ via solo. As variáveis fisiológicas: índice de clorofila, fotossíntese, condutância estomática e carbono interno foram analisadas aos 25, 50 e 75 DAE e as variáveis agronômicas: número de folhas por planta, área foliar, índice de área foliar, altura da planta, taxa de crescimento absoluto e relativo da altura do caule, diâmetro caulinar, taxa de crescimento absoluto e relativo do diâmetro caulinar avaliadas aos 25, 50, 75 e 100 DAE. Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados, em arranjo fatorial 5x3 (fisiológicas) e 5x4 (agronômicas). Não houve efeito do Si aplicado via recobrimento de sementes, em nenhuma das variáveis analisadas. No entanto, a aplicação foliar proporcionou efeito significativo na altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, índice de área foliar, taxa de crescimento absoluto da altura do caule e taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar. Para a aplicação do Si via solo, houve efeito na altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar. Assim, conclui-se que, o silicato de alumínio aplicado via foliar e solo, aumenta o índice de clorofila e reduz o diâmetro do caule de plantas de algodão.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, Fibermax 910. Silicato de alumínio.

3.2. Abstract

This study aimed to evaluate the effect of different doses of aluminum silicate, through soil, leaf and seeds, in physiological and agronomic traits in cotton. The experiments were conducted in two years 2012/2013. In the first year, the doses were 0, 100, 200, 300 and 400 g 100 kg seeds⁻¹, seed coating and 0, 1000, 2000, 3000 e 4000 kg de Si ha⁻¹ through soil. In the second year were 0, 45, 90, 135 e 180 kg de Si ha⁻¹ via foliar and 0, 2000, 4000, 6000 e 8000 kg de Si ha⁻¹ through soil. Were analyzed at 25, 50, 75 and 100 DAE physiological variables: chlorophyll index, photosynthesis, stomatal conductance and internal carbon; and agronomic variables: number of leaves per plant, leaf area, leaf area index, plant height, rate of absolute and relative growth of stem height, and rate of absolute and relative growth of stem diameter, measured at 25, 50, 75 and 100 DAE. The experiments were conducted in a randomized block in factorial arrangement 5x3 (physiological) and 5x4 (agronomic). There wasn't effect of Si applied via seed coating, in any of the variables. However, foliar application provided a significant effect on plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, leaf area index, rate of absolute growth of the stem height and rate of relative growth of stem diameter. The application via soil Si was no effect on plant height, stem diameter, number of leaves and leaf area. Concluded, that aluminum silicate soil and foliar applications, increases the chlorophyll index and reduces the diameter of the stem of cotton plant.

Keywords: *Gossypium hirsutum*, Fibermax 910, aluminum silicate.

3.3. Introdução

No Brasil, a cultura do algodão herbáceo (*Gossypum hirsutum* L.) é uma das mais importantes atividades agrícolas. No entanto, o sucesso na produção não depende apenas da cultivar utilizada, mas também, do uso eficiente da adubação, associado à correta racionalização de todo o processo produtivo, estes fatores, são essenciais para obtenção de altas produtividades e viabilização dos sistemas de produção (FERREIRA e CARVALHO, 2013).

Visando melhorias na produção de culturas agrícolas, vários trabalhos tem demonstrado um crescente interesse pela adubação silicatada no Brasil, (MAUAD et al., 2003; PEREIRA et al., 2003; LIMA FILHO e TSAI, 2007), principalmente, pela disponibilidade de fontes comerciais. Por ser considerado um elemento agronomicamente benéfico, o Si contribui para o crescimento e a produção de diversas maneiras: melhorando condições físicas, físico-químicas e químicas desfavoráveis, contribuindo diretamente para a nutrição da planta (MALAVOLTA, 2006).

Os efeitos do silício têm sido estudados para muitas monocotiledôneas tais como o arroz (BERNI e PRABHU, 2003; GOMES et al., 2011; MENDONÇA et al., 2013), cana-de-açúcar (MEDEIROS et al., 2008; SANTOS; PEREIRA; KORNDÖFER, 2010), milho (SOUSA et al., 2010; FREITAS et al., 2011), trigo (GONG et al., 2003; MENDONÇA et al., 2013), gramíneas forrageiras (KORNDÖRFER et al., 2010) e para algumas dicotiledôneas como o feijão (MORAES et al., 2006), soja (LIMA et al., 2010), café (AMARAL et al., 2008) e algodão (ALCANTARA; MORAES; ANTONIO, 2010). No entanto, até o momento, é na cultura do arroz que o silício tem sido mais estudado (RODRIGUES et al. 2011); por ser a cultura que se beneficia e também a que mais acumula Si em seus tecidos (MA et al., 2001).

Portanto, as pesquisas envolvendo o crescimento e a fisiologia de plantas, são importantes para subsidiar o desenvolvimento científico e tecnológico, notadamente, objetivando aumentar a eficiência do cultivo, incrementando a produção do algodão. De acordo com Floss (2004), a análise quantitativa do crescimento é o primeiro passo na análise de produção vegetal.

A avaliação das trocas gasosas também 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; RENA; AMARAL, 2006).

Neste contexto, estudar o efeito do Si nas características fisiológicas no algodoeiro é muito importante, uma vez que, o mesmo pode interferir na arquitetura das plantas, favorecendo a fotossíntese, ao proporcionar folhas mais eretas, o que significa maior eficiência fotossintética (PEREIRA; VITTI; KORNDÖRFER, 2003). Além disso, o uso de Si na adubação pode aumentar o índice de clorofila das folhas (KORNDÖRFER; PEREIRA; CAMARGO, 2002), as quais participam de processos na absorção de energia luminosa para posterior conversão dessa energia em ATP (LOCARNO; FOCHI; PAIVA, 2011); e também na redução de perda de água e promoção de maior crescimento (EPSTEIN, 1999).

No monitoramento da dinâmica de crescimento das culturas, a avaliação da condutância estomática constitui-se em uma importante ferramenta (FERRAZ, 2012). Sendo que a mesma regula as trocas gasosas e, portanto, possui relação direta com o processo fotossintético e conseqüente crescimento e desenvolvimento das plantas (PAIVA et al., 2005).

Além da adubação convencional, outras formas de aplicação do Si, como a aplicação foliar de fontes de silício líquido solúvel, também tem sido foco de várias pesquisas devido a sua eficácia, praticidade, uso de menores doses e também como adaptável aos pulverizadores, normalmente utilizados por muitos produtores (FIGUEIREDO et al., 2010). O estudo do Si aplicado via recobrimento ainda é incipiente, principalmente, em relação às doses necessárias para percepção do seu efeito.

Diante do exposto e considerando que as informações sobre os benefícios nutricionais do silício para a cultura do algodão ainda são escassas, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes doses de silicato de alumínio, aplicado via solo, foliar e via recobrimento de semente nas características fisiológicas e agrônômicas do algodoeiro.

3.4. Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos em campo experimental pertencente ao setor de Hidráulica e Mecanização Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, em Fortaleza-CE (3° 45' S; 38° 33'W) (Figura1). Os mesmos foram desenvolvidos nos períodos de maio a setembro de 2012 e de maio a setembro de 2013. Foram utilizados vasos de 12 L, espaçados por 0,60 x 0,60 m, contendo solo (textura areia franca) previamente analisado e, em seguida, misturado com húmus Fértil Vida® na proporção 3:1 (solo:húmus), sendo adubado de acordo com as recomendações técnicas para a cultura, considerando-se para o cálculo da adubação, o volume de solo em 1 hectare a uma profundidade de 20 cm (100 x 100 x 0,2).



Figura 1. Área experimental. Campus do Pici, Fortaleza-CE.

Foram semeadas cinco sementes de algodão cv. Fibermax 910 por vaso, na profundidade de 3 cm. No 15º dia após a emergência (DAE) foi realizado o primeiro desbaste, permanecendo duas plantas por vaso e aos 20 DAE foi realizado o segundo desbaste, permanecendo apenas a planta com maior crescimento.

A fonte de silício utilizada foi o silicato de alumínio (caulim), que contém 77,9% de SiO₂ e pH 5,5. No primeiro ano de cultivo (2012), foram realizados

três experimentos individuais, avaliando-se diferentes formas de aplicação: via solo, via foliar e recobrimento de sementes e cinco doses de silício (Tabela 1).

No segundo ano de cultivo (2013), com base nos resultados obtidos do primeiro ano, foi feito um ajuste metodológico, onde foram realizados dois experimentos individuais, avaliando-se diferentes formas de aplicação: via solo e foliar e cinco doses de silício. As doses aplicadas via foliar, permaneceram as mesmas do primeiro ano e as doses aplicadas via solo foram dobradas, conforme a Tabela 2.

Tabela 1. Doses de silicato de alumínio aplicadas via solo, foliar e recobrimento de sementes de algodão, cv. Fibermax 910. Fortaleza-CE, 2012.

Tratamentos	Solo (Kg de Si ha ⁻¹)	Foliar (Kg de Si ha ⁻¹)	Semente (g 100 Kg de sementes ⁻¹)
T1	0	0	0
T2	1000	45	100
T3	2000	90	200
T4	3000	135	300
T5	4000	180	400

Tabela 2. Doses de silicato de alumínio aplicadas via solo e foliar, em plantas de algodoeiro, cv. Fibermax 910. Fortaleza-CE, 2013.

Tratamentos	Solo (Kg de Si ha ⁻¹)	Foliar (Kg de Si ha ⁻¹)
T1	0	0
T2	2000	45
T3	4000	90
T4	6000	135
T5	8000	180

Os tratamentos foram aplicados da seguinte forma:

a) via solo – o silicato de alumínio foi aplicado no solo durante a semeadura, a 5 cm de profundidade.

b) via recobrimento de semente – foi realizado através da combinação do silicato de alumínio + fungicida Derosal Plus® (carbendazim + tiram) + polímero

Sepiret[®], por meio do método manual, utilizando-se saco plástico. Para cada dose testada foi realizado tratamento em quatro repetições de 0,1 kg de sementes, com um volume de calda de 1,2 L 100 kg de sementes⁻¹, o qual foi completado com água destilada. Os produtos foram aplicados diretamente no fundo do saco plástico, contendo as sementes, os quais foram agitados até sua distribuição uniforme nas sementes. Em seguida, os sacos plásticos foram abertos, permitindo que as sementes secassem a temperatura ambiente, por um período de 24 horas.

c) via foliar – as diferentes doses de Si foram diluídas, proporcionalmente, ao volume de calda de 200 L ha⁻¹. As doses foram parceladas em três aplicações, aos 20, 40 e 60 DAE, utilizando-se um pulverizador manual costal com capacidade para 5 litros.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental em blocos casualizados. No primeiro ano foram utilizadas cinco doses e cinco repetições, com sete plantas por parcela, totalizando 35 unidades experimentais, em cada experimento; no segundo ano foram utilizadas cinco doses e quatro repetições, com cinco plantas por parcela, totalizando 25 unidades experimentais, por experimento. Os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial 5 doses x 3 períodos de avaliação (variáveis fisiológicas) e 5x4 (variáveis agronômicas). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, quando significativos, analisados por regressão polinomial.

O controle das pragas foi realizado por intervenção química, sendo realizadas aplicações com defensivos comerciais Decis 50[®] e Lannate BR[®] (metilcarbamato de oxima) mediante a necessidade.

3.4.1. Variáveis fisiológicas:

O procedimento para as aferições das variáveis fisiológicas foi realizado adotando-se como critério, a escolha de uma folha sadia, presente no terço superior da planta. Foram selecionadas, aleatoriamente, duas plantas por parcela, totalizando dez plantas avaliadas por dose, por período. As avaliações foram realizadas entre às 9:00 e 11:00 h.

Índice de clorofila – na folha selecionada, foram realizadas três leituras, com auxílio de um clorofilômetro digital (SPAD), obtendo-se uma média, que correspondeu à leitura da planta.

Taxa fotossintética (A), condutância estomática (gs) e concentração interna de carbono (Ci) – as avaliações foram realizadas utilizando-se um analisador de gás infravermelho (IRGA, ADC System).

3.4.2. Variáveis agronômicas:

As avaliações foram realizadas aos 25, 50, 75 e 100 DAE, em três plantas por parcela, totalizando 15 plantas avaliadas por dose, por período.

Número de folhas por planta – foram contadas todas as folhas com tamanho ≥ 2 cm, cuja média aritmética, determinou o número de folhas por planta, por período avaliado.

Área foliar (AF) - a área de uma folha foi determinada medindo-se o comprimento da folha e utilizando-se a equação $\text{Log } y = 0,045 + 1,910 \log x$, onde y é a área foliar e x o comprimento da folha (JÁCOME et al., 2001).

Índice de área foliar (IAF) - foi determinado fazendo-se uma relação entre a área foliar da planta e área do solo ocupado pela planta, através da obtenção da área do vaso, o IAF foi obtido pela equação:

$$\text{IAF} = \text{área foliar média por planta em cm}^2 / \text{área do solo ocupada por cada planta em cm}^2.$$

Altura da planta (AP) – foram realizadas medições entre o nível do solo e a extremidade da haste principal (gema apical) com a utilização de uma fita métrica graduada, cuja média aritmética determinou a altura da planta por período avaliado, com valor expresso em cm.

Taxa de crescimento absoluto da altura do caule (TCAC) – determinada conforme a equação abaixo:

$$\text{TCAC} = \frac{A_2 - A_1}{T_2 - T_1} \text{ (cm/dia)}$$

Onde, A_1 é a medida da altura da planta no tempo T_1 e A_2 é a medida da altura da planta no tempo T_2 , de acordo com Beltrão (1998).

Taxa de crescimento relativo da altura do caule (TCRAC) – determinada conforme a equação abaixo:

$$\text{TCRAC} = \frac{\log A_2 - \log A_1}{T_2 - T_1} \text{ (cm/cm/dia)}$$

Onde, A_1 é a medida da altura da planta no tempo T_1 e A_2 é a medida da altura da planta no tempo T_2 , de acordo com Hozumi et al. (1955).

Diâmetro caulinar – avaliado com um paquímetro digital, tomando-se por referência uma altura de 0,01m do solo, cuja média aritmética determinou o diâmetro do caule por período avaliado, com o valor expresso em mm.

Taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCADC) – foi determinado pela equação:

$$\text{TCAD} = \frac{D_2 - D_1}{T_2 - T_1} \text{ (cm/dia)}$$

Onde, D_1 é a medida do diâmetro do caule no tempo T_1 e D_2 é a medida do diâmetro do caule no tempo T_2 , de acordo com Beltrão (1998).

Taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCRDC) – conforme a equação abaixo:

$$\text{TCRD} = \frac{\log D_2 - \log D_1}{T_2 - T_1} \text{ (cm/cm/dia)}$$

Onde, D_1 é a medida do diâmetro do caule no tempo T_1 e D_2 é a medida do diâmetro do caule no tempo T_2 , de acordo com Beltrão (1998).

3.5. Resultados e discussão

De acordo com os dados meteorológicos ocorridos nos períodos de condução dos experimentos (Figura 2), observa-se que apenas a precipitação pluviométrica (mm) variou entre os dois anos, de forma mais expressiva, principalmente, entre os meses de junho a setembro. No entanto, os outros parâmetros como a umidade relativa do ar (UR%) e as temperaturas máxima e mínima (°C), apresentaram comportamento similar nos dois anos de cultivo.

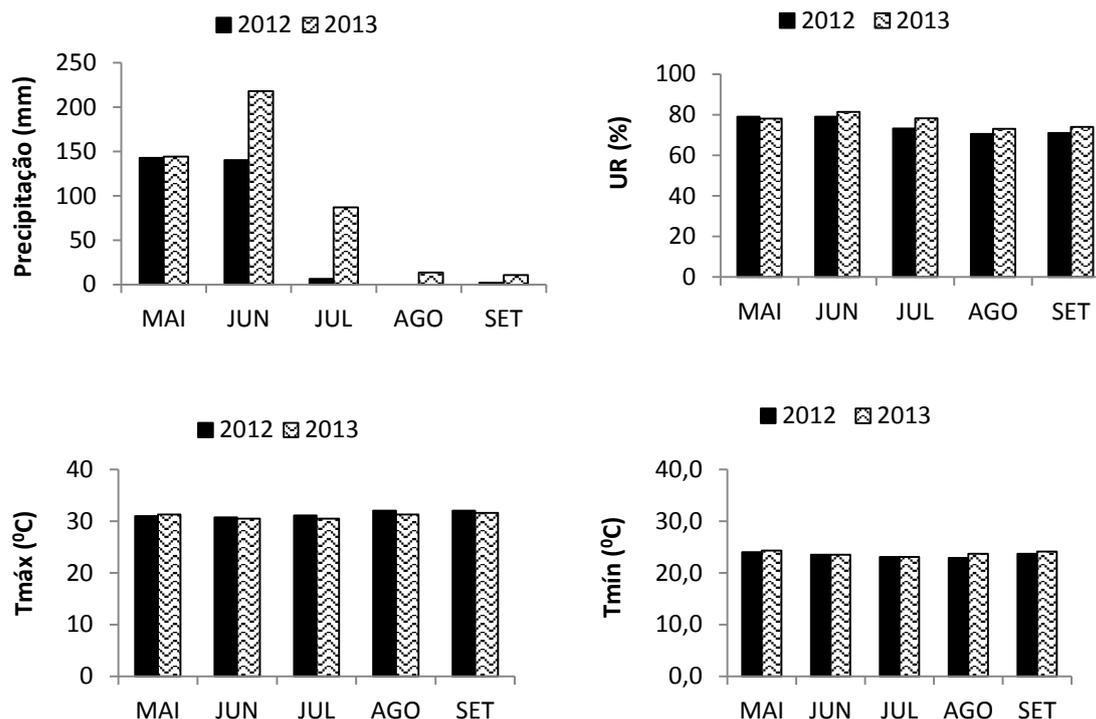


Figura 2. Dados meteorológicos ocorridos durante os dois anos de cultivo do algodão em Fortaleza-CE. Fonte: INMET.

3.5.1. Variáveis fisiológicas

Na tabela 3 encontra-se os resultados referente ao índice de clorofila em plantas de algodão cultivadas sob a aplicação de silício. O efeito significativo no índice de clorofila só foi verificado quando aplicado via foliar e, na adubação do solo, no segundo ano de cultivo (2013), quando as doses de Si foram duplicadas.

Locarno et al. (2011) observaram maiores índices de clorofila nas folhas de roseira da variedade Versília® com a aplicação de silicato de potássio em calda foliar, corroborando com resultados obtidos por Adatia e Besford (1986), também relataram aumento no teor de clorofila total em plantas de pepino cultivadas em solução nutritiva com Si, onde a atividade da rubisco foi 50% superior em relação às plantas que não foram fertilizadas com silício. Em tomateiro, também foi verificado aumento no teor de clorofila pelo fornecimento de Si às plantas (AL-AGHABARY; ZHUJUN; QINHUA, 2005). Contrariamente, Freitas et al. (2011), não constataram alteração no índice de clorofila em função das doses de Si aplicadas via foliar na cultura do milho.

Tabela 3. Análise de variância referente ao índice de clorofila em plantas de algodão cultivadas sob aplicação de Si. Fortaleza-CE.

Fonte de variação	Quadrados médios					
	SEMENTE		FOLIAR		SOLO	
	2012	2012	2013	2012	2013	
Períodos	50,21**	12,81 ^{NS}	9,47*	498,45**	36,23**	
Doses	2,46 ^{NS}	32,70**	19,67**	1,10 ^{NS}	13,39**	
D x P	1,85 ^{NS}	6,32 ^{NS}	9,28**	4,14 ^{NS}	4,62 ^{NS}	
Resíduo	2,39	6,40	2,75	5,30	3,21	
C.V (%)	3,36	5,33	3,58	5,24	3,67	
Desvio padrão	1,54	2,52	1,65	2,30	1,79	
Média	45,92	47,40	46,25	43,92	48,76	

Significativo a ** (1%) e * (5%). Não significativo ^{NS}

Verifica-se aumento linear de 9,19% do índice de clorofila, com as doses aplicadas via foliar (Figura 3), corroborando com resultados obtidos por Farias (2012), que também observou um aumento no teor de clorofila total do algodoeiro cv. BRS 8H, à medida que, se aumentaram as concentrações de Si. Possivelmente, este comportamento esteja associado ao fato de o Si ser acumulado nas células epidérmicas da parte aérea, melhorando o ângulo de abertura das folhas, tornando-as mais eretas, diminuindo o auto sombreamento e favorecendo a um maior aproveitamento da luz (YOSHIDA; NAVASERO; RAMIREZ, 1969; KORNDÖRFER et al., 1999).

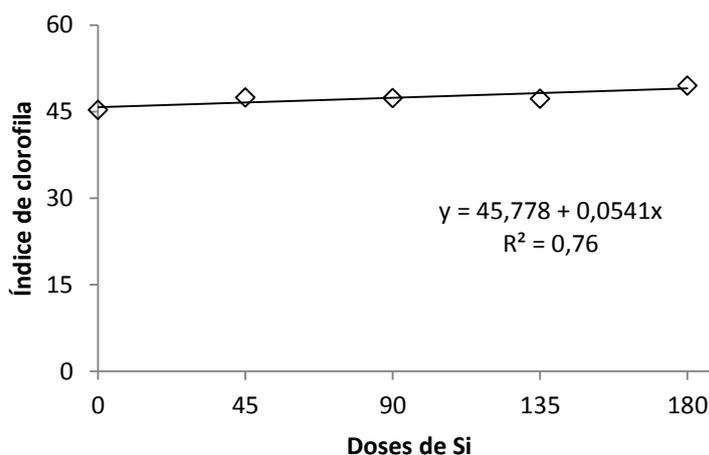


Figura 3. Índice de clorofila em plantas de algodão em função de doses de Si aplicado via foliar. Fortaleza-CE, 2012.

Na figura 4 observa-se pequeno aumento (4,10%) no índice de clorofila, com as doses de Si aplicado via solo. Contrariamente, doses crescentes de Si não alteraram os índices de clorofila em mudas de cafeeiro (AMARAL et al., 2008; BOTELLHO et al., 2009).

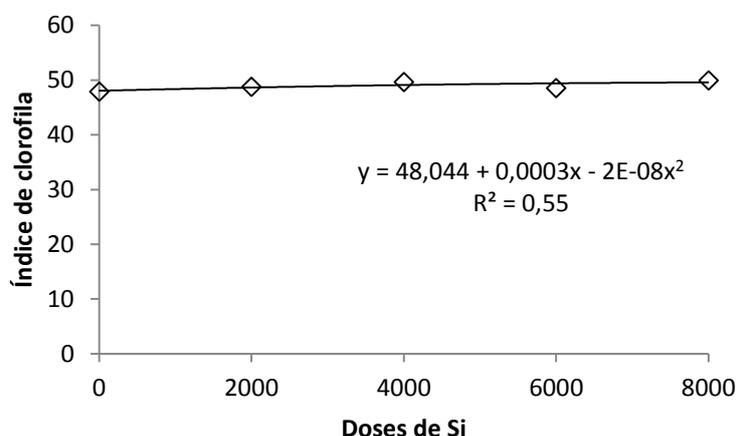


Figura 4. Índice de clorofila em plantas de algodão em função de doses de Si aplicado via solo. Fortaleza-CE, 2013.

Nas variáveis fisiológicas taxa fotossintética (A), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO₂ (Ci), não foi verificado efeito significativo das doses de silício, em nenhuma das formas de aplicação (Tabela 4). No entanto, Ferraz (2012) constatou diferenças significativas das concentrações de Si aos 90 DAS, onde as cultivares de algodão BRS Topázio e Rubi apresentaram maior taxa de assimilação de CO₂ nas doses 111,4 e 200 mg L⁻¹, respectivamente. Já a cultivar BRS Safira, expressou redução linear em resposta ao incremento nas concentrações de Si, sendo estimada maior assimilação de CO₂ nas plantas cultivadas sem aplicação de silício.

Outros experimentos também têm demonstrado o efeito do Si sobre a fotossíntese, como exemplo, no tomate (ROMERO-ARANDA; JURADO; CUARTERO, 2006), café (BOTELHO et al., 2009), soja (SHEN et al., 2010) e trigo (GONG et al., 2005). A aplicação de Si aumentou em 44% a taxa de fotossíntese líquida no cacauzeiro, comparando-se ao controle (PINTO et al., 2012). Em relação à condutância estomática, Ferreira (2008), verificou um decréscimo em função do maior teor de Si em algodoeiro BRS Cedro.

Vale salientar, que os maiores valores de taxa de fotossíntese líquida e condutância estomática, possibilitam maior disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento mais vigoroso das plantas.

Tabela 4. Análise de variância referente à taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (g_s) e concentração interna de CO_2 (Ci) em plantas de algodão cultivadas sob aplicação de Si. Fortaleza-CE.

Fonte de variação	SEMENTE					
	A ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		g_s ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		Ci ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
Períodos	555,70**		0,099**		1703,84**	
Doses	3,56 ^{NS}		0,007 ^{NS}		65,57 ^{NS}	
D x P	1,01 ^{NS}		0,004 ^{NS}		144,82 ^{NS}	
Resíduo	4,53		0,007		105,21	
C.V (%)	7,82		16,46		4,23	
D. Padrão	2,12		0,088		10,25	
Média	27,22		0,53		242,19	
Fonte de variação	FOLIAR					
	A ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		g_s ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		Ci ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Períodos	657,77**	1184,35**	0,252**	2,022**	2471,76**	3571,27**
Doses	2,33 ^{NS}	3,08 ^{NS}	0,0014 ^{NS}	0,0009 ^{NS}	51,95 ^{NS}	97,45 ^{NS}
D x P	3,88 ^{NS}	4,51 ^{NS}	0,005 ^{NS}	0,015 ^{NS}	69,99 ^{NS}	98,81 ^{NS}
Resíduo	4,31	2,66	0,010	0,003	80,71	71,95
C.V (%)	7,41	8,42	18,65	11,51	3,71	3,28
D. Padrão	2,07	1,63	0,10	0,060	8,98	8,48
Média	27,99	19,38	0,55	0,52	241,83	258,35
Fonte de variação	SOLO					
	A ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		g_s ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		Ci ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Períodos	758,06**	1262,59**	0,579**	1,966**	16,02 ^{NS}	5022,66**
Doses	1,95 ^{NS}	1,46 ^{NS}	0,006 ^{NS}	0,004 ^{NS}	59,56 ^{NS}	50,06 ^{NS}
D x P	1,01 ^{NS}	1,46 ^{NS}	0,003 ^{NS}	0,003 ^{NS}	34,26 ^{NS}	49,32 ^{NS}
Resíduo	1,85	2,30	0,008	0,003	48,43	33,14
C.V (%)	4,53	7,59	13,18	11,80	2,79	2,24
D. Padrão	1,36	1,51	0,09	0,061	6,95	5,75
Média	30,02	20,01	0,68	0,51	249,29	256,83

Significativo a ** (1%) e * (5%). Não significativo ^{NS}

Redução acentuada na concentração interna de CO_2 (Ci) foi observada nas cultivares de algodão BRS Safira, BRS Rubi (FERRAZ, 2012) e BRS Cedro (FERREIRA, 2008), com o aumento da concentração de silício nas soluções aplicadas via foliar. De acordo com Shimazaki et al. (2007), essas reduções,

refletem as diminuições constatadas na taxa de assimilação de CO₂, 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.

3.5.2. Variáveis agronômicas

Em relação às variáveis agronômicas (Tabela 5), não houve efeito das doses de Si em nenhuma das variáveis analisadas, quando aplicado via recobrimento de sementes. No entanto, observa-se efeito significativo das doses de Si aplicado via foliar, para altura de planta e diâmetro do caule. Já na adubação do solo, houve efeito significativo das doses para altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas por planta (NF) e área foliar (AF).

Avaliando o efeito de doses de Si aplicadas via foliar em três cultivares de algodão, Ferraz (2012) verificou que na cultivar BRS Topázio teve redução da altura de planta, com o aumento das concentrações. Por outro lado, nas BRS Safira e BRS Rubi, houve aumento em altura, com maior valor estimado obtido nas doses 94,3 e 88,2 mg L⁻¹ de Si. Farias (2012), também verificou que a altura de plantas de algodão cv. BRS 8H, obteve resposta positiva, com dosagem ótima de 84,17 g L⁻¹. No entanto, concentrações maiores provocaram redução no crescimento em altura das plantas. Segundo a autora, doses maiores que 86,87 g L⁻¹, podem provocar fitotoxidez às plantas de algodoeiro, pois, Moraes et al. (2011), constataram que concentrações maiores do que 40 g L⁻¹ de silicato de potássio, mostraram-se prejudiciais à cana-de-açúcar provocando fitotoxidez.

Com o aumento das doses, verificou-se efeito significativo do Si na altura de plantas de trigo (GONG et al., 2003), arroz (SINGH et al., 2005) e soja (PEREIRA JÚNIOR et al., 2010). Contrariamente, não foi constatado efeito significativo em plantas de milho (CHAVES e VASCONCELOS, 2003; FREITAS et al., 2011), rúcula (GUERRERO et al., 2011) e batata inglesa (GOMES et al., 2009).

Tabela 5. Análise de variância referente às variáveis: altura de planta (cm), diâmetro do caule (mm), número de folhas por planta (NF), área foliar cm² (AF) e índice de área foliar (IAF) de algodoeiro em função de doses de Si. Fortaleza-CE, 2012.

FV		Quadrados médios			
FOLIAR	Altura	Diâmetro	NF	AF	IAF
Período	17419,7**	278,9**	22997,3**	66776,5**	3,30**
Dose	19,43*	1,78**	59,60 ^{NS}	531,45 ^{NS}	0,006 ^{NS}
P x D	1,85 ^{NS}	0,13 ^{NS}	46,71 ^{NS}	195,79 ^{NS}	0,0015 ^{NS}
Resíduo	6,48	0,36	48,98	275,43	0,003
C.V (%)	3,96	4,72	12,24	18,48	2,98
Desvio padrão	2,54	0,60	7,00	16,59	0,05
Média	64,23	12,71	57,24	89,76	1,86
SEMENTE	Altura	Diâmetro	NF	AF	IAF
Período	15423,6**	335,7**	23031,7**	66249,6**	3,47**
Dose	8,88 ^{NS}	0,013 ^{NS}	51,53 ^{NS}	167,74 ^{NS}	0,004 ^{NS}
P x D	1,13 ^{NS}	0,12 ^{NS}	20,98 ^{NS}	48,90 ^{NS}	0,0012 ^{NS}
Resíduo	15,46	0,28	46,37	125,92	0,003
C.V (%)	6,26	4,09	12,07	12,44	2,98
Desvio padrão	3,93	0,53	6,80	11,22	0,05
Média	62,75	13,02	56,41	90,18	1,86
SOLO	Altura	Diâmetro	NF	AF	IAF
Período	19419,9**	312,5**	35140,3**	91267,2**	3,86**
Dose	63,78**	0,55*	122,7*	327,004*	0,003 ^{NS}
P x D	7,90 ^{NS}	0,081 ^{NS}	35,61 ^{NS}	109,62 ^{NS}	0,0011 ^{NS}
Resíduo	9,62	0,16	41,32	107,88	0,038
C.V (%)	4,62	3,17	9,22	9,39	1,96
Desvio padrão	3,10	0,41	6,42	10,38	0,038
Média	67,08	12,92	69,66	110,51	1,94

Significativo a ** (1%) e * (5%). Não significativo ^{NS}

No segundo ano de cultivo (Tabela 6), constatou-se efeito significativo do Si aplicado via foliar para as variáveis, altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e índice de área foliar. No entanto, apenas a altura de planta obteve efeito das doses de Si quando aplicada via solo.

Tabela 6. Análise de variância referente às variáveis: altura de planta (cm), diâmetro do caule (mm), número de folhas por planta (NF), área foliar cm² (AF) e índice de área foliar (IAF) de algodoeiro em função de doses de Si. Fortaleza-CE, 2013.

FV	Quadrados médios					
	FOLIAR	Altura	Diâmetro	NF	AF	IAF
Período	8145,65**	626,99**	5711,24**	15183,02**	1,44**	
Dose	36,24**	287,34**	224,11**	517,77**	0,42**	
P x D	9,06 ^{NS}	170,29**	121,72**	382,67**	0,298**	
Resíduo	7,15	0,43	9,15	66,92	0,003	
C.V (%)	4,35	6,16	7,16	13,43	3,68	
Desvio padrão	2,67	0,66	3,02	8,18	0,63	
Média	61,48	10,74	42,19	60,88	1,71	
	SOLO	Altura	Diâmetro	NF	AF	IAF
Período	7359,48**	121,87**	6152,84**	15278,55**	1,11**	
Dose	21,88*	0,32 ^{NS}	6,03 ^{NS}	38,68 ^{NS}	0,001 ^{NS}	
P x D	1,77 ^{NS}	0,43*	8,10 ^{NS}	16,20 ^{NS}	0,0007 ^{NS}	
Resíduo	6,81	0,19	10,16	18,94	0,0007	
C.V (%)	4,27	3,86	7,11	6,52	1,51	
Desvio padrão	2,61	0,44	3,18	4,35	0,26	
Média	61,13	11,38	43,43	66,68	1,78	

Significativo a ** (1%) e * (5%). Não significativo ^{NS}

Na figura 5 observa-se que, o aumento das doses de Si afetou negativamente o diâmetro do caule, comparando-se com o controle. Contrariamente, o aumento das doses de Si aumentou o diâmetro (cm) de plantas de cana-de-açúcar (MEDEIROS et al., 2008).

Ferraz (2012) verificou efeito do Si em plantas de algodão BRS Topázio, BRS Safira e BRS Rubi. No entanto, não foi verificado efeito do Si em plantas de algodão BRS 8H (FARIAS, 2012), milho (FREITAS et al., 2011) e batata inglesa (GOMES et al., 2009).

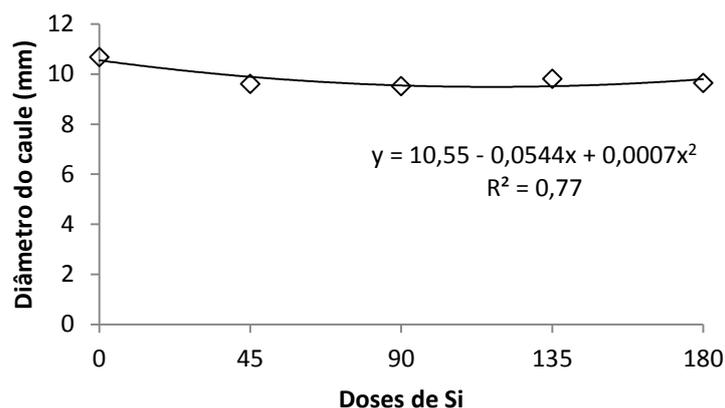


Figura 5. Diâmetro do caule de plantas de algodoeiro em função de doses de silício aplicado via foliar. Fortaleza-CE, 2013.

Em relação à área foliar, não foi observado efeito significativo do Si em plantas de algodoeiro BRS 8H (FARIAS, 2012) e rúcula (GUERRERO et al., 2011). No entanto, houve aumento da área foliar em plantas de trigo (SINGH et al., 2005; GONG et al., 2003). Moraes et al. (2011) também verificaram efeito de do Si sobre a área foliar de cana-de-açúcar, sendo obtido o máximo valor com a dose de 66,6 g L⁻¹, porém, para maiores doses houve redução nesta variável. Quanto ao número de folhas, Soares et al. (2008), constataram em orquídeas que ocorreu o maior número na ausência do silicato de sódio. Diferentemente, Silva (2007), ao trabalhar com gérbera (*Gerbera jamesonii*) in vitro, verificou maior número de folhas ao utilizar CaSiO₃.

Verificou-se efeito significativo das doses de Si aplicado via foliar para as variáveis: taxa de crescimento absoluto do caule (TCAC) e taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCRDC), apenas no segundo ano de cultivo (Tabela 7). Para as demais variáveis e formas de aplicação, observou-se apenas efeito isolado dos períodos.

Ferraz (2012) observou redução linear acentuada de 42,6% na taxa de crescimento absoluto do algodoeiro BRS Topázio, com o aumento das doses de Si aplicado via foliar. Porém, a cv. BRS Safira ajustou-se ao modelo polinomial quadrático, com valor máximo (0,43 cm dia⁻¹) obtido na concentração de 105,4 mg L⁻¹.

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.

Tabela 7. Análise de variância referente às variáveis: taxa de crescimento absoluto do caule (TCAC), taxa de crescimento relativo da altura do caule (TCRAC), taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (TCADC) e taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCRDC). Fortaleza-CE.

FV	SEMENTE							
	TCAC		TCRAC		TCADC		TCRDC	
Período	19,08**		0,017**		0,63**		0,006**	
Dose	0,001 ^{NS}		0,00 ^{NS}		0,00 ^{NS}		0,00 ^{NS}	
P x D	0,001 ^{NS}		0,00 ^{NS}		0,00 ^{NS}		0,00 ^{NS}	
Resíduo	0,008		0,00		0,003		0,00	
C.V (%)	12,05		3,42		12,68		6,87	
D.P.	0,09		0,0006		0,019		0,0008	
Média	0,76		0,018		0,15		0,011	

FV	FOLIAR							
	TCAC		TCRAC		TCADC		TCRDC	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Período	16,62**	10,37**	0,016**	0,014**	0,60**	0,36**	0,006**	2,66**
Dose	0,002 ^{NS}	0,022**	0,00 ^{NS}	2,65**				
P x D	0,005 ^{NS}	0,011**	0,00 ^{NS}	1,95**				
Resíduo	0,007	0,004	0,00	0,00	0,003	0,00	0,00	0,00
C.V (%)	10,93	8,69	3,51	7,93	12,19	8,80	6,91	2,58
D.P.	0,088	0,065	0,0006	0,001	0,018	0,011	0,0008	0,002
Média	0,81	0,75	0,019	0,019	0,147	0,13	0,011	0,11

FV	SOLO							
	TCAC		TCRAC		TCADC		TCRDC	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Período	24,13**	10,30**	0,017**	0,016**	0,59**	0,39**	0,007**	0,005**
Dose	0,012 ^{NS}	0,006 ^{NS}	0,00 ^{NS}					
P x D	0,010 ^{NS}	0,007 ^{NS}	0,00 ^{NS}					
Resíduo	0,007	0,008	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C.V (%)	10,62	12,03	3,44	4,30	10,36	16,11	5,30	10,46
D.P.	0,088	0,090	0,0006	0,0008	0,015	0,021	0,0006	0,001
Média	0,83	0,75	0,019	0,018	0,152	0,130	0,011	0,011

Significativo a ** (1%) e * (5%). Não significativo ^{NS}

3.6. Conclusão

Sob as condições em que esta pesquisa foi desenvolvida, os dados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

As plantas de algodão oriundas de sementes recobertas com diferentes doses de silicato de alumínio, não sofrem alteração em suas características fisiológicas e agronômicas.

O silicato de alumínio aplicado via foliar e solo proporciona aumento no índice de clorofila do algodoeiro.

Há redução no diâmetro do caule de plantas de algodoeiro em função das doses de silício aplicado via foliar.

3.7. Referências Bibliográficas

- ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. The effects of silicon in cucumber plants grown in recirculation nutrient solution, **Annals Botany**, v. 58, n. 3, p. 343-357, 1986.
- AL-AGHABARY, K.; ZHUJUN, Z.; QINHUA, S. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 12, p. 2101-2115, 2005.
- ALCANTARA, E.; MORAES, J, C.; ANTONIO, A. Efeito de indutores da resistência e cultivares de algodão no comportamento de *Aphis gossypii*, **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 619-624, 2010.
- AMARAL, D, R.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; BOREL, J. C.; MACLEOD, R. E. O.; PÁDUA, M. A. Silicato de potássio na proteção do cafeeiro contra *Cercospora coffeicola*. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 6, p. 425-431, 2008.
- AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. 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.
- BELTRÃO, N. E. M. A cultura do algodoeiro no próximo milênio: tendência e perspectivas. **Revista de Oleaginosa e Fibrosas**, n. 27, 1998, ISSN 1415-6784.
- BERNI, R. F.; PRABHU, A. S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 195-201, 2003.
- BOTELHO, D. M. S.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; FURTINI NETO, A. E.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; CASTRO, D. M. Aspectos anatômicos e fisiológicos de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk & Cook.) adubadas com ácido silícico. **Coffee Science**, v. 4, n. 2, p. 93-99, 2009.
- CHAVES, L. H. G.; VASCONCELOS, A. C. F. Alterações de atributos químicos do solo e do crescimento de plantas de milho pela aplicação de xisto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 84–88, 2006.
- EPSTEIN, E. **Silicon, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. Palo alto, v. 50, p. 641-664, 1999.

FARIAS, A. T. V. **Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em função de doses de silício e ácido salicílico**. Dissertação. Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2012, 63 f.

FERRAZ, R. L. S. **Crescimento, fisiologia e produção do algodoeiro sob efeito do silício via foliar**. Dissertação. (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, 2012, 130 f.

FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no cerrado**: resultados de pesquisa em Goiás e Bahia. Disponível em: http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/290.pdf. Acesso em: 03 de Janeiro de 2013.

FERREIRA, S. M. **O efeito do silício na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.): aspectos bioquímicos, qualidade de fibra e produtividade**, Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Piracicaba, 2008, 67p.

FIGUEIREDO, F. C.; BOTREL, P. P.; TEIXEIRA, C. P.; PETRAZZINI, L. L.; LOCARNO, M.; CARVALHO, J. C. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010.

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

FREITAS, L. B.; COELHO, E. M.; MAIA, S. C. M.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. Comunicação, **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 262-267, 2011.

GOMES, C. F.; MARCHETTI, M. E.; NOVELINO, J. O.; MAUAD, M.; ALOVISI, A. M.T. Disponibilidade de silício para a cultura do arroz, em função de fontes, tempo de incubação e classes de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 531-538, 2011.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; NERI, D. K. P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p.18-23, 2009.

GONG, H. J.; CHEN, K. M.; CHEN, G. C.; WANG, S. M.; ZHANG, C. L. Effects of silicon on growth of wheat under drought. **Journal of Plant Nutrition**, v. 26, n. 5, p.1055-1063, 2003.

GONG, H.; ZHU, X.; CHEN, K.; WANG, S.; ZHANG, C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, v. 169, p. 313-32, 2005.

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

HOZUMI, K.; KOYAMA, H.; KIRA, T. Intraespecific competition among higher plants. Iv. A preliminary account on the interaction between adjacent individuals. **Journal of Institute Polytechnic**, v. 6, p. 121-130, 1955.

JÁCOME, A. G.; SOARES, J. J.; OLIVEIRA, R. O.; CORDÃO SOBRINHO, F. P. Efeito da remoção de folhas no desenvolvimento vegetativo e na produção do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 751-755, 2001.

KORNDÖFER, P. H.; SILVA, G. C.; TEIXEIRA, I. R.; SILVA, A. G.; FREITAS, R. S. Efeito da adubação silicatada sobre gramíneas forrageiras e características químicas do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 2, p. 119-125, 2010.

KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES, V. A.; CORRÊA, G. F.; SNYDER, G. H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 635-641, 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura. 2.ed. GPSi/ICIAG/UFU, 2002, 24 p. (Boletim Técnico, 1).

LIMA-FILHO, O. F.; TSAI, S. M. **Crescimento e produção do trigo e da aveia branca suplementados com silício**. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA – Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 38 p. - Circular Técnico / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-0456; n. 41.

LIMA, M. A.; CASTRO, V. F.; 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.

LIMA, L. M.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; FONSECA, T. A. P. S.; CARVALHO, J. G. Quantificação da ferrugem asiática e aspectos nutricionais de soja suprida com silício em solução nutritiva. **Summa Phytopathol**, v. 36, n.1, p. 51-56, 2010.

LOCARNO, M.; FOCHI, C. G.; PAIVA, P. D. O. Influência da adubação silicatada no teor de clorofila em folhas de roseira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 287-290, 2011.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E. et al. (Ed.). **Silicon in agriculture**, The Netherlands: Elsevier Science, 2001, Cap. 2, p.17-39.

MEDEIROS, L. B.; VIEIRA, A. O.; DANTAS NETO, J.; BELTRÃO, N. E. M.; AQUINO, B. F. Influência da escória de siderúrgica sobre a produtividade e o crescimento da cana-de-açúcar irrigada. **Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 84–88, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**, São Paulo: Editora Ceres, 2006, 443 p.

MAUAD, M.; GRASSI FILHO, H.; CRUSCIOL, C. A. C.; CORRÊA, J. C.; Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 867-873, 2003.

MENDONÇA, A. O.; TAVARES, L. C.; BRUNES, A. P.; MONZÓN, D. L. R.; VILLELA, F. A. Acúmulo de silício e compostos fenólicos na parte aérea de plantas de trigo após a adubação silicatada. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1154-1162, 2013.

MORAES, S. R. G.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; LIMA, P. H.; BOTELHO, A. O. Efeito de fontes de Silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro, **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 69-75, 2006.

MORAES, W. B.; JESUS JÚNIOR, W. C.; MORAES, W. B.; ARAÚJO, G. L.; SOUZA, A. F.; SILVA, M. V. Aplicação de silicato de potássio e crescimento foliar da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 59-64, 2011.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 01, p. 161-169, 2005.

PEREIRA, H. S.; VITTI, G.C.; KORNDORFER, G.H. Comportamento de diferentes doses de silício no solo e na cultura do tomateiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1-8, 2003.

PEREIRA JÚNIOR, P.; REZENDE, P. M.; MALFITANO, S. C.; LIMA, R. K.; CORRÊA, L. V. T.; CARVALHO, E. R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 908-913, 2010.

PINTO, D. G.; AGUILAR, M. A. G.; SOUZA, C. A. S.; SILVA, D. M.; SIQUEIRA, P. R.; CAO, J. R.; ZANETTI, L. V. Alterações fisiológicas após aplicação de silício em cacau e sua influência na preferência por pulgões. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 360-367, 2012.

YOSHIDA, S.; NAVASERO, S. A.; RAMIREZ, E. A. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of the rice plant. **Plant and Soil**, v. 31, n. 1, p. 48-56, 1969.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agronômicas**, n. 134, p. 14-20, 2011.

ROMERO-ARANDA, M. R.; JURADO, O.; CUARTERO, J. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. **Journal Plant Physiology**, v. 163, p. 847–855, 2006.

SANTOS, G. A.; PEREIRA, A. B.; KORNDÖRFER, G. H. Uso do sistema de análises por infravermelho próximo (NIR) para análises de matéria orgânica e fração argila em solos e teores foliares em silício e nitrogênio em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v. 26, n.1, p. 100-108, 2010.

SHEN, X.; ZHOU, Y.; DUAN, L.; LI, Z.; ENEJI, A. E.; LI, J. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. **Journal Plant Physiology**, v. 167, p. 1248–1252, 2010.

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.

SILVA, D. P. **Meios de cultura e fontes de silício no desenvolvimento in vitro de gébera**. 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

SINGH, S. P.; COOPER, J. E.; FISHER, H. L.; TARRANT, C. J.; LLOYD, T.; BANJO, J.; CORFE, S.; JONES, C. Determining the chronology and components of psychosis onset: The Nottingham Onset Schedule (NOS). **Schizophrenia Research**, n. 80, p. 117-130, 2005.

SOARES, J. D. R.; PASQUAL, M.; RODRIGUES, F. A. Adubação com silício via foliar na aclimatização de um híbrido de orquídea. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 626-629, 2008.

SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, P. C.; RODRIGUES, T. M.; BRITO, C. H. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010.

4. CAPÍTULO 2

ADUBAÇÃO SILICATADA NO ALGODOEIRO: COMPONENTES DE RENDIMENTO

4.1. Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de silicato de alumínio, aplicadas via sementes, foliar e no solo, nos componentes de rendimento do algodoeiro. Os experimentos foram conduzidos nos anos de 2012 e 2013, no primeiro ano, foram realizados três experimentos que consistiram em cinco doses de silicato de alumínio, aplicado via recobrimento de sementes (0, 100, 200, 300 e 400 g 100 kg sementes⁻¹), via foliar (0, 45, 90, 135 e 180 kg Si ha⁻¹) e no solo (0, 1000, 2000, 3000 e 4000 kg Si ha⁻¹). No segundo ano, foram realizados dois experimentos, utilizando-se as doses: 0, 45, 90, 135 e 180 kg Si ha⁻¹, via foliar; e 0, 2000, 4000, 6000 e 8000 kg Si ha⁻¹ no solo. Os componentes de rendimento do algodão avaliados foram: número de capulhos por planta, número de sementes por capulho, número de sementes por planta, peso da fibra e sementes, peso do capulho, porcentagem de fibra e sementes por capulho e produção por planta. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que, a aplicação do silicato de alumínio via sementes e solo, não provoca alterações nos componentes do rendimento do algodão. No entanto, o número de sementes por capulho e o número de capulhos e sementes por planta, foram menores com o aumento das doses de silicato de alumínio, aplicadas via foliar, em relação ao controle.

Palavras-chave: Fibermax 910, silicato de alumínio, produtividade.

4.2. Abstract

The objective of the study was the effect of different doses of aluminum silicate applied to seeds, foliar and soil, on yield components of cotton. The experiments were conducted in the years 2012 and 2013, in the first year, three experiments were performed, it consisted of five levels of aluminum silicate, applied by seed coating (0, 100, 200, 300 and 400 g/100 kg of seed⁻¹), via foliar (0, 45, 90, 135 e 180 kg Si ha⁻¹) and soil (0, 1000, 2000, 3000 e 4000 kg Si ha⁻¹). In the second year, two experiments were conducted, using doses: 0, 45, 90, 135 e 180 kg Si ha⁻¹, via foliar and 0, 2000, 4000, 6000 e 8000 kg Si ha⁻¹ in soil. The yield components of cotton were evaluated: number of fruits per plant, number of seeds per fruit, number of seeds per plant, weight of fiber and seed, fruit weight, percentage lint and seeds per fruit and production plant. According to the results, can conclude, applying the aluminum silicate via seeds and soil, induces no change in the components of cotton yield. However, the number of seeds per boll and number of bolls per plant and seeds were lower with increasing doses of aluminum silicate, foliar applied, compared to control.

Keyword: Fibermax 910, aluminum silicate, yield.

4.3. Introdução

No Brasil as áreas de maior expressão cultivadas com algodão estão situadas nos Estados da Bahia, Mato Grosso e Goiás. Seu cultivo caracteriza-se pela utilização intensiva de insumos, alguns com o objetivo de elevar a produção, como os fertilizantes, cujo propósito é a manutenção do potencial produtivo dos cultivares. No entanto, a utilização de insumos cada vez em maior intensidade, proporciona, dentre vários fatores, a elevação dos custos de produção (MARCHEZAN et al., 2004). Portanto, o desafio que se impõe, é a elevação da produtividade das lavouras através de alternativas que proporcionem melhoria no rendimento das culturas agrícolas a baixos custos.

A produtividade é influenciada por características morfológicas e fisiológicas dos órgãos fotossintetizantes, basicamente as folhas, e dos órgãos consumidores dos metabólitos fotossintetizados, como carboidratos, principalmente (FERREIRA, 2008).

Neste sentido, insere-se a utilização do silício no algodão, mesmo não sendo essencial, do ponto de vista fisiológico, para o crescimento e desenvolvimento das plantas, a sua absorção traz inúmeros benefícios, entre eles, o incremento da produtividade de muitas culturas, tais como o arroz (BARBOSA FILHO et al., 2000), cana-de-açúcar (RAID; ANDERSON; ULLOA, 1992; KORNDÖFER; PEREIRA; CAMARGO, 2002), milho (SOUZA et al., 2010) e trigo (SINGH et al., 2005; MENDONÇA et al., 2013).

Portanto, o fornecimento de Si é benéfico para muitas espécies vegetais e, em determinadas circunstâncias, para a maioria das plantas superiores (MARSCHNER, 1995). Podendo estimular o crescimento e a produção vegetal através de ações indiretas, como a diminuição do auto-sombreamento, decréscimo na suscetibilidade ao acamamento, proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxidez do Al, Mn, Fe e Na, diminuição da incidência de patógenos e aumento na proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995).

Na cultura do algodão a adubação com Si via solo promoveu um crescimento prematuro, aumentou significativamente o número total de capulhos e simpódios, tamanho de capulhos e porcentagem de fibra, onde a produtividade de fibra aumentou em média 11,7% (BOYLSTON et al., 1999). É

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

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de silicato de alumínio, aplicadas via recobrimento de sementes, via foliar e no solo, como fonte de silício na nutrição mineral, atuando nos componentes de rendimento do algodoeiro.

4.4. Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no setor de Hidráulica e Mecanização Agrícola, localizado no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza-CE, nos anos de 2012 e 2013.

Foram utilizadas sementes de algodão herbáceo cv. Fibermax 910, as quais foram semeadas em vasos de 12 L, distribuídos em espaçamento de 0,6 x 0,6 m. A irrigação foi realizada diariamente, no período da manhã. Como fonte de silício utilizou-se o silicato de alumínio (caulim), que contém 77,9% de SiO₂ e pH 5,5.

No primeiro ano, foram conduzidos três experimentos destinados à aplicação das doses de Si: experimento 1 - via recobrimento de sementes (0, 100, 200, 300 e 400 g 100 kg sementes⁻¹); experimento 2 - via foliar (0, 45, 90, 135 e 180 kg Si ha⁻¹); e experimento 3 - via solo (0, 1000, 2000, 3000 e 4000 kg Si ha⁻¹).

No segundo ano, foram conduzidos dois experimentos destinados à aplicação das doses de Si: experimento 1 - via foliar (0, 45, 90, 135 e 180 kg Si ha⁻¹) e experimento 2 - via solo (0, 2000, 4000, 6000 e 8000 kg Si ha⁻¹).

O recobrimento das sementes foi realizado com a combinação do silicato de alumínio + fungicida Derosal Plus® (carbendazim + tiram) + polímero Sepiret®, por meio do método manual, utilizando-se saco plástico. Para cada dose testada, foi realizado tratamento em quatro repetições de 0,1 kg de sementes, com um volume de calda de 1,2 L 100 kg de sementes⁻¹, o qual foi completado com água destilada. Os produtos foram aplicados diretamente no

fundo do saco plástico, contendo as sementes, os quais foram agitados até sua distribuição uniforme nas sementes. Em seguida, os sacos plásticos foram abertos, permitindo que as sementes secassem a temperatura ambiente, por um período de 24 horas.

Na aplicação via foliar, as diferentes doses de Si foram diluídas, proporcionalmente, ao volume de calda de 200 L ha⁻¹. As doses foram parceladas em três aplicações, aos 20, 40 e 60 DAE, utilizando-se um pulverizador manual costal com capacidade para 5 litros. Na adubação do solo, o silicato de alumínio foi aplicado durante a semeadura, a uma profundidade de 0,05 m.

As colheitas foram realizadas quando os capulhos encontravam-se totalmente abertos. Em seguida, foi realizado o beneficiamento, com a separação da fibra e sementes, manualmente. Para verificar o efeito dos tratamentos, os componentes do rendimento foram avaliados em três plantas por parcela, descritos a seguir:

Número de capulhos por planta – obtido por contagem do número de capulhos saudáveis, cuja média determinou a quantidade destes por planta.

Peso do capulho – foram pesados, individualmente, em balança analítica, sendo o valor expresso em gramas.

Peso da fibra e sementes – após o beneficiamento, foram pesados individualmente, por capulho, sendo o valor expresso em gramas.

Porcentagem de fibras – foi obtida pela relação: Massa de fibra / massa de fibra com caroço x 100 = % de fibra

Porcentagem de sementes - foi obtida pela relação: Massa de sementes / massa de sementes com a fibra x 100 = % de sementes

Número de sementes por capulho – obtido por contagem das sementes contidas em cada capulho.

Número de sementes por planta – obtido pelo produto do número médio de sementes contidas em cada capulho, pelo número de capulhos por planta.

Produção de algodão por planta – determinada através do produto do peso médio de capulhos pelo número de capulhos por planta, sendo o resultado expresso em g.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental em blocos casualizados. No primeiro ano, foram utilizadas cinco doses e cinco

repetições, com sete plantas por parcela, totalizando 35 unidades experimentais, em cada experimento; no segundo ano foram utilizadas cinco doses e quatro repetições, com cinco plantas por parcela, totalizando 25 unidades experimentais, por experimento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, quando significativos, analisados por regressão polinomial.

4.5. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos do rendimento do algodoeiro através da aplicação de Si via recobrimento de sementes, encontram-se na Tabela 1, onde não foi verificado efeito significativo das doses, em nenhuma das variáveis analisadas. Corroborando, assim, com resultados encontrados por Oliveira (2013) o qual não verificou efeito nos componentes de rendimento das cultivares de soja BMX Turbo RR e NA 5909 RR, originadas de sementes tratadas com doses de Si.

O tratamento de sementes é realizado com intenção de que os produtos aplicados protejam não apenas as sementes, mas também o início do desenvolvimento da cultura, de doenças e pragas que afetam a emergência das plântulas e o seu desenvolvimento inicial, bem como, fornecer nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, auxiliando em um estande mais uniforme (DHINGRA, 1985).

Pesquisadores têm comprovado a ausência de respostas do Si em certas culturas, Sendo que, os efeitos benéficos da adubação silicatada, em relação ao crescimento, desenvolvimento e produtividade estão, quase sempre, correlacionados com espécies vegetais classificadas como acumuladoras de Si, incluindo nesta categoria o arroz, cana-de-açúcar e as gramíneas forrageiras (MA et al., 2001). No caso específico do algodão, o mesmo não se enquadra neste grupo.

Tabela 1. Análise de variância referente ao efeito da aplicação do silicato de alumínio via recobrimento de sementes nos componentes do rendimento: número de capulhos/planta (NC/P), número de sementes/capulho (NS/C), número de sementes/planta (NS/P), peso do capulho (PC), porcentagem de fibras/capulho (%F/C), porcentagem de sementes/capulho (%S/C), peso de fibras/capulho (PF/C), peso de sementes/capulho (PS/C) e produção de algodão por planta. Fortaleza-CE, 2012.

Recobrimento de sementes					
FV	NC/P	NS/C	NS/P	PC (g)	% FI/C
Dose	5,14 ^{NS}	2,24 ^{NS}	8240,5 ^{NS}	0,087 ^{NS}	1,80 ^{NS}
Bloco	11,74 ^{NS}	0,74 ^{NS}	9428,5 ^{NS}	0,129 ^{NS}	3,57 ^{NS}
Resíduo	4,86	1,31	7618,0	0,090	1,75
C.V (%)	10,58	3,47	12,69	6,82	2,98
Desvio padrão	2,20	1,14	87,28	0,30	1,32
Média	21	33	687	4,41	44,30
FV	% S/C	PF/C (g)	PS/C (g)	Produção / planta (g)	
Dose	1,03 ^{NS}	0,005 ^{NS}	0,055 ^{NS}	50,34 ^{NS}	
Bloco	3,46 ^{NS}	0,032 ^{NS}	0,038 ^{NS}	132,27 ^{NS}	
Resíduo	2,00	0,013	0,039	129,78	
C.V (%)	2,54	6,01	8,08	12,41	
Desvio padrão	1,41	0,11	0,19	11,39	
Média	55,58	1,94	2,46	91,77	

Significativo a ^{**}(1%) e ^{*}(5%). Não significativo ^{NS}

Com relação à aplicação do silicato de alumínio via foliar (Tabela 2), os resultados obtidos evidenciam efeito das doses aplicadas apenas para as variáveis: número de capulhos por planta (NC/P) e número de sementes por planta (NS/P) no primeiro ano; e apenas para o número de sementes por capulho (NS/C), no segundo ano de cultivo.

Na cultura da soja, Crusciol et al. (2013), observaram que o número de vagens por planta aumentou de forma significativa com a aplicação de Si, sendo o incremento da ordem de 11%. Da mesma forma, Philippsen e Simonetti (2010), verificaram diferença no número de vagens por planta, entre as doses de silício aplicadas nas plantas de soja via foliar, sendo que o tratamento com 207 mL de Supra sílica[®] apresentou-se superior aos demais. Moreira et al. (2010), observaram incremento de produtividade da ordem de 19 sacas, ao submeterem plantas de soja a três aplicações de silicato de potássio via foliar.

Tabela 2. Análise de variância referente ao efeito da aplicação do silicato de alumínio via foliar nos componentes do rendimento: número de capulhos/planta (NC/P), número de sementes/capulho (NS/C), número de sementes/planta (NS/P), peso do capulho (PC), porcentagem de fibras/capulho (%FI/C), porcentagem de sementes/capulho (%S/C), peso de fibras/capulho (PFI/C), peso de sementes/capulho (PS/C) e produção de algodão por planta, nos dois anos de cultivo. Fortaleza-CE.

Aplicação foliar (2012)					
FV	NC/P	NS/C	NS/P	PC (g)	% FI/C
Dose	15,40*	0,66 ^{NS}	18088,46*	0,008 ^{NS}	1,04 ^{NS}
Bloco	6,10 ^{NS}	3,46 ^{NS}	6157,47 ^{NS}	0,22*	0,77 ^{NS}
Resíduo	5,12	1,16	5714,4	0,07	0,76
C.V (%)	12,57	3,19	12,46	5,57	2,02
Desvio padrão	2,26	1,07	75,59	0,26	0,87
Média	18	34	607	4,79	43,29
FV	% S/C	PFI/C (g)	PS/C (g)	Produção / planta (g)	
Dose	1,38 ^{NS}	0,010 ^{NS}	0,007 ^{NS}	316,50 ^{NS}	
Bloco	1,01 ^{NS}	0,093 ^{NS}	0,072 ^{NS}	75,30 ^{NS}	
Resíduo	0,84	0,04	0,03	129,8	
C.V (%)	1,61	10,39	6,69	13,22	
Desvio padrão	0,91	0,21	0,18	11,39	
Média	56,69	2,10	2,72	86,15	
Aplicação foliar (2013)					
FV	NC/P	NS/C	NS/P	PC (g)	% FI/C
Dose	4,62 ^{NS}	1,82*	6265,95 ^{NS}	0,110 ^{NS}	0,821 ^{NS}
Bloco	10,93 ^{NS}	3,65**	11343,78 ^{NS}	0,060 ^{NS}	0,229 ^{NS}
Resíduo	8,89	0,52	8875,11	0,050	0,89
C.V (%)	14,9	2,21	14,34	4,60	2,14
Desvio padrão	2,98	0,72	94,2	0,22	0,94
Média	20	33	653	4,86	44
FV	% S/C	PFI/C (g)	PS/C (g)	Produção / planta (g)	
Dose	0,876 ^{NS}	0,015 ^{NS}	0,050 ^{NS}	184,82 ^{NS}	
Bloco	0,249 ^{NS}	0,010 ^{NS}	0,023 ^{NS}	267,82 ^{NS}	
Resíduo	0,88	0,012	0,016	114,19	
C.V (%)	1,68	5,33	4,69	12,37	
Desvio padrão	0,94	0,11	0,12	12	
Média	56	2,12	2,72	97	

Significativo a ** (1%) e * (5%). Não significativo ^{NS}

Na figura 1 verifica-se que o número de capulhos por planta foi 19% inferior na dose de 180 kg ha⁻¹ de Si aplicado via foliar, em relação à testemunha. Avaliando o efeito do Si em três cultivares de algodão, Ferraz (2012), verificou que a cv. BRS Rubi produziu maior quantidade de capulhos

por planta (28,7) com relação as cultivares BRS Topázio (24,8) e BRS Safira (20,1), sendo estas diferenças observadas nas doses 50 e 100 mg L⁻¹ de Si. Também constatou que na ausência de Si e nas concentrações 50, 100 e 150 mg L⁻¹ as cultivares não expressaram diferenças na produção de massa de algodão em pluma. Por outro lado, sob aplicação de 200 mg L⁻¹ a cv. BRS Topázio alocou maior quantidade de massa (63,4 g), com diferença de 46,2% com relação ao acúmulo de 34,1 g revelados na cv. BRS Safira.

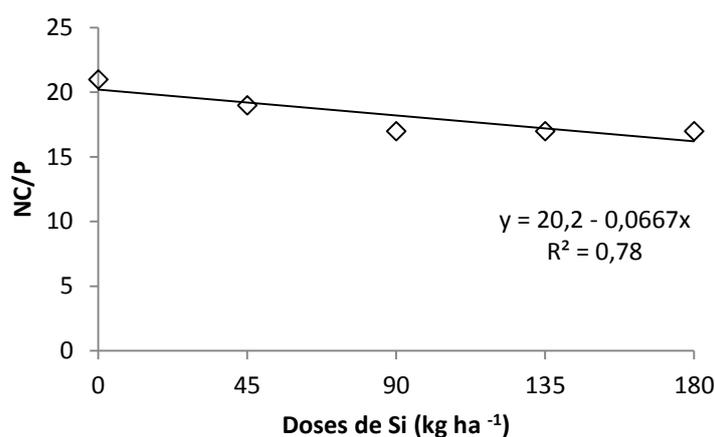


Figura 1. Número de capulhos por planta de algodão em função de doses de silício aplicado via foliar. Fortaleza-CE, 2012.

Observa-se na Figura 2 que o aumento das doses de Si aplicado via foliar, afetou negativamente o número de sementes por planta, comparando-se com a testemunha. Freitas et al. (2011), observaram que a produtividade e a massa de 100 grãos de milho não diferiram com a aplicação de doses de Si, via foliar, em diferentes épocas.

Na cultura do trigo, foi verificado um aumento na produção de grãos, em relação à testemunha, com fornecimento de Si, chegando a 43, 100 e 60%, respectivamente, nas cultivares BR 18, BR 40 e IPR 85. Também houve aumento no número de grãos por planta e no peso individual destes (LIMA FILHO e TSAI, 2007).

No entanto, para o rendimento de grãos de arroz, não foi verificada resposta da aplicação do silicato de cálcio (MARCHEZAN et al., 2004). Por outro lado, outros trabalhos relataram acréscimos de rendimento de grãos com

a aplicação do silicato de cálcio (SANTOS et al., 2003; SEEBOLD et al., 2000). Segundo Pershin et al. (1995), a adubação com silício, além de promover o aumento no rendimento de grãos e na massa de mil grãos, também diminui a esterilidade de espiguetas.

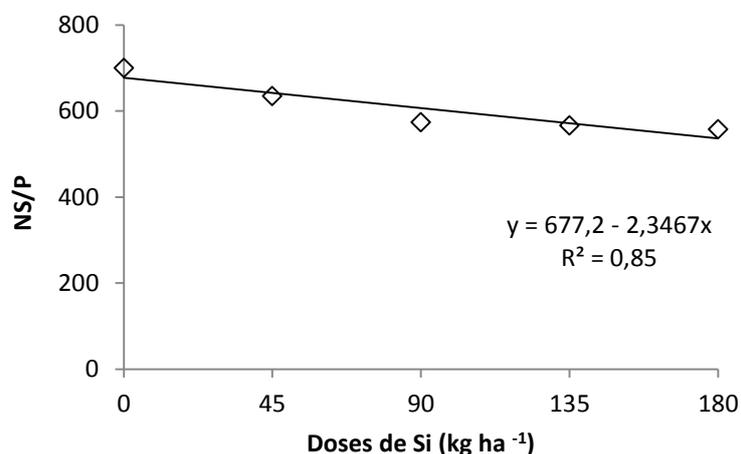


Figura 2. Número de sementes por planta de algodão em função de doses de silício aplicado via foliar. Fortaleza-CE, 2012.

No segundo ano de cultivo, verifica-se que o número de sementes por capulho foi 5,88% inferior na dose de 180 kg ha⁻¹ de Si aplicado via foliar (Figura 3).

Com o objetivo de avaliar o crescimento e a produção de grãos de feijoeiro comum, submetido a doses de Si aplicadas via foliar, em casa de vegetação. Franzot et al. (2005), observaram que não ocorreu efeito significativo para a produtividade, No entanto, a aplicação de Si aumentou a produtividade do amendoim, sendo 31,30% em casca e 28,85% em grãos (DALASTRA et al., 2011), de tubérculos na cultura da batata (SORATTO et al., 2012) e promoveu aumento no número de panículas por metro quadrado e na produtividade de arroz (SINGH et al., 2005).

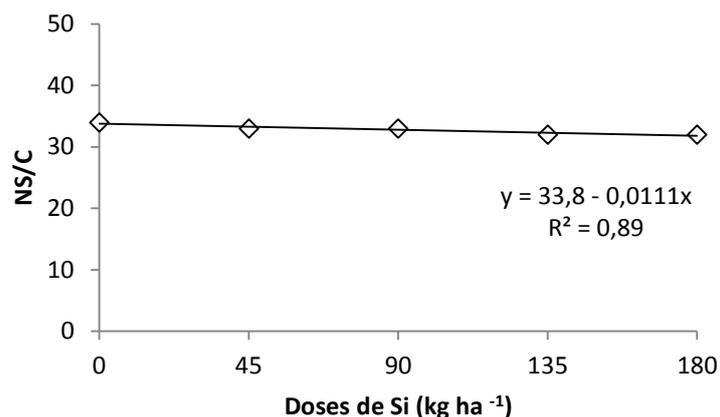


Figura 3. Número de sementes por capulho de algodoeiro em função de doses de silício aplicado via foliar. Fortaleza-CE, 2013.

Os resultados obtidos da adubação silicatada no solo, encontram-se na Tabela 3. Verifica-se que não houve efeito significativo das doses de Si para as variáveis analisadas, até mesmo, com o aumento das doses, no segundo ano de cultivo. Corroborando com resultados encontrados na cultura do tomate (PEREIRA; VITTI; KORNDÖRFER, 2003; LANA et al., 2003), onde não constataram respostas das doses crescentes de silicato de cálcio na produtividade.

No entanto, os resultados de produção de grãos de sorgo, obtidos com a aplicação de silicato no sulco e em área total, proporcionaram aumentos de 36% e 29%, respectivamente, na produtividade de grãos, em relação à testemunha (BARBOSA et al., 2008). Resultados semelhantes foram obtidos por Korndörfer et al. (1999) e Carvalho-Pupatto et al. (2004), para a cultura do arroz.

Oliveira (2013) também verificou efeito positivo das doses de silício no número de legumes, número total de legumes e sementes nos ramos e no número total de legumes e sementes por planta de soja. Em arroz, à medida que, as doses de Si aumentaram os teores de Si no solo e na planta também foram incrementados (TAKAHASHI, 1995). Porém, a queda de produção de grãos observada a partir da utilização de 8.880 kg ha⁻¹ de escória, pode estar relacionada à elevação do pH, tornando micronutrientes indisponíveis.

Tabela 3. Análise de variância referente ao efeito da aplicação do silicato de alumínio no solo nos componentes do rendimento: número de capulhos/planta (NC/P), número de sementes/capulho (NS/C), número de sementes/planta (NS/P), peso do capulho (PC), porcentagem de fibras/capulho (%FI/C), porcentagem de sementes/capulho (%S/C), peso de fibras/capulho (PFI/C), peso de sementes/capulho (PS/C) e produção de algodão por planta, nos dois anos de cultivo. Fortaleza-CE.

Aplicação no solo (2012)					
FV	NC/P	NS/C	NS/P	PC (g)	% FI/C
Dose	4,16 ^{NS}	0,50 ^{NS}	4990,94 ^{NS}	0,027 ^{NS}	1,43 ^{NS}
Bloco	12,96 ^{**}	3,90 ^{NS}	24340,54 ^{**}	0,014 ^{NS}	1,33 ^{NS}
Resíduo	2,61	2,27	3240,0	0,031	0,68
C.V (%)	6,09	4,62	6,58	3,95	1,83
Desvio padrão	1,61	1,50	56,92	0,176	0,82
Média	27	33	865	4,47	45,09
FV	% S/C	PFI/C (g)	PS/C (g)	Produção / planta (g)	
Dose	1,49 ^{NS}	0,002 ^{NS}	0,018 ^{NS}	39,49 ^{NS}	
Bloco	0,48 ^{NS}	0,007 ^{NS}	0,006 ^{NS}	364,94 ^{**}	
Resíduo	1,35	0,004	0,015	27,52	
C.V (%)	2,12	3,32	5,07	4,42	
Desvio padrão	1,16	0,066	0,12	5,24	
Média	54,8	2,0	2,46	118,49	
Aplicação no solo (2013)					
FV	NC/P	NS/C	NS/P	PC (g)	% FI/C
Dose	3,70 ^{NS}	0,45 ^{NS}	3921,3 ^{NS}	0,061 ^{NS}	1,24 ^{NS}
Bloco	6,31 ^{NS}	0,66 ^{NS}	4934,7 ^{NS}	0,097 ^{NS}	0,79 ^{NS}
Resíduo	6,73	1,58	6572,3	0,10	0,70
C.V (%)	13,41	3,76	12,56	6,17	1,94
Desvio padrão	2,59	1,25	81,06	0,31	0,84
Média	19	33	645	5,06	43,26
FV	% S/C	PFI/C (g)	PS/C (g)	Produção / planta (g)	
Dose	1,10 ^{NS}	0,015 ^{NS}	0,020 ^{NS}	126,01 ^{NS}	
Bloco	0,77 ^{NS}	0,025 ^{NS}	0,027 ^{NS}	58,15 ^{NS}	
Resíduo	0,72	0,016	0,039	130,78	
C.V (%)	1,50	5,90	6,90	11,72	
Desvio padrão	0,85	0,12	0,19	11,43	
Média	56,69	2,18	2,86	97,56	

Significativo a ^{**}(1%) e ^{*}(5%). Não significativo ^{NS}

4.6. Conclusão

Sob as condições em que esta pesquisa foi desenvolvida, os dados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

A aplicação de Si via semente e solo não provoca alterações nos componentes do rendimento de algodão.

A aplicação do Si via foliar influencia negativamente o número de capulhos e sementes por planta e o número de sementes por capulho.

4.7. Referências Bibliográficas

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDÖFER, G. H. Importância do silício para cultura do arroz (revisão de literatura), **Informações Agronômicas**, n. 89, p. 1-8, 2000, Encarte Técnico.

BARBOSA, N. C.; VENÂNCIO, R.; ASSIS, M. H. S.; PAIVA, J. B.; CARNEIRO, M. A. C.; PEREIRA, H. S. Formas de aplicação de silicato de cálcio e magnésio na cultura do sorgo em neossolo quartzarênico de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 4, p. 290-296, 2008.

BOYLSTON, E. K.; HERBERT, J. J.; HENSARLING, T. P.; BRADOW, J. M.; THIBODEAUX, D. P. Role of silicon in developing cotton fibers. **Journal of Plant Nutrition**, v. 13, n. 2, p. 131-148, 1999.

CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, 2004.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; CASRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim, **Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 2, p. 404-410, 2013.

DALASTRA, C.; CAMPOS, A. R.; FERNANDES, F. M.; MARTINS, G. L. M.; CAMPOS, Z. R. Silício como indutor de resistência no controle do tripses do prateamento *Enneothrips flavens* Moulton, 1941 (Thysanoptera: Thripidae) e seus reflexos na produtividade do amendoimzeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 531-538, 2011.

DHINGRA, O. D. Importância e perspectivas do tratamento de sementes no Brasil, **Revista Brasileira de Sementes**, v. 7, n. 1, p. 133-138, 1985.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of National Academy of Science of the USA**, v. 91, p. 11-17, 1994.

FERRAZ, R. L. S. **Crescimento, fisiologia e produção do algodoeiro sob efeito do silício via foliar**. 2012, 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba.

FERREIRA, S. M. **O efeito do silício na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.): aspectos bioquímicos, qualidade da fibra e produtividade**, 2008, 67f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

FRANZOT, B. P.; SILVEIRA, L. S. M.; ANDRADE, M. J. B.; VIEIRA, N. M. B.; SILVA, V. M. P.; CARVALHO, J. G. Aplicação foliar de Si em feijoeiro comum,

In: Congresso Nacional de Pesquisa de feijão, 2005. **Anais..** Goiânia, p, 957-960.

FREITAS, L. B.; COELHO, E. M.; MAIA, S. C. M.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 262-267, 2011.

KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES, V. A.; CORRÊA, G. F.; SNYDER, G. H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 635-641, 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. *Tecnologia/Pesquisa*, **STAB**, v. 21, n. 2, p. 6-9, 2002.

LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; SILVA, A. F.; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de Si no tomateiro. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 2, p. 15-20, 2003.

LIMA FILHO, O. F. 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. 2010. Cap. 3, p. 47-60.

LIMA FILHO, O. F.; TSAI, S. M. **Crescimento e produção do trigo e da aveia branca suplementados com silício**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Agropecuária Oeste, v. 41, 2007, 34 p.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Eds.), **Silicon in agriculture**, The Netherlands: Elsevier Science, 2001, 403 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. New York: Academic Press, 1995, 887p.

MARCHEZAN, E.; VILLA, S. C. C.; MARZARI, V.; KORNDÖRFER, G. H.; SANTOS, F. M. Aplicação de silício em arroz irrigado: efeito nos componentes da produção. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 3, p. 125-131, 2004.

MENDONÇA, A. O.; TAVARES, L. C.; BRUNES, A. P.; MONZÓN, D. L. R.; VILLELA, F. A. Acúmulo de silício e compostos fenólicos na parte aérea de plantas de trigo após adubação silicatada. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p.1154-1162, 2013.

MOREIRA, A. R.; FAGAN, E. B.; MARTINS, K. V.; SOUZA, C. H. E. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 3, p. 413-423, 2010.

OLIVEIRA, S. **Silício oriundo da cinza de casca de arroz carbonizada como promotor do rendimento e da qualidade fisiológica de sementes de soja**, 2013, 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes).

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

PEREIRA, H. S.; VITTI, G. C.; KORNDÖRFER, G. H. Comportamento de diferentes fontes de Si no solo e na cultura do tomateiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, n. 1, p. 101-108, 2003.

PERSHIN, B. M.; PERSHIMA, A. N.; ERGORINA, L. M. Silicon and rice production in the Primorskii region. **Agrokhimiya**, v. 10, p. 68-74, 1995.

PHILIPPSSEN, D. R.; SIMONETTI, A. P. M. M. Efeito de aplicação de diferentes doses de silício aplicado via foliar na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, v. 3, n. 3, p. 40-47, 2010.

RAID, R. N.; ANDERSON, D. L.; ULLOA, M. F. Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugar cane. **Crop Protection**, v. 11, n. 1, p. 84-88, 1992.

SANTOS, R. G.; KORNDÖFER, G. H.; REIS FILHO, J. C. D.; PELÚZIO, J. M. Adubação com silício: influência sobre as principais doenças e sobre a produtividade do arroz irrigado por inundação. **Revista Ceres**, v. 50, n. 287, p. 1-8, 2003.

SEEBOLD, K. W.; DATNOFF, L. E.; CORREA-VICTORIA, F. J.; KUCHARAK, T. A.; SNYDER, G. H.; Effect of silicon rate and host resistance on blast, scald and yield of upland rice. **Plant Disease**, v. 84, n. 8, p. 87-876, 2000.

SINGH, S. P.; COOPER, J. E.; FISHER, H. L.; TARRANT, C. J.; LLOYD, T.; BANJO, J.; CORFE, S.; JONES, C. Determining the chronology and components of psychosis onset: The Nottingham Onset Schedule (NOS). **Schizophrenia Research**, n. 80, p. 117-130, 2005.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Produtividade, qualidade de tubérculos e incidência de doenças em batata, influenciados pela aplicação foliar de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 1000-1006, 2012.

SOUZA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, P. C.; RODRIGUES, T. M.; BRITO, C. H. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010,

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATUSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. **Science of rice plant physiology**, v. 2, p. 420-433, 1995.

5. CAPÍTULO 3

ADUBAÇÃO SILICATADA NO ALGODOEIRO: QUALIDADE DA FIBRA E SEMENTES PRODUZIDAS

5.1. Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de silicato de alumínio, aplicadas via sementes, foliar e no solo, na qualidade da fibra e sementes de algodão produzidas. Os experimentos, em campo, foram conduzidos, nos anos de 2012 e 2013, No primeiro ano, os tratamentos foram: 0, 100, 200, 300 e 400 g 100 kg de sementes⁻¹; 0, 45, 90, 135 e 180 kg Si ha⁻¹ aplicado via foliar; e 0, 1000, 2000, 3000 e 4000 kg Si ha⁻¹ aplicado no solo, No segundo ano, os tratamentos foram: 0, 45, 90, 135 e 180 kg Si ha⁻¹, via foliar; e 0, 2000, 4000, 6000 e 8000 kg Si ha⁻¹ aplicado no solo. Para avaliação das características da fibra, amostras de 10 g, oriundas de cada tratamento, foram enviadas ao Laboratório de Análise de Fibras da Embrapa Algodão, onde foi analisado o comprimento, uniformidade, índice de fibras curtas, resistência, alongamento, índice micronaire, maturidade, reflectância, grau de amarelamento e índice de fiabilidade. Para os parâmetros da qualidade fisiológica das sementes, foram analisadas as variáveis: porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento de raiz e parte aérea, porcentagem de emergência a campo, envelhecimento acelerado, teste de frio e peso de mil sementes. As doses de silício melhoram algumas características físicas da fibra de algodão, como reflectância, índice de fibras curtas, grau de amarelo e índice micronaire. O Si aumenta o comprimento da raiz e parte aérea de plântulas de algodoeiro, originadas de sementes produzidas pela aplicação via sementes e solo. O peso de mil sementes é influenciado, positivamente, pela aplicação das doses de silício via semente e solo, podendo incrementar a produtividade.

Palavras-chave: Fibermax 910, silicato de alumínio, qualidade fisiológica.

5.2. Abstract

The objective of the was study the effect of different doses of aluminum silicate applied to seeds, foliar and soil, in the fiber quality and seeds cotton. The experiments in the field were conducted in the years 2012 and 2013, In the first year, the treatments were: 0, 100, 200, 300 e 400 g 100 kg seeds⁻¹; 0, 45, 90, 135 e 180 kg Si ha⁻¹, foliar applications and 0, 1000, 2000, 3000 e 4000 kg Si ha⁻¹ applied to the soil, In the second year, the treatments were: 0, 45, 90, 135, and 180 kg Si ha⁻¹ foliar and 0, 2000, 4000, 6000 and 8000 kg ha⁻¹ Si applied to the soil, To evaluate the characteristics of the fiber, 10 g samples, originating from each treatment, were sent to the Laboratory of Fibers Analysis of Embrapa Cotton, where we analyzed the length, uniformity, short fiber index, resistance, elongation, micronaire index, maturity, reflectance, degree of yellow and reliability index, For seed quality, the variables were analyzed: germination, first count of germination, root and shoot length, percentage of emergence, accelerated aging, cold test and thousand seed weight, Doses of silicon, improves some physical characteristics of cotton fiber, as reflectance, short fiber index, degree of yellow and micronaire index. The Si increases the length of roots and shoots of cotton seedlings, originated from seed produced by the application via seed and soil. The thousand seed weight, is influenced positively by the application of doses of silicon in the seed and soil and can increase productivity.

Keywords: Fibermax 910, aluminum silicate, physiological quality.

5.3. Introdução

O uso de sementes de alta qualidade constitui-se em um dos principais fatores responsáveis pelo sucesso de uma lavoura. Plantas de algodão originadas de sementes com vigor e germinação altas, podem produzir de 10 a 20% a mais, que aquelas provenientes de sementes de baixa qualidade fisiológica, utilizando-se da mesma cultivar e população por área, visto que, o desempenho de sementes no campo, é influenciado pelo vigor das sementes (DELOUCHE e POTTS, 1974).

Sabe-se que as cultivares de algodão diferenciam-se quanto ao tamanho da fibra (curto, médio, longo), duração do ciclo (curto: 120 a 140 dias; longo: 150 a 180 dias), porte baixo ou alto, resistência a doenças, entre outras características. Desta forma, o produtor busca adequar as características ao mercado e as condições ambientais que lhe favorecem, para tanto é importante à utilização de sementes com elevada qualidade (COCCO, 2012).

A produção e a qualidade fisiológica das sementes é diretamente dependente da disponibilidade de nutrientes na lavoura, por afetar a formação do embrião e dos órgãos de reserva, assim como a composição química e, conseqüentemente, o metabolismo e o vigor das mesmas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Segundo Brunetta (2007), a qualidade das sementes de algodão pode ser influenciada por diversos fatores, que podem ocorrer no campo, antes e durante a colheita e por outras intempéries que podem ocorrer no período pós-colheita, podendo estender-se pelas etapas subsequentes de produção, como o beneficiamento, o deslintamento e o armazenamento.

Portanto, a qualidade das sementes é estabelecida durante a etapa de produção no campo, sendo que as demais etapas, como por exemplo, a secagem, o beneficiamento e o armazenamento, poderão somente manter a qualidade (PESKE e BARROS, 2006). Assim, na produção de sementes, o estado nutricional das plantas progenitoras é muito importante, motivo pelo qual, visando oferecer níveis adequados de nutrientes, realizam-se adubações tanto na semeadura quanto em cobertura. A alteração no nível e/ou equilíbrio dos minerais, afeta o metabolismo da planta levando a modificação da morfologia, anatomia e composição química da semente (SEDIYAMA, 2013).

Sá (1994) comenta que plantas adubadas de modo adequado e equilibrado, apresentam condições de produzir maior quantidade de sementes e de melhor qualidade, podendo resistir mais facilmente às adversidades que venham a surgir, no período de produção.

Sabe-se que, o silício, por meio de uma série de ações no metabolismo da planta, tanto do ponto de vista químico como físico, pode contribuir para que haja aumento no crescimento e na produtividade. A adubação com Si via solo, promoveu um crescimento prematuro do algodão, aumentou significativamente o número total de capulhos e simpódios, tamanho de capulhos e porcentagem de fibra e a produção de fibra aumentou em média 11,7% (BOYLSTON et al., 1990). E ainda, segundo o autor, a concentração de silício na fibra aumenta durante a fase de alongamento, alcançando um valor máximo na iniciação da parede secundária, sugerindo que o Si poderia ter um papel na iniciação e alongamento da fibra e, possivelmente, na iniciação da parede secundária.

Estudos realizados por Lima et al. (2009), mostraram que o aporte de silício via foliar, com silicato de alumínio, aumentou a germinação de sementes de cevada (*Hordeum vulgare* L.) sendo significativo a partir da dose de 600 kg ha⁻¹ em relação à testemunha. Segundo Harter e Barros, (2011), plantas de soja tratadas via foliar, com cálcio e silício, produziram sementes com maior qualidade fisiológica.

Como parte viva da planta, a fibra também recebe influência constante do ambiente e apresenta diversas respostas aos estresses climáticos como: temperatura, luminosidade, nutrição da planta, umidade relativa do ar, entre outros fatores (EMBRAPA, 2003). A avaliação dos fatores de qualidade e as características intrínsecas e extrínsecas da fibra são determinadas através de instrumentos de precisão e de alta capacidade analítica, com o equipamento denominado HVI (*High Volume Instruments*), que analisa as características físicas da fibra.

Atualmente, a classificação é exigida quando da internacionalização dos produtos (algodão importado), e da compra e venda do produto, pelo Poder Público, segundo Brasil (2002) e Embrapa Algodão (2006).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do silicato de alumínio aplicado via semente, foliar e solo, na qualidade da fibra e de sementes de algodão produzidas.

5.4. Material e Métodos

Os experimentos em campo foram realizados no setor de Hidráulica e Mecanização Agrícola, localizado no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará – UFC, nos anos de 2012 e 2013. No primeiro ano, foram conduzidos três experimentos destinados à aplicação das doses de Si via recobrimento de sementes (0, 100, 200, 300 e 400 g 100 kg de sementes⁻¹), via foliar (0, 45, 90, 135 e 180 kg Si ha⁻¹) e no solo (0, 1000, 2000, 3000 e 4000 kg Si ha⁻¹). No segundo ano, foram conduzidos dois experimentos destinados à aplicação das doses de Si via foliar (0, 45, 90, 135 e 180 kg Si ha⁻¹) e no solo (0, 2000, 4000, 6000 e 8000 kg Si ha⁻¹).

As colheitas dos capulhos foram realizadas quando os mesmos encontravam-se totalmente abertos. Em seguida, foi realizado o beneficiamento, com a separação da fibra e sementes, manualmente.

No deslintamento, as sementes passaram por um processo de tratamento químico via úmida concentrado, o método mais eficiente segundo Freire (2007), o qual emprega o ácido sulfúrico como agente de degradação da celulose que compõe a fibra do línter. As sementes ficaram imersas no ácido sulfúrico P.A. por 5 minutos, em seguida foram lavadas em água corrente para retirada do excesso do ácido, conforme (LOPES et al., 2006) e secas em papel toalha, a temperatura ambiente, por 24 horas.

5.4.1. Características físicas da fibra

Para avaliação da qualidade da fibra, amostras contendo em média 10 gramas, foram enviadas para o Laboratório de Tecnologia de Fibras e Fios da Embrapa Algodão, Campina Grande-PB. A fibra foi analisada pelo equipamento HVI (*High Volume Instruments*), padronizado pela norma internacional ASTM D- 4605, sendo as seguintes características físicas analisadas:

Comprimento médio da fibra (UHM): determinado eletronicamente, considerando-se o comprimento médio da metade mais longa do feixe de fibras, em 32 subdivisões de polegada, e os resultados expressos em milímetros de fibra (mm);

Uniformidade de comprimento da fibra (UNF): relação entre o comprimento médio e o comprimento médio da metade mais longa do feixe de fibras, expresso em porcentagem;

Índice de fibras curtas (SFI): frequência expressa em função da massa ou da quantidade de fibras, com comprimento inferior a 12,7 mm;

Resistência da fibra (SRT): capacidade que a fibra possui de suportar uma carga até romper-se, expressa em gf.tex^{-1} , representando a força máxima para romper um feixe de fibras;

Alongamento da fibra (ELG): representa o comprimento médio da distância, à qual as fibras se distendem antes da ruptura;

Reflectância (Rd): Corresponde à quantidade de luz refletida pela fibra;

Grau de amarelamento (+b): corresponde ao grau de amarelamento da fibra (+b), de acordo com a escala de “Hunter”, que para o algodão varia de 4 a 18, expresso em porcentagem;

Índice Micronaire (MIC): indicador de resistência de uma determinada massa de fibras a um fluxo de ar, à pressão constante, em câmara de volume definido, expresso em microgramas por polegada ($\mu\text{g.pole}^{-1}$);

Maturidade (MAT): grau de desenvolvimento da fibra, no qual duas fibras de mesmo diâmetro, a mais madura será aquela que possuir a parede mais espessa em sua seção transversal, expresso em porcentagem;

Índice de Fiabilidade (CSP): propriedade que a fibra possui de se transformar em fio, característica importante para o mercado cotonicultor e para as empresas têxteis.

5.4.2. Parâmetros da qualidade fisiológica das sementes produzidas

Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, as análises foram conduzidas no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal do Ceará, campus do Pici, Fortaleza-CE. Após o deslignamento químico, as sementes foram tratadas com fungicida Carbomax 500 SC (carbendazim), para prosseguir as determinações e testes descritos a seguir:

Germinação (G): foram utilizadas 200 sementes de algodão (quatro repetições de 50 sementes), semeadas sob três folhas de papel *germitest*, umedecido,

previamente, com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados no germinador a uma temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, as contagens realizadas aos 4 e 12 dias após a semeadura. A apresentação dos resultados feita pela média aritmética das quatro repetições, em números percentuais inteiros (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação (PCG): conduzido juntamente com o teste de germinação, com realização da contagem aos quatro dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem de germinação.

Comprimento de raiz e parte aérea (CRA e CPA): foram semeadas quatro repetições de 20 sementes em papel *germitest* pré-umedecido, sobre uma linha traçada no terço superior, no sentido longitudinal conforme prescreve Nakagawa (1999). Aos quatro dias após a semeadura, as plântulas normais foram medidas, separadamente, em raiz e parte aérea, sendo os resultados expressos em cm.

Emergência a campo (EC): foram semeadas 100 sementes por repetição, em canteiros. A contagem final foi realizada aos 14 dias após a semeadura, quando estabilizada, sendo os resultados expressos em porcentagem.

Envelhecimento acelerado (EA): as sementes foram distribuídas sobre tela suspensa em caixa plástica do tipo gerbox, contendo 40 mL de água destilada, em seguida foram levadas para uma câmara BOD (*biological organism development*), regulada a 41°C , durante 48 horas (KRZYZANOWSKI et al., 1999). Após esse período, as sementes foram semeadas em três folhas de papel *germitest*, em seguida, os rolos foram colocados em germinador a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, por um período de quatro dias, conforme descrito na metodologia para o teste de primeira contagem de germinação.

Teste de frio em rolo de papel (TF): foram utilizadas 200 sementes de algodão (quatro repetições de 50 sementes), semeadas sob três folhas de papel *germitest*, umedecido, previamente, com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Em seguida, os rolos foram colocados em recipiente plástico fechado, permanecendo por sete dias, em câmara refrigerada a 10°C . Após, foram transferidos para um germinador a uma temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$. A contagem das plântulas consideradas normais foi realizada no quarto dia depois de colocadas no germinador. A apresentação

dos resultados foi feita pela média aritmética das quatro repetições, em números percentuais inteiros (CÍCERO e VIEIRA, 1994).

Peso de mil sementes (PMS): determinado por meio de contagem de oito repetições de 100 subamostras de sementes, pesadas em balança analítica de precisão de (0,0001g) e os resultados expressos em gramas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo os efeitos dos tratamentos avaliados pelo teste F, quando significativos, analisados por regressão polinomial.

5.5. Resultados e Discussão

5.5.1. Características da fibra

Na Tabela 1, são apresentados pelo obtentor, os parâmetros relativos à qualidade das fibras produzidas pela cultivar de algodão utilizado no presente estudo.

Tabela 1. Intervalos médios de comprimento de fibra (UHM), índice de uniformidade do comprimento da fibra (UNF), resistência (STR), micronaire (MIC), grau de reflexão das fibras (Rd) para cultivar de algodão FM 910.

UHM (mm)	UNF (%)	STR (gf.tex ¹)	MIC (µg pol ⁻¹)	Rd (%)
28 - 32	83 - 85	28 - 32	3,8 - 4,4	41 - 43

Fonte: Bayer Cropscience (<http://www.bayer.com.br>)

Os resultados referentes às características da fibra, obtidas do tratamento das sementes com silicato de alumínio, encontram-se na Tabela 2. Dentre as variáveis analisadas, verifica-se o efeito significativo das doses apenas para a reflectância da fibra (Rd %). A reflectância representa uma escala que varia do branco ao cinza e quanto maior for à reflectância da fibra, menor será seu acinzamento, e, portanto maior o interesse da indústria têxtil.

Tabela 2. Análise de variância referente às características da fibra de algodão em função da aplicação de Si via recobrimento de semente. Fortaleza-CE, 2012.

FV	Quadrados médios				
	UHM	UNF	SFI	STR	ELG
Dose	0,423 ^{NS}	0,693 ^{NS}	0,010 ^{NS}	2,391 ^{NS}	0,110 ^{NS}
Bloco	0,411 ^{NS}	0,360 ^{NS}	0,114 ^{NS}	1,749 ^{NS}	0,349 ^{NS}
Resíduo	0,59	1,03	0,19	1,16	0,19
C.V (%)	2,68	1,18	7,36	3,16	8,39
Desvio padrão	0,77	1,01	0,44	1,08	0,43
Média	28,67	86,10	6,03	34,12	5,20
FV	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
Dose	0,133 ^{NS}	0,0001 ^{NS}	5,865 ^{**}	0,089 ^{NS}	34857,2 ^{NS}
Bloco	0,048 ^{NS}	0,0001 ^{NS}	1,136 ^{NS}	0,224 ^{NS}	17227,8 ^{NS}
Resíduo	0,12	0,00	1,17	0,20	20822,8
C.V (%)	7,24	1,04	1,33	5,71	4,81
Desvio padrão	0,36	0,009	1,08	0,45	144,3
Média	4,97	0,88	81,52	7,96	2997,8

UHM-Comprimento (mm); UNF-Uniformidade (%); SFI-Índice de fibras curtas; STR-Resistência (gf.tex⁻¹); ELG-Alongamento à ruptura (%); MIC-Índice micronaire; MAT-Maturidade (%); Rd-Reflectância (%); +b – grau de amarelamento; CSP-Índice de fiabilidade. Significativo a ^{**}(1%) e ^{*}(5%). Não significativo ^{NS}

De acordo com a figura 1, observa-se que, a porcentagem de reflectância da fibra, praticamente não alterou com o aumento das doses de Si, em relação à testemunha. Mesmo assim, a média correspondente à dose 400 g 100 kg de sementes⁻¹, (81,14%), continua sendo, significativamente superior, à faixa de intervalos médios, conforme o obtentor da cultivar.

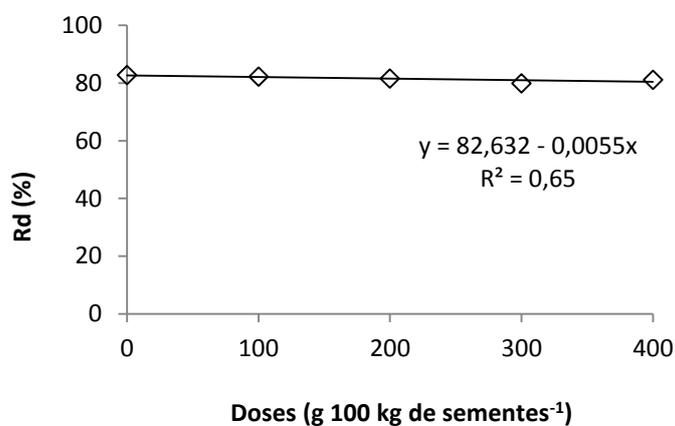


Figura 1. Reflectância da fibra do algodão em função de doses de silício aplicado via recobrimento de semente. Fortaleza-CE, 2012.

Em relação às características da fibra, obtidas da aplicação do Si via foliar (Tabela 3), verifica-se que não houve efeito das doses, em nenhuma variável, no primeiro ano de cultivo do algodão. No entanto, no segundo ano de cultivo, as doses aplicadas promoveram efeito no índice de fibras curtas (SFI) e grau de amarelamento (+b). É importante frisar, que na classificação HVI a cor do algodão é medida por estas duas variáveis. Este padrão de classe é universal e está na custódia do United States Department of Agriculture (USDA, 2011).

Tabela 3. Análise de variância referente às características da fibra de algodão em função da aplicação foliar de Si. Fortaleza-CE.

Aplicação Foliar - 2012					
FV	UHM	UNF	SFI	STR	ELG
Dose	1,065 ^{NS}	1,277 ^{NS}	1,065 ^{NS}	3,784 ^{NS}	0,149 ^{NS}
Bloco	1,373 ^{NS}	1,098 ^{NS}	0,022 ^{NS}	0,754 ^{NS}	0,319 ^{NS}
Resíduo	0,66	0,77	0,10	2,53	0,28
C.V (%)	2,80	1,02	5,39	4,69	10,97
Desvio padrão	0,81	0,88	0,32	1,59	0,53
Média	28,96	86,16	6	33,96	4,90
FV	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
Dose	0,113 ^{NS}	0,00007 ^{NS}	1,481 ^{NS}	0,232 ^{NS}	74881,9 ^{NS}
Bloco	0,154 ^{NS}	0,0001 ^{NS}	2,164 ^{NS}	0,039 ^{NS}	44182,3 ^{NS}
Resíduo	0,04	0,00	2,49	0,35	29506,1
C.V (%)	4,09	0,70	1,92	7,12	5,70
Desvio padrão	0,20	0,006	1,58	0,59	171,7
Média	5	0,88	82,08	8,40	3010
Aplicação Foliar - 2013					
FV	UHM	UNF	SFI	STR	ELG
Dose	0,343 ^{NS}	0,309 ^{NS}	0,374*	0,258 ^{NS}	0,152 ^{NS}
Bloco	0,293 ^{NS}	1,084 ^{NS}	0,313 ^{NS}	0,613 ^{NS}	0,177 ^{NS}
Resíduo	1,22	0,52	0,11	1,07	0,12
C.V (%)	3,81	0,84	5,56	2,95	6,89
Desvio padrão	1,10	0,72	0,33	1,03	0,35
Média	29,02	85,57	6,06	35,07	5,13
FV	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
Dose	0,084 ^{NS}	0,00006 ^{NS}	0,516 ^{NS}	0,535**	15353,3 ^{NS}
Bloco	0,096 ^{NS}	0,00004 ^{NS}	0,712 ^{NS}	0,0228 ^{NS}	35215,8 ^{NS}
Resíduo	0,053	0,00	2,01	0,068	27250,5
C.V (%)	4,54	0,67	1,75	3,47	5,51
Desvio padrão	0,23	0,005	1,41	0,26	165,07
Média	5,09	0,89	80,84	7,51	2993,8

UHM-Comprimento (mm); UNF-Uniformidade (%); SFI-Índice de fibras curtas; STR-Resistência (gf.tex⁻¹); ELG-Alongamento à ruptura (%); MIC-Índice micronaire; MAT-Maturidade (%); Rd-Reflectância (%); +b – grau de amarelamento; CSP-Índice de fiabilidade. Significativo a ^{**}(1%) e ^{*}(5%). Não significativo ^{NS}

Na Figura 2, observa-se o índice de fibras curtas foi menor com o aumento das doses de Si aplicado via foliar, com relação à testemunha. Os valores obtidos classificam-se na categoria de fibra curta com conteúdo “muito baixo” (FONSECA e SANTANA, 2002), por ser inferior a 6%, o que é positivo, pois quanto menor for este índice, melhor será a qualidade tecnológica da fibra (PEDROZA et al., 2006).

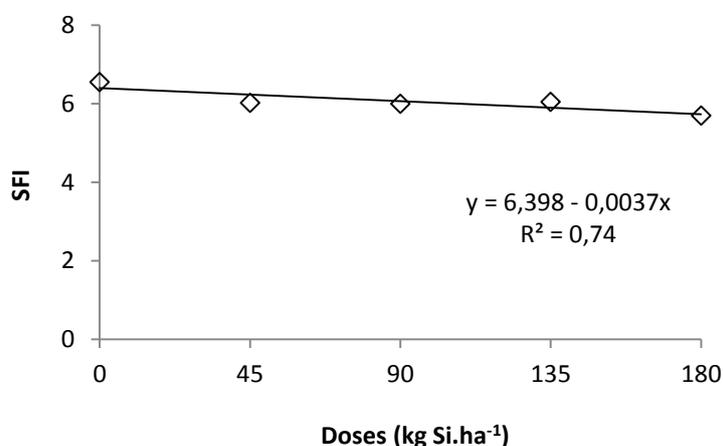


Figura 2. Índice de fibras curtas do algodão em função de doses de silício aplicado via foliar. Fortaleza-CE, 2013.

Em relação ao grau de amarelamento da fibra (Figura 3), verifica-se uma tendência inicial de aumento até a dose 45 kg Si ha⁻¹ alcançando (7,97), porém, com o aumento das doses, esse valor reduz 10,67% na dose 180 kg Si ha⁻¹. Essa redução é positiva, pois quanto menor este índice, mais brancas são as fibras. Portanto, os valores médios obtidos neste experimento estão dentro da faixa normalmente encontrada, ou seja, entre 4 e 18 (SANTANA e WANDERLEY, 1995; SANTANA, 2002).

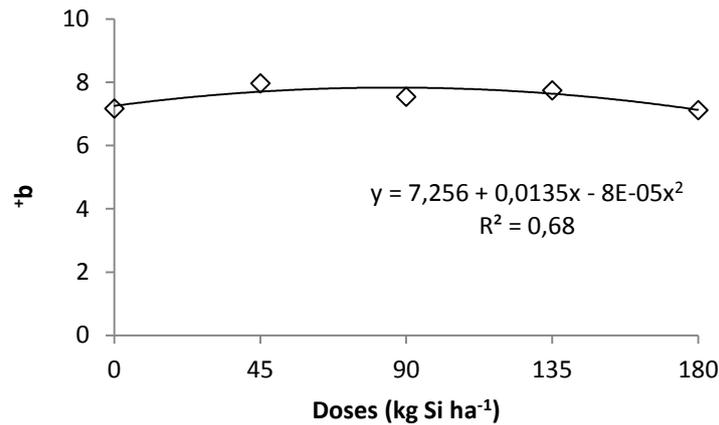


Figura 3. Grau de amarelamento das fibras de algodão em função de doses de silício aplicado via foliar. Fortaleza-CE, 2013.

Na Tabela 4, estão apresentados os resultados relativos à qualidade da fibra produzida em diferentes doses de Si aplicado no solo. No primeiro ano de cultivo, não se constatou efeito das doses nas características analisadas. Já no segundo ano, foi verificado efeito significativo para o índice micronaire (MIC).

Embora o índice micronaire não represente literalmente, a finura da fibra, reconhece-se que, esta é uma medição muito importante, para o estabelecimento do valor do algodão constituindo-se, inclusive, em um critério de seleção na produção de fios, pois de posse desse valor, é possível avaliar-se com grande precisão, a massa de fibra que comporá a seção transversal do fio, o que influi diretamente na resistência deste último (FONSECA e SANTANA, 2002).

Tabela 4. Análise de variância referente às características da fibra de algodão em função da aplicação de Si no solo. Fortaleza-CE.

Aplicação no solo - 2012					
FV	UHM	UNF	SFI	STR	ELG
Dose	0,714 ^{NS}	2,053 ^{NS}	0,328 ^{NS}	3,971 ^{NS}	0,084 ^{NS}
Bloco	0,605 ^{NS}	0,207 ^{NS}	0,013 ^{NS}	1,900 ^{NS}	0,156 ^{NS}
Resíduo	0,89	1,13	0,14	1,67	0,08
C.V (%)	3,22	1,23	6,16	3,86	5,72
Desvio padrão	0,94	1,06	0,37	1,29	0,28
Média	29,37	86,40	6,12	33,49	4,96
FV	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
Dose	0,022 ^{NS}	0,00001 ^{NS}	1,383 ^{NS}	0,074 ^{NS}	78222,8 ^{NS}
Bloco	0,049 ^{NS}	0,00003 ^{NS}	0,285 ^{NS}	0,371 ^{NS}	14473,0 ^{NS}
Resíduo	0,03	0,00	1,27	0,25	30082,5
C.V (%)	3,68	0,65	1,38	6,14	5,71
Desvio padrão	0,18	0,005	1,13	0,50	173,44
Média	4,95	0,88	81,37	8,22	3034,4
Aplicação no solo - 2013					
FV	UHM	UNF	SFI	STR	ELG
Dose	1,140 ^{NS}	0,174 ^{NS}	0,097 ^{NS}	1,858 ^{NS}	0,354 ^{NS}
Bloco	0,779 ^{NS}	1,629 ^{NS}	0,300*	1,892 ^{NS}	0,048 ^{NS}
Resíduo	1,18	1,12	0,05	1,87	0,13
C.V (%)	3,7	1,24	3,41	4,02	7,43
Desvio padrão	1,08	1,06	0,22	1,36	0,36
Média	29,41	85,04	6,57	34,02	4,97
FV	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
Dose	0,204*	0,00007 ^{NS}	0,541 ^{NS}	0,168 ^{NS}	8401,8 ^{NS}
Bloco	0,013 ^{NS}	0,00002 ^{NS}	1,664 ^{NS}	0,589 ^{NS}	49126,9 ^{NS}
Resíduo	0,05	0,00	2,75	0,42	45705,6
C.V (%)	4,87	0,74	2,05	8,67	7,25
Desvio padrão	0,23	0,06	1,65	0,64	213,78
Média	4,85	0,88	80,77	7,48	2946,7

UHM-Comprimento (mm); UNF-Uniformidade (%); SFI-Índice de fibras curtas; STR-Resistência (gf.tex⁻¹); ELG-Alongamento à ruptura (%); MIC-Índice micronaire; MAT-Maturidade (%); Rd-Reflectância (%); +b – grau de amarelamento; CSP-Índice de fiabilidade. Significativo a ** (1%) e * (5%). Não significativo ^{NS}

Em relação ao índice micronaire percebe-se que com o aumento das doses de Si aplicado via foliar, os valores foram inferiores, quando comparados com o controle (Figura 4). Os valores médios obtidos neste experimento variam de 4,65 – 5,75 µg pol⁻¹, ou seja, estão acima do intervalo descrito pelo obtentor da cultivar em estudo (3,8 – 4,4 µg pol⁻¹).

De acordo com Fonsêca e Santana (2002), os valores obtidos encontram-se nas categorias “regular e grossa”, o que é positivo, uma vez que, fibras de baixo micronaire, normalmente, causam “neps” no fio e no tecido acabado, bem como variações no tingimento.

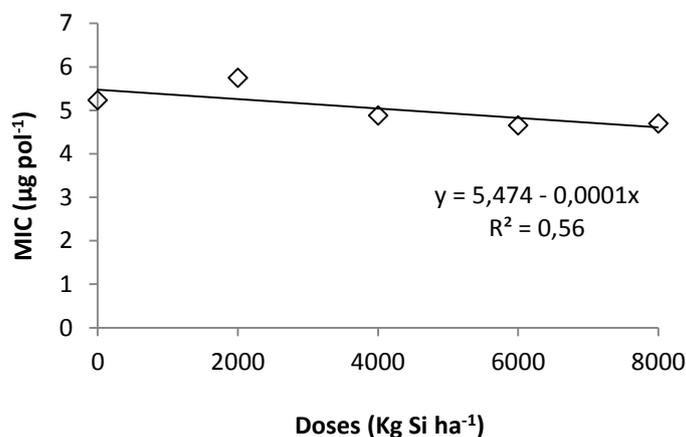


Figura 4. Índice micronaire de fibras de algodão em função de doses de silício aplicado via solo. Fortaleza-CE, 2013.

De forma geral, analisando-se as tabelas 2, 3 e 4 pode-se observar, que os valores médios referentes às características uniformidade, resistência, índice micronaire e reflectância obtidas em todos os experimentos, nos dois anos de cultivo, são superiores aos intervalos propostos na tabela 1, pelo obtentor.

Fazendo-se outra análise, dos mesmos valores obtidos em todos os experimentos, nos dois anos de cultivos (tabelas 2, 3 e 4), com base nos resultados de ensaios HVI e suas interpretações, segundo Fonseca e Santana, 2002, pode-se então classificar a fibra do algodão obtido, da seguinte maneira: comprimento médio “longo”, grau de umidade “maduro”, índice micronaire “regular e grossa”, índice de uniformidade “muito elevado ou muito homogêneo”, conteúdo de fibras curtas “baixo”, resistência à ruptura “muito elevada”, alongamento à ruptura “muito frágil e frágil” e o índice de fiabilidade “muito alto”, ou seja, dentro dos padrões ideais para a indústria.

Portanto, conhecer estas características é muito relevante, pois o sistema HVI constitui-se numa espécie de linguagem universal, sendo utilizado por diversos países produtores e compradores de algodão e também as

cotações para a pluma do algodão são divulgadas, em função destas características (FONSECA e SANTANA, 2002).

5.5.2. Parâmetros da qualidade fisiológica das sementes produzidas

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados da qualidade fisiológica das sementes de algodão, obtidas de plantas oriundas de sementes recobertas com doses de Si. Verificou-se efeito significativo para as variáveis: primeira contagem de germinação, comprimento de raiz e parte aérea, envelhecimento acelerado, teste de frio e peso de mil sementes.

O recobrimento das sementes de soja com cálcio, magnésio e silício melhorou desempenho fisiológico das sementes colhidas e o rendimento de sementes de soja (RUFINO, 2010).

Tabela 5. Análise de variância referente à primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), comprimento de raiz (CRA), comprimento da parte aérea (CPA), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (TF), emergência a campo (EC) e peso de mil sementes (PMS) de algodão produzidas de plantas originadas de sementes recobertas com doses de silício. Fortaleza-CE, 2012.

FV	Quadrados médios			
	PCG	G	CRA	CPA
Dose	137,82**	25,82 ^{NS}	12,322**	1,932**
Bloco	36,58 ^{NS}	9,26 ^{NS}	1,205 ^{NS}	0,235 ^{NS}
Resíduo	12,45	11,22	0,55	0,11
C.V (%)	5,66	3,81	11,50	10,36
Desvio padrão	3,52	3,35	0,73	0,33
Média	62	88	6,40	3,20
FV	EA	TF	EC	PMS
Dose	77,82*	384,30**	88,80 ^{NS}	42,41**
Bloco	94,60**	4,18 ^{NS}	37,65 ^{NS}	1,74 ^{NS}
Resíduo	14,75	23,76	52,06	4,53
C.V (%)	4,38	6,28	9,01	2,90
Desvio padrão	3,81	4,87	7,21	2,13
Média	87	78	80	73,44

Significativo a ** (1%) e * (5%). Não significativo ^{NS}

Para a variável primeira contagem de germinação (Figura 5), verifica-se um aumento de 26,4% com o aumento das doses de silicato de alumínio aplicado via recobrimento de sementes, em relação à dose zero. Resultado semelhante foi encontrado por Matichenkov et al. (2005), que constataram aumento na PCG com crescentes doses de Si via tratamento de sementes de trigo. No entanto, em outros trabalhos não foi observado efeito significativo das doses de Si, como em trigo (FONSECA, 2012) e soja (OLIVEIRA, 2013).

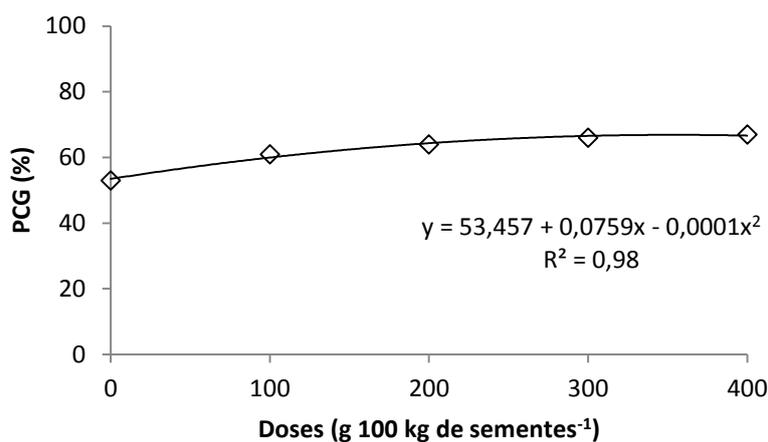


Figura 5. Primeira contagem de germinação de sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via recobrimento de sementes. Fortaleza-CE, 2012.

Em relação ao comprimento da raiz e da parte aérea de plântulas de algodão (Figura 6), verifica-se um aumento de 79,35% e 12,05%, respectivamente, às doses crescentes de Si, via recobrimento de sementes. Oliveira (2013), avaliando duas cultivares de soja, verificou que não houve efeito das doses para o CRA. No entanto, em relação ao CPA, houve diferença apenas para cultivar NA 5909 RR, com o ponto de máxima na dose 58,3 g 100 kg sementes⁻¹. De forma semelhante Rufino (2010), observou diferença significativa apenas para uma das duas cultivares estudadas com o a aplicação de cálcio, magnésio e silício. Em estudo com aplicação de silicato de alumínio Fonseca (2012) não observou diferença significativa para o comprimento da parte aérea em trigo.

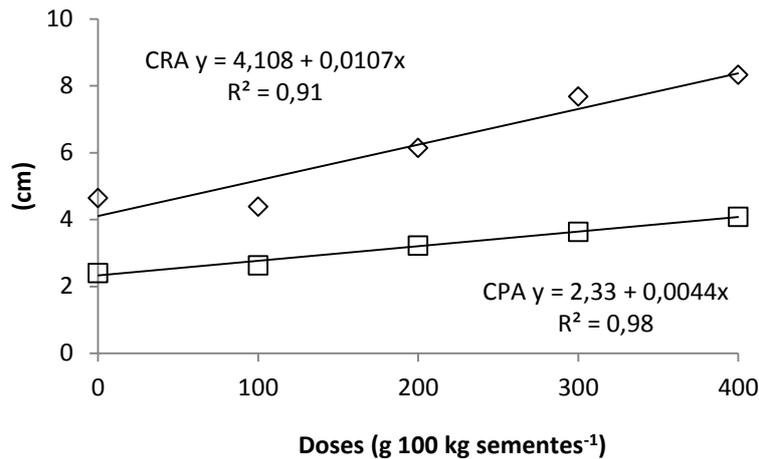


Figura 6. Comprimento de raiz (CRA) e parte aérea (CPA) de plântulas de algodão em função de doses de silício aplicado via de sementes. Fortaleza-CE, 2012.

Para o teste de envelhecimento acelerado (Figura 7), observa-se a máxima porcentagem de germinação na dose de 100 g 100 kg sementes⁻¹, resultando numa germinação de 91%, seguida de uma redução de 11% com o aumento das doses. Na cultura do trigo, o EA apresentou comportamento crescente com aumento de 7,3 pontos percentuais na dose máxima 60 g de caulim 100 kg sementes, em relação à dose zero. Tavares et al. (2011) estudando o desempenho de sementes de trigo recobertas com silício, observaram acréscimo no percentual de germinação para o teste de EA, com o aumento das doses de silício. Já na soja, Oliveira (2013) não constatou efeito significativo das doses no EA.

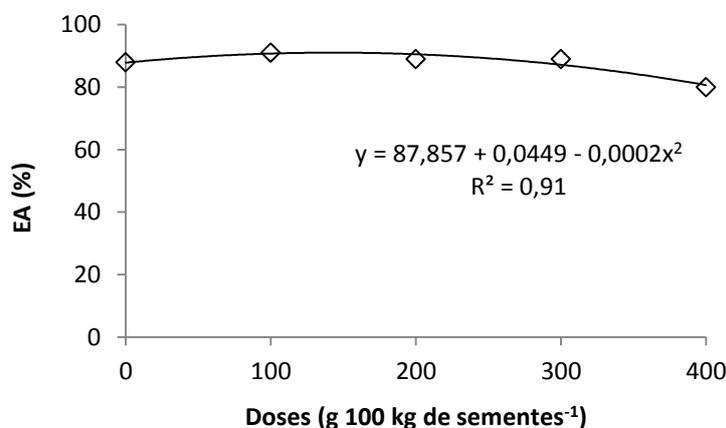


Figura 7. Envelhecimento acelerado de sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via recobrimento de sementes. Fortaleza-CE, 2012.

Para o teste de frio (Figura 8), observa-se um comportamento decrescente, tendo a máxima porcentagem de germinação na dose de 100 g 100 kg sementes⁻¹, resultando numa germinação de 88%. Diferentemente, não foi verificado efeito do Si no TF em trigo (FONSECA, 2012) e soja (OLIVEIRA, 2013). O vigor das sementes de arroz, avaliado pelos TF e EA, aumentou com a aplicação das doses de diferentes fontes de silício (LEITZKE et al., 2013).

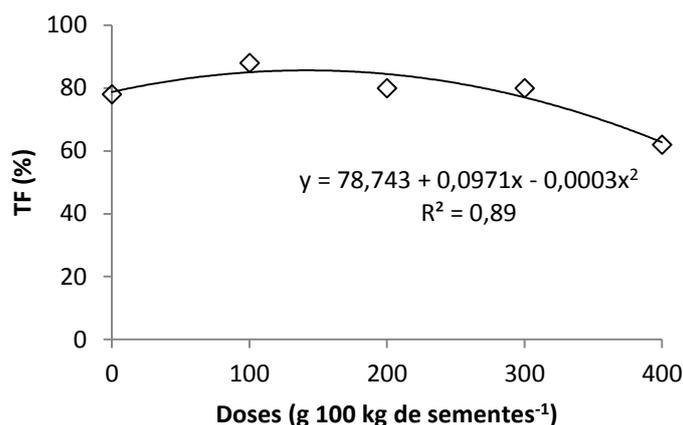


Figura 8. Teste de frio em sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via recobrimento de sementes. Fortaleza-CE. 2012.

No que se refere a variável peso de mil sementes, observa-se que houve efeito positivo, com maior valor na dose de 400 g 100 kg sementes⁻¹, o que representa um acréscimo de 6,06 g (8,3%) em relação à dose zero.

Oliveira (2013) verificou na cultivar de soja BMX Turbo RR um incremento até a dose de 1,67 t ha⁻¹, sendo que, a partir dessa dose, até as doses estudadas, houve um decréscimo e na cultivar NA 5909 RR obteve incremento até a dose de 2,32 t ha⁻¹, e em doses mais elevadas, ocorreu redução nessa variável, no entanto, ainda superior a testemunha na dose mais elevada. Lima Filho e Tsai (2007) observaram benefícios do Si em massa de sementes de aveia branca e trigo.

Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), o peso de mil sementes varia de acordo com o genótipo, mas também, é influenciada pelas condições ambientais e práticas de manejo, como a nutrição das plantas, e ainda que o peso de mil sementes possa estar relacionado ao vigor das sementes.

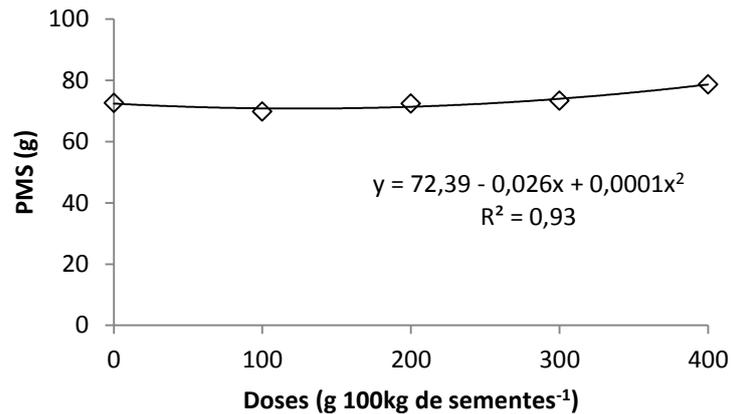


Figura 9. Peso de mil sementes de algodão de plantas produzidas em função do recobrimento de sementes com doses de silício. Fortaleza-CE, 2012.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados da qualidade fisiológica das sementes de algodão, obtidas de plantas tratadas com doses de Si via foliar. Verificou-se efeito significativo para as variáveis: comprimento de raiz, teste de frio e peso de mil sementes, no primeiro ano de cultivo e, na primeira contagem de germinação e teste de frio, no segundo ano. No entanto, para o comprimento de raiz e a primeira contagem de germinação, não houve ajuste a nenhum modelo de regressão.

No que diz respeito às variáveis comprimento da raiz e da parte aérea, não foi encontrada diferença estatística, entre as doses de Si aplicadas via foliar na soja (SALINAS, 2013).

Tabela 6. Análise de variância referente à primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), comprimento de raiz (CRA), comprimento da parte aérea (CPA), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (TF), emergência a campo (EC) e peso de mil sementes (PMS) de algodão produzidas de plantas tratadas com aplicação foliar do Si. Fortaleza-CE.

Quadrados médios - 2012				
FV	PCG	G	CRA	CPA
Dose	29,45 ^{NS}	2,17 ^{NS}	0,772*	0,093 ^{NS}
Bloco	13,73 ^{NS}	2,85 ^{NS}	0,154 ^{NS}	0,130 ^{NS}
Resíduo	17,65	18,47	0,20	0,04
C.V (%)	6,05	4,55	4,59	6,08
Desvio padrão	4,20	4,29	0,45	0,22
Média	69	94	9,85	3,66
FV	EA	TF	EC	PMS
Dose	22,92 ^{NS}	110,42**	34,30 ^{NS}	8,007*
Bloco	100,58 ^{NS}	10,40 ^{NS}	16,20 ^{NS}	0,648 ^{NS}
Resíduo	34,45	17,52	46,7	1,68
C.V (%)	7,11	5,38	7,97	1,59
Desvio padrão	5,87	4,18	6,83	1,29
Média	82	78	86	81,37
Quadrados médios - 2013				
FV	PCG	G	CRA	CPA
Dose	118,32*	9,05 ^{NS}	1,66 ^{NS}	0,124 ^{NS}
Bloco	23,80 ^{NS}	19,40 ^{NS}	0,069 ^{NS}	0,138 ^{NS}
Resíduo	30,42	8,98	0,58	0,23
C.V (%)	7,65	3,51	7,12	8,15
Desvio padrão	5,51	2,99	0,74	0,48
Média	72	85	10,72	6,00
FV	EA	TF	EC	PMS
Dose	62,32 ^{NS}	97,25*	46,82 ^{NS}	0,902 ^{NS}
Bloco	58,33 ^{NS}	61,53 ^{NS}	21,00 ^{NS}	1,547 ^{NS}
Resíduo	41,29	26,28	24,12	0,53
C.V (%)	8,24	6,44	6,07	0,93
Desvio padrão	6,42	5,12	4,91	0,73
Média	78	80	81	77,81

Significativo a ** (1%) e * (5%). Não significativo ^{NS}

Para o teste de frio, no primeiro ano de cultivo (Figura 10A), observa-se que o aumento das doses aplicadas via foliar, afetou a germinação das sementes. Já no segundo ano (Figura 10B), observa-se um comportamento crescente até a dose de 90 g 100 kg sementes⁻¹, resultando numa germinação de 86%, seguida de redução com o aumento das doses.

Esses resultados podem ter ocorrido pelo fato de no primeiro ano, as aplicações terem sido realizadas pela manhã, o que causou a queima das folhas com o aumento das doses, podendo ter interferido no vigor das sementes produzidas.

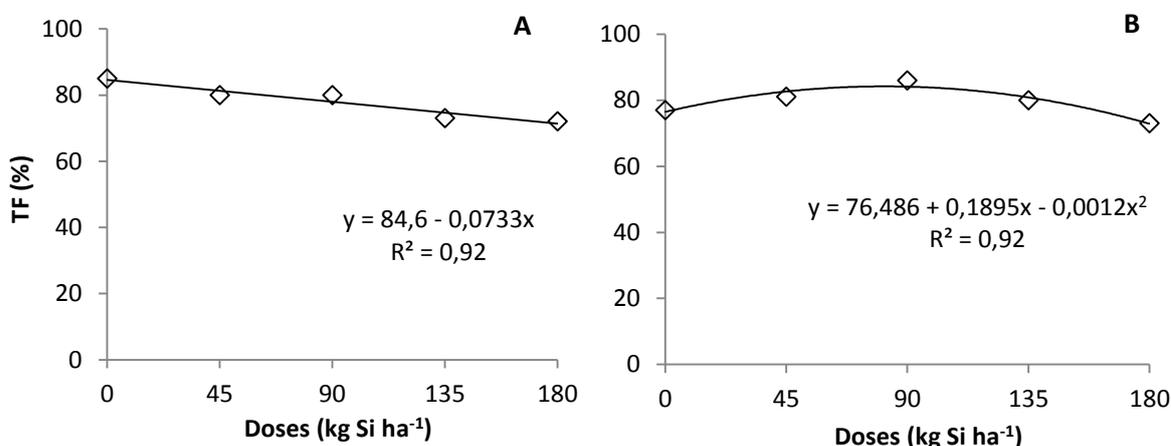


Figura 10. Teste de frio em sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via foliar, nos dois anos de cultivo. Fortaleza-CE.

Com relação ao peso de mil sementes, verifica-se que com o aumento das doses de silicato de alumínio aplicado via foliar, os valores foram inferiores, em relação à dose zero (Figura 11). Contrariamente, não foram observadas diferenças estatísticas para PMS na soja em função das doses de Si avaliadas (PEREIRA JÚNIOR et al., 2010; SALINAS, 2013).

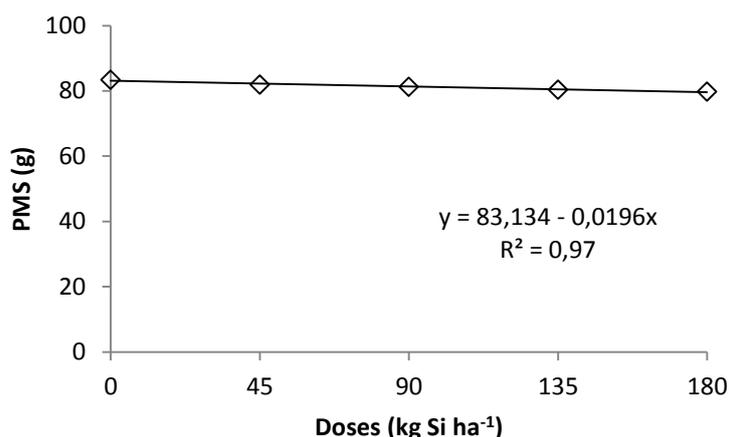


Figura 11. Peso de mil sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via foliar. Fortaleza-CE, 2012.

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados da qualidade fisiológica das sementes de algodão, obtidas de plantas oriundas da aplicação de doses

de Si no solo. No primeiro ano de cultivo, houve efeito significativo para a primeira contagem de germinação, comprimento da raiz e parte aérea e peso de mil sementes. No segundo ano, houve efeito significativo para a PCG e PMS. Porém, para a PCG, não houve ajuste a nenhum modelo de regressão.

Em arroz, houve efeito favorável do silicato de cálcio aplicado via solo, na qualidade das sementes (VIEIRA et al., 2011). De acordo com Lima (2010), em sementes de arroz produzidas, a partir de plantas submetidas à adubação com argila silicatada, não observou alteração em sua qualidade fisiológica.

Tabela 7. Análise de variância referente à primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), comprimento de raiz (CRA), comprimento da parte aérea (CPA), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (TF), emergência a campo (EC) e peso de mil sementes (PMS) de algodão produzidas de plantas tratadas com aplicação do Si no solo. Fortaleza-CE.

Quadrados médios - 2012				
FV	PCG	G	CRA	CPA
Dose	95,05**	2,325 ^{NS}	8,44**	1,327*
Bloco	5,65 ^{NS}	2,450 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,204 ^{NS}
Resíduo	11,31	2,65	0,27	0,47
C.V (%)	5,25	1,69	9,13	12,90
Desvio padrão	3,36	1,63	0,68	0,52
Média	64	96	7,53	4,09
FV	EA	TF	EC	PMS
Dose	6,95 ^{NS}	10,07 ^{NS}	17,67 ^{NS}	21,59**
Bloco	5,00 ^{NS}	5,78 ^{NS}	16,06 ^{NS}	0,13 ^{NS}
Resíduo	5,41	19,04	16,60	0,78
C.V (%)	2,47	4,82	4,32	1,14
Desvio padrão	2,32	4,38	4,07	0,88
Média	94	90	94	77,37
Quadrados médios - 2013				
FV	PCG	G	CRA	CPA
Dose	198,82*	10,87 ^{NS}	0,362 ^{NS}	0,139 ^{NS}
Bloco	11,33 ^{NS}	9,20 ^{NS}	0,273 ^{NS}	0,100 ^{NS}
Resíduo	38,29	14,07	0,33	0,23
C.V (%)	8,78	4,41	4,93	7,65
Desvio padrão	6,18	3,75	0,58	0,48
Média	70	85	11,78	6,27
FV	EA	TF	EC	PMS
Dose	38,82 ^{NS}	7,67 ^{NS}	9,25 ^{NS}	7,63**
Bloco	39,80 ^{NS}	12,58 ^{NS}	24,73 ^{NS}	3,60 ^{NS}
Resíduo	37,25	17,04	11,15	1,36
C.V (%)	7,27	5,39	3,99	1,41
Desvio padrão	6,10	4,12	3,33	1,17
Média	84	76	83	82,42

Significativo a ** (1%) e * (5%). Não significativo ^{NS}

Para as variáveis, comprimento da raiz e da parte aérea de plântulas de algodão (Figura 13) verifica-se resposta positiva às doses crescentes de Si, aplicadas via solo, com os maiores valores obtidos na dose 4000 kg Si ha⁻¹, resultando em 9,42 cm (CRA) e 4,67 cm (CPA), um aumento de 49,95% e 17,33%, respectivamente, em relação à dose zero. Oliveira (2013), avaliando duas cultivares de soja, verificou que não houve efeito das doses para o CRA. No entanto, em relação ao CPA, houve diferença apenas para cultivar BMX Turbo RR, sendo os resultados lineares crescentes na ordem de 0,59 cm para cada unidade de aumento da dose de Si, aplicado via solo.

Essa resposta mostra aumento na qualidade das sementes, pois com o aumento das doses, houve acréscimo no tamanho das plântulas. As quais, com maior crescimento inicial, podem gerar plantas mais produtivas, uma vez que, a maior área foliar inicial, pode proporcionar maior taxa fotossintética, pois segundo Gustafson et al. (2004), plantas portadoras de elevada velocidade de emergência e de crescimento inicial, possuem prioridade na utilização dos recursos do meio e, por isso, geralmente levam vantagem na utilização desses.

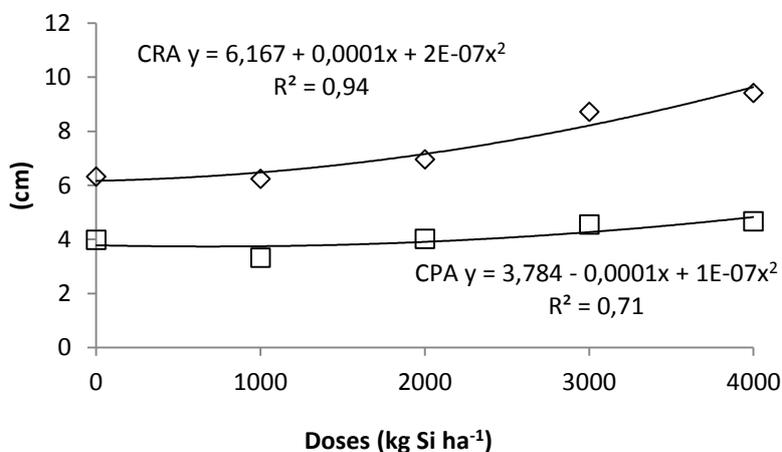


Figura 12. Comprimento de raiz (CRA) e parte aérea (CPA) de plântulas de algodão em função de doses de silício aplicado via solo. Fortaleza-CE, 2012.

Na Figura 13, observa-se que houve um incremento de 2% no peso de mil sementes, em relação à testemunha, obtendo maior valor na dose de 4000 kg Si ha⁻¹ (80,39 g). Corroborando, com os resultados encontrados por Oliveira (2013), avaliando o PMS na cultura da soja.

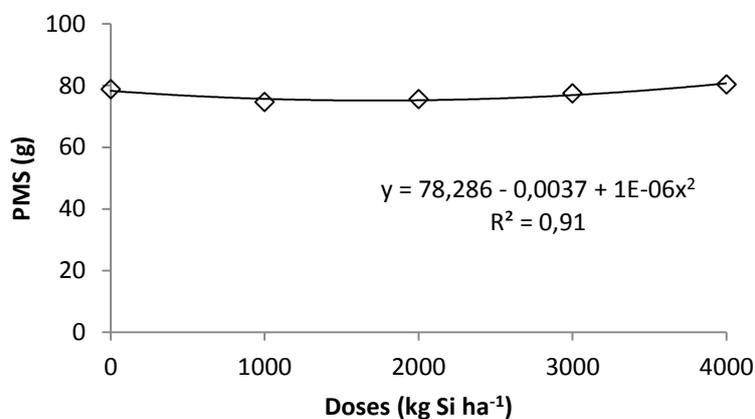


Figura 13. Peso de mil sementes de algodão em função de doses de silício aplicado via solo. Fortaleza-CE, 2012.

5.6. Conclusão

As doses de silício melhoram algumas características físicas da fibra de algodão, como a reflectância, o índice de fibras curtas, grau de amarelamento e índice micronaire.

As doses de silício, bem como a forma de aplicação, não influenciam a germinação das sementes de algodão produzidas.

As sementes de algodão produzidas a partir de plantas que receberam Si aplicado via recobrimento de sementes e no solo originam plântulas com maior comprimento da raiz e parte aérea.

A aplicação do silicato de alumínio via recobrimento de sementes e no solo influencia positivamente o peso de mil sementes, podendo incrementar a produtividade.

5.7. Considerações finais

Esta pesquisa relacionou formas de aplicação com diferentes doses de silicato de alumínio, permitindo analisar seu efeito nas características fisiológicas, morfológicas, rendimento, qualidade de fibra e sementes.

As diferenças de respostas observadas neste trabalho vão ao encontro de pesquisas já realizadas, que mostraram uma série de controvérsias, quanto à aplicação do silício, evidenciando a necessidade de mais estudos sobre o assunto.

Na cultura do algodão, especificamente, há uma carência de dados com relação às doses, formas de aplicação e fontes de silício para comparação de resultados. Bem como, o conhecimento da real atuação do silício em sua fisiologia, uma vez que a maioria dos trabalhos, até o presente momento, tem sido direcionada à controle de pragas e doenças.

5.8. Referências Bibliográficas

BOYLSTON, E. K.; HERBERT, J. J.; HENSARLING, T. P.; BRADOW, J. M.; THIBODEAUX, D. P. Role of silicon in developing cotton fibers. **Journal of Plant Nutrition**, v. 13, n. 2, p. 131-148, 1990.

BRASIL. Instrução Normativa nº 63, de 5 de dezembro de 2002, Diário Oficial da União, Brasília, 6 de dezembro de 2002, p. 6-8.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 395 p. 2009.

BRUNETTA, P. S. F. Produção de sementes de algodão. In: **Algodão no Cerrado do Brasil**. Gráfica Talento, 1ª edição, 2007.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção, Jaboticabal: FUNEP, 588p, 2000.

CÍCERO, S. M.; VIEIRA, R. D. Teste de frio, In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, p.151-164.

COCCO, D. L. **Desempenho fisiológico de sementes de algodão**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012, 22f.

DELOUCHE, J. C.; POTTS, H. C. **Programa de sementes: planejamento e implementação**. 2ª ed, Brasília: AGIPLAN, 1974, 124p.

EMBRAPA ALGODÃO **Sistemas de Produção**. 2 ISSN 1678-8710 Versão Eletrônica Janeiro de 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/coeficientestecnicos.htm>: Acesso em Fevereiro de 2014.

EMBRAPA ALGODÃO, Padrões **Universais para classificação do Algodão**. Joaquim Nunes da Costa e outros, Campina Grande, 2006 22p. (Embrapa Algodão, Documentos, 151).

FONSECA, D. A. R. **Desempenho de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio**. 2012, 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2012.

FONSECA, R. G.; SANTANA, J. C. F. **Resultados de ensaio HVI e suas interpretações (ASTM D-4605)**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Embrapa Algodão, Circular Técnica 66, Campina Grande-PB, p. 1-13. 2002.

FREIRE, E. C. **Histórico do Algodão no Cerrado do Brasil**. Gráfica Talento. 1ª edição, 2007.

GUSTAFSON, D. J.; GIBSON, D. J.; NICKRENT, D. L. Competitive relationships of *Andropogon gerardii* (Big Bluestem) from remnant and restored native populations and select cultivated varieties. **Functional Ecology**, v. 18, n. 3, p. 451-457, 2004.

HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 054-060, 2011.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; NETO, J. B. F. **Vigor de Sementes: Conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

LEITZKE, I. D.; BRUNES, A. P.; MENDONÇA, A. O.; ALGAIER, G. D.; OLIVEIRA, S.; BARROS, A. C. S. A. **Tratamento de sementes de arroz com fontes de silício: efeito na qualidade fisiológica das sementes produzidas**. XXII Congresso de Iniciação Científica, UFPel, 2013.

LIMA, D. B. A.; BARROS, A. C. S. A.; SILVA, J. I., STOHLIRCK, J.; BIN, F.; CICHELERO, T. Silicato de alumínio (caulim) na germinação de sementes de cevada (*Hordeum vulgare* L.). **Anais do XVIII CIC, XI ENPOS e I Mostra Científica**, 2009.

LIMA, B. A. D. **Uso da argila silicatada como fonte de silício na produção de sementes de cereais**. 2010, 40p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2010.

LIMA FILHO, O. F.; TSAI, S. M. **Crescimento e produção do trigo e da aveia branca suplementados com silício**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Agropecuária Oeste 41, 2007, 34 p.

LOPES, K. P.; BRUNO, R. L. A.; COSTA, R. F.; BRUNO, G. B.; ROCHA, M. S. Efeito do beneficiamento na qualidade fisiológica e sanitária de sementes do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 426-435, 2006.

MATICHENKOV, V. V.; KOSOBROUKHOV, A. A.; SHABNOVA, N. I.; BOCHARNIKOVA, E. A. Plant response to silicon fertilizers under salt stress, **Agrokimiya**, v. 10, p. 59-63, 2005.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap.2, p.1-24.

OLIVEIRA, S. **Silício oriundo da cinza da casca de arroz carbonizada como promotor do rendimento e da qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2013, 66f. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas-RS.

PEREIRA JÚNIOR, P.; REZENDE, P. M.; MALFITANO, S. C.; LIMA, R. K.; CORRÊA, L. V. T.; CARVALHO, E. R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 908-913, 2010.

PEDROZA, J. P.; HAANDEL, A. C.; BELTRÃO, N. E. M.; DIONÍSIO, J. A.; DUARTE, M. E. M. Qualidade tecnológica da pluma de algodoeiro herbáceo cultivado em biossólido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 586–592, 2006.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Produção de sementes. In: PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**, 2. Ed. Pelotas: Universitária, 2006, p.15-96.

RUFINO, C. A. **Aplicação de cálcio, magnésio e silício nas sementes de soja**, 2010, 56p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2010.

SÁ, M. E. **Importância da adubação na qualidade de sementes**. In: SÁ, M. E. e BUZZETAS. Importância da adubação na qualidade Agrícola, São Paulo:Icone, 1994, p. 65-98.

SALINAS, J. C. T. **Efeito da aplicação de silicato de alumínio no rendimento e qualidade de sementes de soja**. 2013, 64f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

SANTANA, J. C. S. **Características tecnológicas da fibra de duas cultivares de algodão armazenadas em dois municípios paraibanos**. Campina Grande: UFCG, 2002, 48p. Dissertação Mestrado.

SANTANA, J. C. F.; WANDERLEY, M. J. R. **Interpretação de resultados de fibra, efetuadas pelo instrumento de alto volume (HVI) e pelo finurímetro-**

maturímetro (FMT2). Embrapa/CNPA, n. 41, p.1-9, 1995. Comunicado Técnico.

TAVARES, L. C.; BRAZ, H. S.; TUNES, L. M.; FONSECA, D. A. R.; BARROS, A. C. S. A. **Desempenho de sementes de trigo recobertas com silício**. XX Congresso de Iniciação Científica, III Mostra Científica, UFPel, 2011.

USDA - **United States Department of Agriculture**. Foreign Agricultural Service, 2011. Disponível em: <http://www.usdabrazil.org.br>

VIEIRA, A. R.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, M. L. M.; PEREIRA, E. M.; CARVALHO, B. O. Qualidade de sementes de arroz irrigado produzidas com diferentes doses de silício. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 490-500, 2011.

ANEXO

Resultados da Análise de Solo, experimentos 2012.

pH	M.O.	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺	Classe textural
(água)	(g/kg)	(mg/kg)	----- cmol _c /kg)			-----		
5,5	7,03	10	0,80	1,00	0,10	0,83	1,49	Areia franca

Procedência do solo: Caucaia, CE.

Resultados da Análise de Solo, experimentos 2013.

pH	M.O.	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺	Classe textural
(água)	(g/kg)	(mg/kg)	----- cmol _c /kg)			-----		
5,0	5,48	1	0,80	0,70	0,11	0,09	1,49	Areia franca

Procedência do solo: Caucaia, CE.