

CAPÍTULO 5

SISTEMAS DE PRODUÇÃO E TECNOLOGIA NA CULTURA DO ALGODOEIRO

Samuel Ferrari

Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas, Dracena, São Paulo, Brasil.

Enes Furlani Júnior

Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
São Paulo, Brasil.

Luis Fernando dos Santos Cordeiro

Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas, Dracena, São Paulo, Brasil.

Luís Guilherme Delovo Carara

Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas, Dracena, São Paulo, Brasil.

Júlio Cesar Bogiani

Embrapa Territorial, Campinas, São
Paulo, Brasil.

Paulo Augusto Vianna Barroso

Embrapa Territorial, Campinas, São
Paulo, Brasil.

Resumo

A cultura do algodoeiro destaca-se entre os agricultores brasileiros, pois apresenta grande estrutura de produção e logística, tendo a fibra nacional grande valor nas exportações para os exigentes centros de comercialização. As informações geradas pelo projeto "Monitora Oeste" são muito demandadas pelos produtores durante o período de condução de suas lavouras, principalmente durante o período de maior suscetibilidade de ocorrência de doenças. Elas, estando disponibilizadas de forma rápida, de fácil acesso e especializada em mapas, ajudará o produtor na tomada de decisão. O manejo nutricional do algodoeiro requer atenção dos produtores, pois a cultura apresenta um ciclo que pode chegar a 200 dias, uso de cultivares modernos e cultivo crescente em solo arenoso. Dessa forma, a utilização de fontes e doses de boro e silício apresentam-se com estratégias seguras para o sistema de produção atual.

1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro é uma planta eudicotiledônia e pertence ao gênero *Gossypium*, sendo um arbusto lenhoso de ciclo perene, no entanto, o seu cultivo é realizado em um ciclo anual (NOREEN *et al.*, 2020). Os maiores países produtores de pluma de algodão são Índia, China, Paquistão, Estados Unidos e Brasil, estando os Estados Unidos e o Brasil entre os maiores exportadores (KHAN *et al.*, 2020). O preço da pluma é cotado com base na bolsa de Chicago, e a comercialização realizada em centavos de Dólar por libra-peso. Um alto retorno financeiro ao produtor do algodão é obtido quando a pluma apresenta boa qualidade de fibra, sendo ela mensurada pelo comprimento, uniformidade, índice micronaire, maturidade, finura, tenacidade, alongamento e calorimetria (RESENDE *et al.*, 2014).

Devido à grande importância do cultivo de algodoeiro no cenário nacional e internacional, torna-se importante o desenvolvimento de meios e tecnologias que favoreçam seu sistema produtivo como o monitoramento agrometeorológico e fitossanitário, além de adubação com boro e silício.

2 MONITORAMENTO AGROMETEOROLÓGICO E FITOSSANITÁRIO

Atualmente, o êxito de qualquer empreendimento depende de informações, que devem ter elevada qualidade e serem disponibilizadas em tempo hábil para a análise, a tomada de decisão e a realização rápidas das ações necessárias.

São inúmeras as informações importantes que podem ser levantadas através de monitoramentos a fim de serem correlacionadas ou trabalhadas para gerar produtos/informações elaboradas que proporcionem subsídios ao produtor nas tomadas de decisões, porém, as que estão relacionadas à agrometeorologia, em especial ao clima e à fitossanidade, estão entre as mais demandadas.

Dentre os conhecimentos associados ao clima, pode-se destacar as informações passadas (dados históricos), as que estão acontecendo em tempo real, as previsões de tempo (próximos dias) e o clima (próximos meses) e o conhecimento de parâmetros importantes quanto às condições hídricas da planta e do solo. Esses fatores climáticos e sua relação com o desenvolvimento da cultura precisam ser adequadamente quantificados e monitorados. Os dados provenientes desse monitoramento auxiliam no planejamento estratégico e no acompanhamento diário da unidade de produção, assim como favorecem para, entre outros aspectos, a melhoria das previsões do tempo e do clima e a melhoria da previsão de safra. As informações climatológicas trabalhadas em modelos matemáticos para predizerem a favorabilidade de ocorrência de doenças é um exemplo de produto gerado dentro deste contexto que pode auxiliar o produtor na tomada de decisão do momento mais adequado para realizar as práticas

de manejo demandadas para controlá-las com eficiência. Além disso, são importantes para compreensão de variabilidades da produtividade da safra que acontecem ao longo dos anos.

Dentre os conhecimentos associados às questões fitossanitárias, pode-se destacar algumas como as relacionadas ao monitoramento de ocorrência das doenças dentro de cada lavoura, da localização georreferenciada dessas ocorrências e a sua dispersão. Esse monitoramento também pode ser feito para pragas e plantas daninhas, principalmente para aquelas resistentes a herbicidas e as de difícil controle.

Adicionalmente, um banco de dados formado pelo armazenamento de todas as informações levantadas ao longo do tempo possibilita a realização de trabalhos com o cruzamento de informações históricas a fim de buscar explicações de casos, geração de novos produtos, direcionamento de ações, pesquisas, dentre outras infinitudes de possibilidades. Embora avanços significativos tenham sido obtidos na geração de informações de qualidade nessas áreas nos últimos anos, ainda há necessidade de avanços no que diz respeito à qualidade, à automação dos processos e à agilidade de acesso à informação.

Um projeto nessa temática está sendo executado através de uma parceria firmada entre a Embrapa Territorial e a Associação Baiana dos Produtores de Algodão (ABAPA) na região do Extremo Oeste Baiano, considerada uma das mais importantes produtoras agrícolas do país e polo de produção de grãos e fibras. Suas condições climáticas são menos favoráveis que em outras regiões dos cerrados e tornam mais desafiadoras as condições de produção. As ocorrências de veranicos prolongados comprometem bastante as lavouras e, quando somados aos problemas causados pelas doenças, pragas e plantas daninhas, prejudicam bastante a produtividade final das culturas.

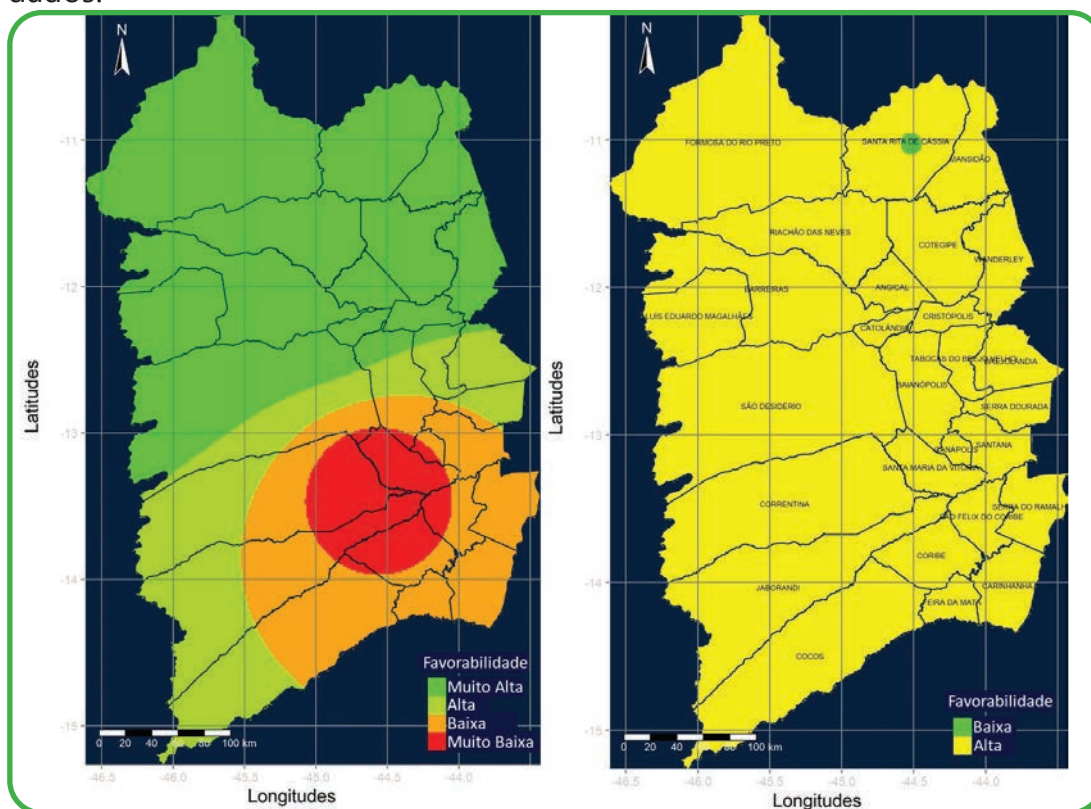
O projeto intitulado “Monitona Oeste: Monitoramento Agrícola e Fitossanitário do Oeste Baiano” tem como propósito o monitoramento para levantamento de dados sobre o clima e a ocorrência de doenças, dentre elas a mancha de ramulária no algodoeiro, causada pelo fungo *Ramularia areola* (Atk.) que é, atualmente, a principal doença da cultura no Brasil. Conforme Suassuna e Coutinho (2011), as perdas de produtividade no cerrado podem chegar a 30% quando medidas de controle não são adotadas e as condições edafoclimáticas são favoráveis, enquanto que Cia e Fuzatto (1998) relatam que, em cultivares mais suscetíveis, a redução na produtividade pode alcançar 75% nas condições mais favoráveis de cerrado.

De início, foram realizados trabalhos para a construção de um banco de dados com informações climatológicas. Um levantamento das estações meteorológicas (todas georreferenciadas) realizado na região possibilitou a construção de uma rede para alimentação do banco de dados de forma automatizada. Todos os dados coletados do clima são processados e armazenados (dados atuais e históricos) para serem usados em atividades de

monitoramento e na elaboração de produtos agrometeorológicos.

Em seguida, foram trabalhados os produtos agrometeorológicos. A predição da ocorrência da mancha de ramulária foi uma delas. Foram levantados dados históricos de severidade da doença ao longo de todo o ciclo da cultura, bem como os respectivos dados climáticos correspondentes ao mesmo período de leitura da severidade e ao mesmo local de ocorrência. Essas informações foram usadas no ajuste de modelos matemáticos para estimar a favorabilidade climática de ocorrência e desenvolvimento da mancha de ramulária no algodoeiro. As informações de clima do banco de dados são aplicadas ao modelo de melhor correlação para geração das condições de favorabilidade. Como as informações de clima (armazenadas no banco de dados) são de estações distribuídas na região, e elas são georreferenciadas, mapas de favorabilidade climática são construídos para a ocorrência e o desenvolvimento da mancha de ramulária no algodoeiro (Figura 1) instantaneamente à chegada das informações de clima no banco de dados. Além disso, informações de previsão climática (obtidas do banco de dados) também são aplicadas aos modelos para se ter as condições de previsão futura quanto à essa favorabilidade.

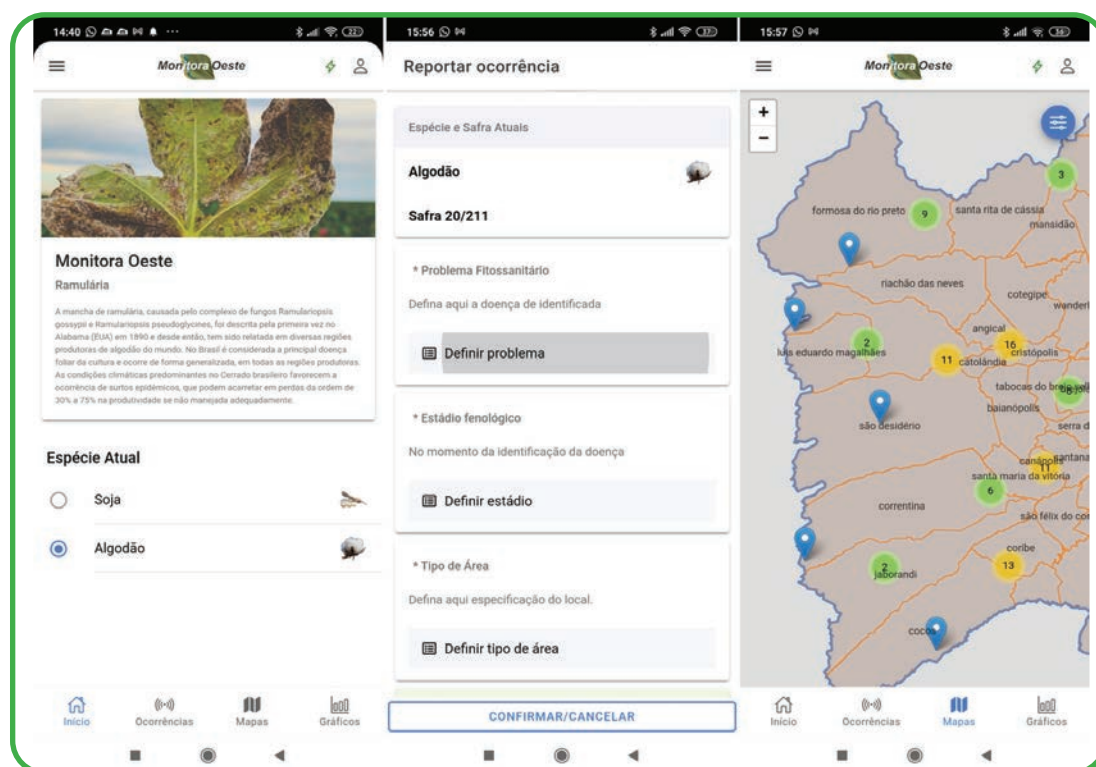
Figura 1. Mapas de favorabilidade climática para a mancha de ramulária do algodoeiro gerados pelo sistema de alerta em diferentes épocas do ano. O sistema gera mapas diários conforme a atualização de clima no banco de dados.



Fonte: elaborado pelos autores.

Foi construída uma “rede informantes” (colaboradores) composta por técnicos que rodam toda a região (profissionais ligados às instituições de monitoramento/fiscalização fitossanitária, consultorias e afins) que fazem o registro georreferenciado das ocorrências de mancha de ramulária na região, anotando informações como a cultivar, o estágio fenológico, a data de semeadura e registro de fotos. Essas informações alimentam um banco de dados, que é utilizado para geração de mapas de ocorrência e dispersão da doença na região oeste da Bahia (Figura 2). Os mapas são atualizados em tempo real, ou seja, assim que feito um registro, o mapa é atualizado automaticamente com este ponto de registro.

Figura 2. Detalhes de telas do aplicativo “Monitora Oeste” e dos mapas de ocorrência e dispersão da mancha de ramulária do algodoeiro na região Oeste da Bahia.



Fonte: elaborado pelos autores.

Atividades de monitoramento agrometeorológico espectral também estão sendo realizadas no projeto. Nessas atividades, os dados meteorológicos são trabalhados com o auxílio de programas específicos e aplicados a imagens do satélite (georreferenciados) para obtenção espacializada (Mapas) de índices agrometeorológicos como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), albedo, temperatura da superfície, evapotranspiração, biomassa e produtividade da água. Essas informações são muito importantes para os produtores que fazem uso de irrigação nas lavouras.

Todas essas informações serão úteis ao produtor nos momentos de tomada de decisão e, para isso, precisam ser disponibilizadas em tempo real para os técnicos e produtores, e de uma forma prática e de fácil acesso. Com esse propósito, foi construído um aplicativo mobile (Figura 1) que permite acesso a todos os mapas dos produtos descritos acima (Mapas de favorabilidade climatológica da mancha de ramulária, de ocorrência e dispersão da doença no campo e os mapas de índices agrometeorológicos).

Será através desse aplicativo que os técnicos/colaboradores da “rede de informantes” farão os registros das ocorrências da mancha de ramulária no campo para alimentar o banco de dados. O aplicativo também servirá como emissor de alertas. A cada registro realizado da doença, todos os usuários do aplicativo receberão uma notificação no celular. Também receberão notificações quando as condições climatológicas estiverem em um nível de alta favorabilidade para ocorrência e desenvolvimento da doença.

Um site tipo WebGis também foi construído para que o usuário possa ter acesso a todas estas informações. Este website disponibilizará opções de buscas mais avançadas, com possibilidade de filtros, maior quantidade de informações e detalhes sobre todos os produtos agrometeorológicos e de monitoramento fitossanitário gerados, bem como a possibilidade de obter mapas de maior resolução e detalhamento.

3 O SILÍCIO NA CULTURA DO ALGODOEIRO

O silício (Si) é encontrado na natureza na forma de silicatos e, principalmente de sílica, sendo um elemento abundante na crosta terrestre (LIMA FILHO, 2010). Apesar disso, cultivos intensivos podem reduzir de forma rápida o teor desse elemento no solo (KORNDÖRFER, 2006). O Si não é considerado essencial para o desenvolvimento pleno de todos os vegetais, justificado por não atender todos os critérios de essencialidade, sendo, portanto, considerado como um elemento benéfico, por induzir efeitos positivos, principalmente, quando a planta se encontra sob situação de estresse (GIONGO; BOHNEN, 2011).

Em se tratando de silício para utilização na agricultura, diversas fontes têm sido empregadas. Dentre as mais comuns são: escórias de siderurgia, termofosfato, subprodutos da produção de fósforo elementar, silicato de cálcio, silicato de sódio, cimento, vollastonita, silicato de magnésio e silicato de potássio.

Esse elemento é absorvido pelas plantas na forma de ácido monossilícico, sendo acumulado nos tecidos vegetais na forma de sílica amorfa hidratada, principalmente, na parte aérea, junto à cutícula, no retículo endoplasmático, em espaços intercelulares e paredes celulares, onde passa a interagir com compostos fenólicos e pectinas, aumentando a rigidez e a força estrutural das plantas (CURRIE; PERRY, 2007). Acredita-se que seu transporte se dê,

principalmente, através do movimento ascendente da água no interior da planta.

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

Pode-se destacar, como benefícios do uso do Si, o aumento da eficiência do uso da água, com diminuição da transpiração, o favorecimento da translocação de carbono para as sementes e a passagem mais rápida da fase vegetativa para a reprodutiva, o estímulo à produção de fitoalexinas (fenóis), o aumento da resistência da parede celular e a regulação da evapotranspiração (ZUCCARINI, 2007). Atua também na melhoria da arquitetura foliar, tornando-as mais eretas, favorecendo a penetração da luz no dossel da planta; proporciona redução na preferência alimentar de insetos e incidência de doenças, principalmente fúngicas, além do aumento da taxa fotossintética (BASAGLI *et al.*, 2003). Ainda, o uso do Si na adubação pode impactar positivamente no índice de clorofila das folhas (LOCARNO; FOCHI; PAIVA, 2011). Esse impacto é benéfico, pois as folhas participam do processo de absorção de energia luminosa para conversão em moléculas de adenosina trifosfato (ATP).

A adubação silicatada promove o acúmulo de silicatos polimerizados nas células epidérmicas, resultando em uma dupla camada silício-cutícula que reduz a transpiração, o que resulta num menor consumo hídrico (KORNDÖRFER, 2007). Assim, a atenuação dos danos de déficit hídrico está ligada ao ajustamento do potencial hídrico, com aumento do teor relativo de água nas folhas, aumento da fotossíntese, além do incremento da produção e da ativação da defesa antioxidante (AHMED; HASSEN; KHURSHID, 2011). A absorção do Si também é útil para reduzir o estresse causado pela falta de água, pois ele pode evitar a compressão dos vasos quando há altas taxas de transpiração pelas plantas.

A resistência e a tolerância das plantas às doenças são influenciadas por fatores ambientais. De fato, a adubação ou nutrição mineral pode ser um fator ambiental manipulável relativamente simples, tornando-se um componente importante para o controle de doenças (FERREIRA *et al.*, 2015).

O uso do Si pode possibilitar à planta vantagens de criar uma barreira química e física com células epidérmicas mais grossas e um grau maior de lignificação e/ou suberificação. Desse modo, o Si agiria tendo um efeito semelhante à lignina ou à suberina de algumas plantas, que são depositadas em paredes primárias, ligando-se aos polissacarídeos para bloquear a penetração da hifa, além de apresentar um resultado mais rápido de ativação extensiva dos mecanismos de defesa da planta quando atinge tecido

hospedeiro, afetando os sinais entre patógeno hospedeiro (FERREIRA, 2008).

No Brasil, devido às suas condições climáticas favoráveis, são crescentes os problemas com doenças em algodoeiro, como por exemplo, a mancha de ramulária, que se caracteriza por ser uma doença foliar de destaque na cotonicultura, por causar desfolha precoce, diminuindo assim a taxa de produção e a qualidade da fibra, tornando os custos com insumos mais elevados no manejo e produção do algodoeiro (FERREIRA *et al.*, 2015).

A utilização do Si sob aplicação foliar pode constituir uma alternativa viável para minimizar o efeito danoso dos estresses bióticos e abióticos para as culturas. Isso porque o elemento pode otimizar alguns processos morfofisiológicos e bioquímicos desejáveis para aumentar de forma significativa o rendimento de algumas espécies cultivadas, como o algodoeiro.

4 O BORO NA CULTURA DO ALGODOEIRO

O boro (B) é um micronutriente essencial às plantas e é responsável pelo metabolismo de carboidratos e transporte de açúcares, metabolismo de fenol e auxina, relações hídricas, desenvolvimento de tecidos, diferenciação e formação de paredes celulares, reprodução e resistência a doenças (TARIQ; MOTT, 2007). Mais de 90% do B presente na planta está ligado à parede celular e membranas, enquanto menos de 10% estão disponíveis para remobilização (ROSOLEM; BOGIANI, 2014). Por esse motivo é pouco móvel no floema, necessitando, assim, de fornecimento adequado durante todo o ciclo, a fim de obter toda planta nutrida.

Nota-se que a deficiência de B afeta mais o desenvolvimento reprodutivo do que o vegetativo do algodoeiro (BOGIANI; AMARO; ROSOLEM, 2013). Na fase reprodutiva, atua no transporte de carboidratos da fonte para os drenos, isso desde o início do estágio reprodutivo, a fim de obter botões florais bem nutridos com carboidratos, diminuindo o seu abortamento. Com o surgimento das flores, o B atua na melhor formação de tubos polínicos, aumentando a taxa de flores fecundadas. Após o aparecimento de maçãs, atua no seu enchimento, que é o acúmulo de carboidratos e outros nutrientes nas fibras recém formadas. Assim, pode aumentar o número e o peso médio de capulhos por planta, e, conseqüentemente, o aumento de produtividade. Por volta de 340 g B ha⁻¹ são absorvidos pelo algodoeiro durante o ciclo da cultura. Com a colheita do algodão (semente e pluma) são exportados aproximadamente 41 g B ha⁻¹, porém, as quantidades podem variar de acordo com a produtividade do algodoeiro (ROCHESTER, 2007).

Os níveis de suficiência de B no algodoeiro variam de 17 a 80 mg kg⁻¹ na primeira folha totalmente expandida (3^a ou 4^a folha) no pleno florescimento do algodoeiro (ROSOLEM; QUAGGIO; SILVA, 2001; ZHAO; OOSTERHUIS, 2002). Porém, em lavouras com alto potencial produtivo, no Centro-Oeste brasileiro, a faixa adequada de suficiência está entre 40 e 80 mg kg⁻¹, considerando a

quinta folha do ápice do algodoeiro (BORIN *et al.*, 2014). Ou seja, a faixa de suficiência pode variar de acordo com a folha amostrada e o potencial produtivo da lavoura, sendo que a coleta das folhas deve ser realizada em pleno florescimento da cultura.

Em trabalho conduzido no Paquistão, a aplicação de 1,5 kg B ha⁻¹ incrementou o número de capulho por planta (53%), o peso médio de capulhos (8%) e, conseqüentemente, a produtividade (13%) (SALEEM *et al.*, 2016). Já em experimento conduzido na Turquia, o uso de B em até 2 kg ha⁻¹ aumentou a produtividade do algodoeiro em 32%, chegando a produzir 2.050 kg ha⁻¹ de fibra, e em 61,4% o peso médio de capulhos (GORMUS; BARUTCULAR, 2016).

As formas de fornecimento de B para o algodoeiro podem ser via solo ou via foliar, entretanto, a aplicação via foliar muitas vezes tem baixa eficiência devido à baixa mobilidade do nutriente no floema. Assim, em situações de alta demanda do elemento há a necessidade de aplicações semanais para atender a demanda nas novas folhas da planta (BOGIANI, 2010). Contudo, a aplicação via foliar pode ser adequada alternativa quando aplicada como complemento da adubação via solo, geralmente após o pleno florescimento, tendo o teor no solo desse nutriente diminuído devido a lixiviação. Ou pode ser adequada também em situações de sombreamento da cultura, em que a transpiração da planta é menor, o que reduz o fluxo de massa (PETERSEN *et al.*, 1992; LOCKE; ORT, 2014), principal meio de absorção de B. Portanto, em cada caso, deve ser analisada a necessidade da utilização e o modo de aplicação do B.

Dessa forma, a adubação via solo se torna indispensável. Normalmente, a adubação boratada é recomendada anualmente, em função da baixa capacidade dos solos tropicais em armazenar o B, devido a sua forma no solo H₃BO₃ (carga zero) facilmente lixiviado (SILVA *et al.*, 2018). Deve-se então levar em conta a solubilidade dos fertilizantes boratados, a fim de escolher a melhor fonte de acordo com o ambiente de produção, e manter o algodoeiro bem nutrido durante todo o ciclo. O teor crítico de boro no solo considerado ideal é por volta de 0,2 - 0,3 mg dm⁻³ (ZHAO; OOSTERHUIS, 2002). Porém, com as cultivares de algodoeiro modernas, que apresentam elevado potencial produtivo, a indicação é de que esse valor deva ser maior. Dessa forma, pesquisas são interessantes para atualização constante nos diferentes ambientes de produção brasileiro, com o objetivo de obter um melhor posicionamento quanto a esse parâmetro.

A produção de algodão no Brasil é, predominantemente, sobre solos de textura média e argilosa, sendo cultivado também sobre solo arenoso (SANTOS *et al.*, 2020). Na maioria das vezes o teor de B no solo arenoso é baixo, devido à sua presença na forma lábil, predominantemente como H₃BO₃, podendo ocorrer lixiviação de mais de 80% do boro aplicado (SILVA *et al.*, 2018). A lixiviação ocorre, principalmente, em solo arenoso que apresenta

baixo teor de matéria orgânica (M.O.), pois é nela que a maioria do boro disponível no solo apresenta-se retido (ROSOLEM; BÍSCARO, 2007). Nesses ambientes de produção, o sistema de semeadura direta (SSD) é importante para aumentar o teor de M.O. (RAPHAEL *et al.*, 2016) e, conseqüentemente, de B no solo (ROSOLEM; BÍSCARO, 2007).

A utilização de fontes de boro 100% solúveis, com doses menores que 1 kg B ha⁻¹, normalmente não proporcionam adequada nutrição ao algodoeiro até o final do ciclo em ambientes com solos de textura arenosa. Em solos arenosos, a aplicação de altas doses dessas fontes (2 kg B ha⁻¹ ou superior) pode ocorrer toxidez de B no algodoeiro logo após a aplicação, devido à sua solubilidade. Porém, essa dinâmica ainda não é exata, em função da dependência das condições ambientais no momento da adubação. Pois, quando aplicado com o solo úmido, e logo após ocorrer precipitação e o clima local tiver com alta temperatura, ocorre grande transpiração pela planta, o que ocasiona elevada absorção de B, já que esse nutriente é absorvido principalmente via fluxo de massa (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Em condições de teor adequado de B no solo, não existem estruturas nas plantas que controlam a sua passagem do solo para o interior da raiz, devido à característica de carga zero desse nutriente na forma de ácido bórico (FAQUIN, 2005), que é assimilada pela planta.

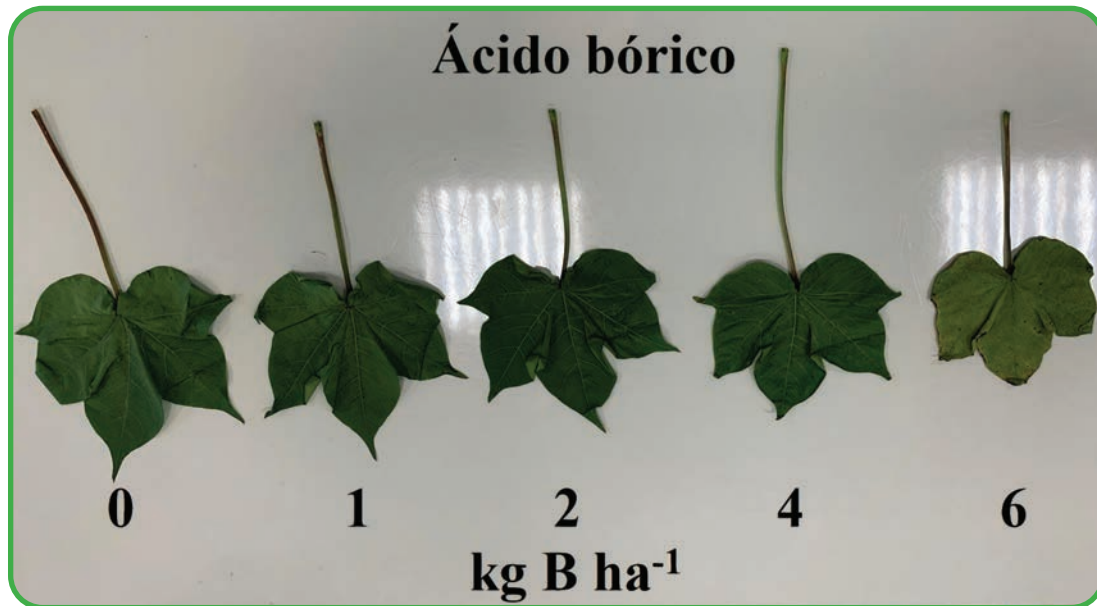
Em algodoeiro cultivado na safra 2020/21 (Figura 3A), em solo arenoso (<15% de argila), com condição de precipitação adequada e uso de doses acima 2 kg B ha⁻¹ via fonte 100% solúvel, o teor desse nutriente na planta com 40 dias após a emergência e 15 dias após a aplicação é de, aproximadamente, 79 mg B kg⁻¹ de matéria seca, o que gera toxidez à planta, reduzindo a produtividade de fibra. Por outro lado, se a aplicação do B for realizada em solo arenoso, seco ou com pouca umidade, e na sequencia ocorrer pouca precipitação, aliado à dias nublados (condições que não favoreçam a transpiração do algodoeiro), a ocorrência de toxidez poderá ocorrer somente com aplicação igual ou superior a 4 kg B ha⁻¹.

Dessa forma, fontes de boro com alta solubilidade não trazem segurança ao produtor de algodão que faz cultivo em solo arenoso. Mesmo assim, se decidir optar por esse tipo de fonte, a dose não deve exceder 1 kg B ha⁻¹, a fim de garantir que não ocorra toxidez ao algodoeiro, independentemente das condições climáticas após a aplicação.

Fontes de B de liberação controlada indicam ser as melhores opções para obter o fornecimento desse nutriente durante todo o ciclo da cultura, porém, poucos estudos são encontrados na literatura. O fertilizante granubor é uma fonte de B solúvel, porém, de liberação controlada e com poucos estudos publicados para a cultura do algodoeiro. A ulexita apresenta lenta liberação de B no solo por ter característica de baixa solubilidade em água. Com isso, promove adequada nutrição das plantas evitando toxidez (BYERS; MIKKELSEN; COX, 2006).

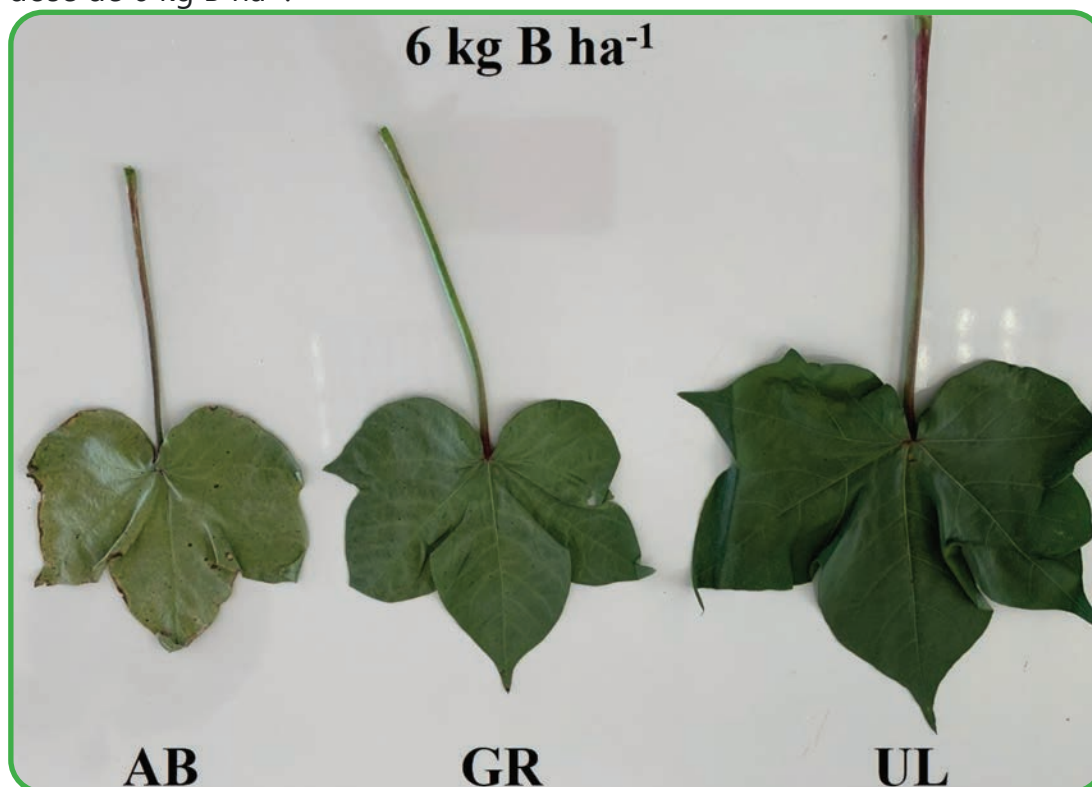
Na Figura 3B, fica evidente que a toxidez de B ao algodoeiro varia de acordo com a fonte utilizada. Ao se utilizar altas doses de B (6 kg ha^{-1}), observa-se alta toxidez ao algodoeiro com aplicação de ácido bórico, média toxidez ao utilizar o fertilizante granubor, e sem sintomas evidentes de toxidez ao se utilizar a ulexita.

Figura 3A. Doses de boro (0, 1, 2, 4 e 6 kg B ha^{-1}), via ácido bórico em algodoeiro cultivado em solo arenoso (<15% de argila).



Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 3B. Boro aplicado no algodoeiro cultivado em solo arenoso com diferentes fontes, sendo ácido bórico (AB), granubor (GR) e ulexita (UL), na dose de 6 kg B ha⁻¹.



Fonte: elaborado pelos autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações geradas pelo projeto "Monitora Oeste" são muito demandadas pelos produtores durante o período de condução de suas lavouras, principalmente durante o período de maior suscetibilidade à ocorrência das doenças, quando estão sendo realizados seus manejos de controle. As informações, estando disponibilizadas de forma rápida, de fácil acesso e especializada em mapas, ajudará o produtor por ocasião das decisões de manejo, época de aplicação de defensivos, intensificação dos cuidados por ocasião de maior pressão da doença ao seu entorno; tudo para proporcionar maior efetividade quanto ao controle da mancha de ramulária no algodoeiro. Além disso, um banco de dados histórico dos anos dessas informações ajudará muito no manejo da doença na região como um todo, pois o cruzamento dos dados possibilitará localizar as áreas de maior problema, se o problema está relacionado à alguma condição climática ou manejo, elaboração de estratégias coletivas para o controle da doença, dentre outras possibilidades para maior efetividade de controle.

O manejo nutricional do algodoeiro requer atenção dos produtores, pois a cultura apresenta um ciclo que pode chegar a 200 dias, uso de cultivares modernos e cultivo crescente em solo arenoso. Dessa forma, a utilização de

fontes e doses de boro e silício apresentam-se como estratégias seguras para o sistema de produção atual.

REFERÊNCIAS

- AHMED, M.; HASSEN, F.; KHURSHID, Y. Does silicon and irrigation have impact on drought tolerance mechanism of sorghum? **Agricultural Water Management**, [s. l.], v. 98, n. 12, p. 1808-1812, 2011.
- 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**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 659-663, 2003.
- BOGIANI, J. C. **Absorção e mobilidade do boro em cultivares de algodão**. 2010. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- BOGIANI, J. C.; AMARO, A. C. E.; ROSOLEM, C. A. Carbohydrate production and transport in cotton cultivars grown under boron deficiency. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v. 70, n. 6. 2013.
- BORIN, A. L. D. C.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do Algodoeiro no Ambiente de Cerrado**. [S. l.]: Embrapa Algodão, 2014. (Comunicado Técnico).
- BYERS, D. E.; MIKKELSEN, R. L.; COX, F. R. Greenhouse evaluation of four boron fertilizer materials. **Journal of Plant Nutrition**, [s. l.], v. 24, n. 4-5, p. 717-725. 2006.
- CHIBA, Y.; MITANI, N.; YAMAJI, N.; MA, J. F. HvLsi1 is a silicon influx transporter in barley. **Plant Journal**, [s. l.], v. 57, n. 5, p. 810-818, 2009.
- CIA, E.; FUZATTO, M. G. Manejo de doenças na cultura do algodão. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO ALGODÃO, 1998. **Anais** [...]. Piracicaba: Potafós : Esalq : USP, 1998.
- CURRIE, H. A.; PERRY, C. C. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. **Annals of Botany**, Oxford, v. 100, n. 7, p. 1383-1389, 2007.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 432-440.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA : FAEPE, 2005.
- 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, Piracicaba, 2008.
- FERREIRA, A. C. B.; CARVALHO, M. C. S. Manejo de solos aptos à cotonicultura no cerrado. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 3. ed. Brasília: Gráfica e Editora Positiva, 2015. p. 65-89.
- GIONGO, V.; BOHNEN, H. Relação entre alumínio e silício em genótipos de milho

resistente e sensível a toxidez de alumínio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 348-356, 2011.

GORMUS, O.; BARUTCULAR, C. Boron nutrition studies with cotton and sunflower in southern turkey. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [s. l.], v. 47, n. 7, p. 915-929, 2016.

KORNDÖRFER, G. H. Elementos benéficos. In: FERNANES, M. S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 355-374.

KORNDÖRFER, G. H. Uso de silício na agricultura. **International Plant Nutrition Institute: Informações agronômicas**, Piracicaba, n. 117, p. 9-11, 2007.

KHAN, M. A.; WAHID, A.; AHMAD, M.; TAHIR, M. T.; AHMED, M.; AHMAD, S.; HASANUZZAMAN, M. World cotton production and consumption: an overview. In: AHMAD, S.; HASANUZZAMAN, M (ed.). **Cotton Production and Uses**. Springer Nature: Singapore, 2020. p. 1-7.

LIMA FILHO, O. F. Aspectos gerais sobre o silício em solos, plantas e animais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 5., 2010, Viçosa, MG. **Anais** [...] Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 47-60.

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

LOCKE, A. M.; ORT, D. R. Leaf hydraulic conductance declines in coordination with photosynthesis, transpiration and leaf water status as soybean leaves age regardless of soil moisture. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 65, n. 22, p. 6617-6627, 2014.

NOREEN, S.; MAHMOOD, S.; FAIZ, S.; AKHTER, S. Plant Growth Regulators for Cotton Production in Changing Environment. In: AHMAD, S.; HASANUZZAMAN, M (ed.). **Cotton production and uses**. Springer Nature: Singapore, 2020. p. 119-144.

PETERSEN, K. L.; FUCHS, M.; MORESHET, S.; COHEN, Y.; SINOQUET, H. Computing Transpiration of Sunlit and Shaded Cotton Foliage under Variable Water Stress. **Agronomy Journal**, [s. l.], v. 84, p. 91-97, 1992.

RAPHAEL, J. P. A.; CALONEGO, J. C.; MILORI, D. M. B. P.; ROSOLEM, C. A. Soil organic matter in crop rotations under no-till. **Soil and Tillage Research**, [s. l.], v. 155, p. 45-53, 2016.

RESENDE, M. A. V. D.; FREITAS, J. A. D.; LANZA, M. A.; RESENDE, M. D. V. D.; AZEVEDO, C. F. Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 3, p. 334-640, 2014.

ROCHESTER, I. J. Nutrient uptake and export from an Australian cotton field. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [s. l.], v. 77, p. 213-233. 2007.

ROSOLEM, C. A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em latossolo vermelho-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 10, p. 1473-1478. 2007.

ROSOLEM, C. A.; BOGIANI, J. C. Nutrição e estresses nutricionais em algodoeiro. *In*: ECHER, F.R. (ed.). **O algodoeiro e os estresses abióticos temperatura, luz, água e nutrientes**. Cuiabá: IMAmt, 2014. (Boletim de P&D, 1), cap. 4, p. 103-121.

ROSOLEM, C. A.; QUAGGIO, J. A.; SILVA, N. M. Algodão, Amendoim e Soja. *In*: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A. (ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq: FAPESP: POTAFOS, 2001. p. 321-354.

SALEEM, M.; WAHID, M. A.; BASRA, S. M. A.; RANJHA, A. M. Influence of soil applied boro non the boll retention, productivity and economic returns of different cotton genotypes. **International Journal of Agriculture e Biology**, Paquistão, v. 18, n. 1, p. 68-72. 2016.

SANTOS, A.; MATOS, E. S.; FREDDI, O. S.; GALBIERI, R.; LAL, R. Cotton production systems in the Brazilian Cerrado: the impact of soil attributes on field-scale yield. **European Journal of Agronomy**, [s. l.], v. 118, 2020.

SILVA, R. C.; BAIRD, R.; DEGRYSE, F.; MCLAUGHLIN, M. J. Slow and fast-release boron sources in potash fertilizers: spatial variability, nutrient dissolution and plant uptake. **Soil Fertility & Plant Nutrition**, [s. l.], v. 82, n. 6, p. 1437-1448, 2018.

SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, W. M. Manejo das principais doenças do algodoeiro no cerrado brasileiro. *In*: FREIRE, E. C. (ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 2. ed. Aparecida de Goiânia: Mundial Gráfica, 2011. p. 567-612.

TARIQ, M.; MOTT, C. J. B. The significance of boron in plant nutrition and environment: a review. **Journal of Agronomy**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 1-10. 2007.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M. Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates, and boron distribution in tissues during development of boron deficiency. **Field Crops Research**, [s. l.], v. 78, n. 1, p. 75-87, 2002.

ZUCCARINI, P. Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of (*Phaseolus vulgaris*) under NaCl stress. **Biologia Plantarum**, República Tcheca, v. 52, n. 1, p. 157-160, 2007.