

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

MURILO MEDEIROS MATOS

**DOSES DE BORO NA QUALIDADE DE FIBRA DO ALGODOEIRO
COLORIDO**

UBERLÂNDIA-MG

2023

MURILO MEDEIROS MATOS

**DOSES DE BORO NA QUALIDADE DE FIBRA DO ALGODOEIRO
COLORIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Ciências
Agrárias, da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Larissa Barbosa
de Sousa.

Coorientador: Me. Gabriel Aragão
Fernandes.

UBERLÂNDIA - MG

2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe Melissa Dantas de Sousa Marques, que sempre esteve ao meu lado dando suporte emocional e espiritual para que eu nunca desista e perca o foco na realização dos meus sonhos. Ao meu pai José Fernando Marques da Silva, por ser meu melhor amigo quando eu precisei, por me dar os melhores conselhos que alguém poderia receber, por nunca medir esforços financeiros proporcionando as melhores oportunidades e experiências de vida, e por me ensinar a ser apaixonado pelo trabalho.

Sem vocês, nada disso seria possível!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por sempre me conceder sabedoria em todos os momentos de decisões para escolher o melhor caminho a trilhar, pela proteção contra todo mal, pela força e disposição nos momentos de batalha e pela fé inabalável.

Aos meus pais pelo imensurável apoio na busca da realização dos meus sonhos.

Aos meus irmãos Fábio, Fernanda, Marcelo e principalmente ao Victor por acreditarem na minha capacidade de me tornar um profissional capaz.

Aos meus avós por todo amor, carinho e paciência.

Aos meus tios, tias, primos e primas que estiveram na torcida pelo meu sucesso.

Aos meus amigos que me ensinaram a valorizar os momentos simples da vida e saber a hora certa de descontrair e descansar.

Aos amigos e colegas membros do Programa de Melhoramento Genético do Algodoeiro da UFU, em especial à minha orientadora Prof^a. Dr^a. Larissa Barbosa de Sousa, aos meus coorientadores Dr. Daniel Bonifácio Oliveira Cardoso, Me. Gabriel Aragão Fernandes e Me. Luiza Amaral Medeiros pela confiança, suporte, ensinamentos, disposição e disponibilização da infraestrutura do grupo na realização do meu trabalho.

Ao meu colega José Augusto Mazzo que me ajudou do início ao fim durante todo o processo de planejamento e execução do trabalho sempre com muita alegria, força de vontade e responsabilidade.

Ao colega Anicézio Resende e à Minas Cotton pelo tempo e disponibilização da infraestrutura da companhia para realização dos testes tecnológicos da fibra de algodão com extrema competência.

A todos vocês, sou eternamente grato!

RESUMO

A cultura do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L) é a principal fonte de fibra natural explorada pelos seres humanos. É produzida em mais de 60 países e participa na geração de mais de 350 milhões de empregos diretos e indiretos, movimentando bilhões de dólares todos os anos. Esta espécie pode produzir colorações diversas de fibra, que abrange desde o branco até diferentes tonalidades de verde e marrom. O principal produto são suas fibras, destinadas à indústria têxtil para confecção de vestimentas. Diversos outros produtos e subprodutos são produzidos através do algodoeiro e participam diretamente no cotidiano das pessoas, como o óleo de cozinha, biocombustível, papel moeda, pólvora, ração animal, entre outros. Possui exigência em solos férteis para que consiga expressar o potencial genético máximo em produtividade e qualidade de suas fibras. Dentre os micronutrientes essenciais exigidos pelas plantas, o boro (B) é o mais limitante para o desenvolvimento da cultura, pois participa de diversas reações bioquímicas fundamentais no metabolismo do algodoeiro. Diante disso, o objetivo do trabalho foi explorar o efeito da aplicação de diferentes doses de boro na qualidade de fibra de cultivares comerciais brasileiras de algodão colorido. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação na cidade de Uberlândia-MG no ano safra 2022/23, por meio do delineamento de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial com 4 repetições, 4 doses de B (0,0; 1,0; 1,5 e 2,0 kg.ha⁻¹) e 4 cultivares comerciais de algodão colorido (BRS Verde, BRS Rubi, BRS Safira e BRS Jade). Avaliou-se 7 características tecnológicas de fibra, sendo elas Micronaire (MIC), Maturidade de Fibra (MAT), Comprimento de Fibra (UHML), Uniformidade de Comprimento (UI), Índice de Fibra Curta (SFI), Resistência de Fibra (STR) e Alongamento de Fibra (ELG). Dentre os genótipos avaliados, o BRS Jade se destacou em qualidade tecnológica de fibra para todas as variáveis analisadas, com grande potencial para produção em larga escala bem como ser utilizado como genitor em programas de melhoramento genético de algodão colorido. Os genótipos de algodoeiro colorido expressam respostas distintas em qualidade de fibra quando submetidos a diferentes dosagens de Boro, o que indica a necessidade de ajuste de dosagem para cada cultivar. É necessário também mais estudos com doses maiores comparadas ao presente trabalho.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*. Fibra colorida. Micronutriente. Qualidade de fibra.

ABSTRACT

The cultivation of herbaceous cotton (*Gossypium hirsutum* L) is the main source of natural fiber exploited by humans. It is produced in more than 60 countries and contributes to the generation of more than 350 million direct and indirect jobs, moving billions of dollars every year. This species can produce various fiber colors, ranging from white to different shades of green and brown. The main product is its fibers, which are destined for the textile industry for clothing manufacturing. Various other products and by-products are produced from cotton and are directly part of people's daily lives, such as cooking oil, biofuel, banknote paper, gunpowder, animal feed, among others. It requires fertile soils to express the maximum genetic potential in productivity and quality of its fibers. Among the essential micronutrients required by the plants, boron (B) is the most limiting for the development of the crop, as it participates in various fundamental biochemical reactions in the cotton plant's metabolism. Therefore, the objective of this study was to explore the effect of the application of different doses of boron on the fiber quality of commercial Brazilian colored cotton cultivars. The study was conducted in a greenhouse in the city of Uberlândia-MG during the 2022/23 growing season, using a randomized block design in a factorial scheme with 4 repetitions, 4 doses of B (0.0; 1.0; 1.5 and 2.0 kg.ha⁻¹), and 4 commercial colored cotton cultivars (BRS Verde, BRS Rubi, BRS Safira, and BRS Jade). Seven technological fiber characteristics were evaluated, namely Micronaire (MIC), Fiber Maturity (MAT), Fiber Length (UHML), Length Uniformity (UI), Short Fiber Index (SFI), Fiber Strength (STR), and Fiber Elongation (ELG). Among the evaluated genotypes, BRS Jade stood out in fiber technological quality for all the analyzed variables, with great potential for large-scale production as well as for use as a parent in colored cotton breeding programs. The colored cotton genotypes express different fiber quality responses when subjected to different boron dosages, indicating the need for dosage adjustment for each cultivar. More studies with higher doses compared to the present study are also necessary.

Keywords: *Gossypium hirsutum*. Colored Fiber. Micronutrient. Fiber Quality.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Resultados da análise química e física do solo amostrado na Fazenda Experimental Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, feita pela empresa Safrar® Análises Agrícolas, em Uberlândia – MG, ano safra 2022/23.....	15
TABELA 2 - Representação esquemática dos tratamentos no esquema fatorial 4 x 4..	16
TABELA 3 - Quadro de interpretação e classificação das características de tecnologia de fibra de algodão segundo EMBRAPA (2002).....	20
TABELA 4 - Análise de variância da interação entre os diferentes cultivares de algodoeiro colorido desenvolvidos pela Embrapa em relação às diferentes dosagens do micronutriente boro no desempenho das características tecnológicas de fibra. Uberlândia-MG, ano safra 2022/23.....	21
TABELA 5 - Médias de índice Micronaire (MIC) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/2023.....	22
TABELA 6 - Médias de Maturidade de Fibra (MAT) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/2023.....	26
TABELA 7 - Médias do Comprimento de Fibra (UHML, em mm) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/23.....	29
TABELA 8 - Médias de Uniformidade de Comprimento (UI, em %) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/23.....	31
TABELA 9 - Médias do Índice de Fibras Curtas (SFI, em %) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/23.....	34
TABELA 10 - Médias de Resistência de Fibra (STR, em gf.tex-1) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/23.....	38

TABELA 11 - Médias do Alongamento de Fibra (ELG, em %) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/23..... **41**

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - Análise de Regressão do Índice Micronaire (MIC) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23..... 24
- FIGURA 2** - Análise de Regressão do Índice de Maturidade de Fibra (MAT) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23..... 27
- FIGURA 3** - Análise de Regressão do Comprimento de Fibra (UHML, em mm) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23..... 30
- FIGURA 4** - Análise de Regressão da Uniformidade de Comprimento (UI, em %) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23..... 32
- FIGURA 5** - Análise de Regressão do Índice de Fibra Curta (SFI, em %) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23..... 35
- FIGURA 6** - Análise de Regressão da Resistência de Fibra (STR, em gf.tex-1) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23..... 39
- FIGURA 7** - Análise de Regressão do Alongamento de Fibra (ELG, em %) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23..... 42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4. CONCLUSÃO.....	43
5. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) é a principal forma de obtenção de fibra vegetal natural pelos seres humanos, a qual é destinada principalmente para a cadeia de produção têxtil. Esta espécie é originária da América Central, e há cerca de 4.500 anos a.C os antepassados realizaram sua domesticação (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2002). Nos dias de hoje, é cultivada em mais de 60 países, sendo semeada anualmente aproximadamente 32 milhões de hectares, o que na safra de 2021/22 resultou em uma produção um pouco acima de 25,8 milhões de toneladas de pluma (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA, 2023).

Devido ao aumento expressivo da população mundial, a demanda pela fibra de algodão tem aumentado gradativamente com acréscimo anual médio de 2% desde o ano de 1950. A produção do algodoeiro tem movimentado um mercado com valor econômico em torno de US\$ 12 bilhões, gerando mais de 350 milhões de empregos diretos e indiretos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO - ABRAPA, 2022). Diante disso, o algodoeiro é uma dentre as cinco culturas de maior relevância socioeconômica no mundo.

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2023), na safra brasileira de 2022/23, foram semeados 1,66 milhões de hectares de algodão, e obteve um volume de produção de mais de 3,0 milhões de toneladas de pluma. Comparada com a safra anterior, houve um crescimento de 3,75% em área semeada e 22,8% na produção. Atualmente, no ranking mundial, o Brasil ocupa a quarta colocação a nível de produção e a segunda colocação como maior exportador de algodão em pluma (USDA, 2023).

Além de ser a principal fonte de fibra natural para indústria têxtil no mundo, o algodoeiro abrange uma grande diversidade de cadeias produtivas no setor econômico brasileiro. Neste sentido, destaca-se também a sua utilização na indústria alimentícia humana para produção de óleo de cozinha, na produção de biodiesel, na indústria de cosméticos, na indústria bélica, na indústria de rações animais, na produção de utensílios para higiene pessoal, na produção de embalagens diversas e até mesmo na produção de papel moeda (COSTA, 2017). Este último, é proveniente do “línter”, o qual é uma camada de fibras curtas ricas em celulose aderidas fortemente à epiderme das sementes, podendo também ser utilizado na confecção de algodão cirúrgico (SALVIANO et al., 2021).

Portanto, a cotonicultura é um dos setores de produção mais tecnológicos do agronegócio brasileiro, e é de extrema importância econômica e social, representando uma parcela significativa do produto interno bruto (PIB) do país (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2022).

Alguns cultivares comerciais de algodoeiro expressam naturalmente colorações diversas, as quais variam em tonalidades desde do verde claro ao marrom escuro (BARROS et al., 2020). Estas fibras coloridas naturalmente são utilizadas na indústria têxtil visando minimizar, ou até mesmo dispensar, o uso de corantes químicos sintéticos. Possibilita também a redução no consumo de água durante os processos de beneficiamento das fibras, se comparado com as fibras de coloração branca, onde há grande utilização de água e produtos químicos sintéticos para tingimento. Sendo assim, o uso de fibras coloridas naturalmente pela indústria têxtil garante redução nos custos de produção, além da obtenção de produtos que apresentam maior valor agregado por atingirem um nicho de mercado ecológico e sustentável (QUEIROGA et al., 2008; CARDOSO, 2009; CARDOSO et al., 2010).

Porém, ao longo da história da cotonicultura brasileira, os produtores e o mercado consumidor priorizaram genótipos que expressassem algodão de fibra branca para o cultivo em larga escala. Devido a isso, cultivares com esta característica passaram por programas de melhoramento genético e obtiveram ganhos superiores em produtividade e qualidade de fibra em relação às cultivares de fibra colorida (CARVALHO; FARIAS; RODRIGUES, 2015). Dessa forma, de acordo com SOUZA (2013), os grandes produtores deixaram a cotonicultura colorida “de lado”, principalmente por apresentarem fibras com características de menor comprimento, diâmetro reduzido, serem mais frágeis e pela falta de uniformidade de cores, as quais, segundo VILLARI (2010), são consideradas características de grande importância para obter maior rendimento industrial e qualidade dos produtos finais.

Logo, a cotonicultura de fibra colorida é praticada no Brasil prevalentemente por agricultores familiares e assentados, principalmente no semiárido nordestino (JERÔNIMO et al., 2014). Entretanto, este setor do agronegócio tem ganhado visibilidade no mercado têxtil, uma vez que a procura pelas fibras naturalmente coloridas vem aumentando nos últimos anos, especialmente devido os produtos finais terem valores de mercado cerca de 30 a 40% maiores em relação aos de fibra branca (BELTRÃO e CARVALHO, 2004). Neste contexto, somente a boa valorização nos preços não garante viabilidade para produção em larga escala. Assim, há a necessidade de maiores

investimentos em programas de melhoramento genético de plantas para que ocorram melhorias significativas nas cultivares já existentes no mercado.

De acordo com VIDAL NETO e FREIRE (2013), as principais características que devem ser melhoradas são: produtividade, rendimento de fibra, qualidade de fibra, adaptabilidade às condições edafoclimáticas das regiões de maior relevância produtiva da cultura do algodoeiro tradicional (fibra branca), resistência múltipla às doenças, entre outras. Com isso, permite com que a produção do algodão naturalmente colorido seja possível em escala industrial. Para que ocorram melhorias nos principais caracteres de interesse expressos pelas plantas, há a necessidade de explorar a variabilidade genética dentro das populações, possibilitando então a identificação de genótipos superiores e dando progresso ao melhoramento genético para garantia da estabilidade produtiva e da qualidade dos produtos e subprodutos nas principais regiões brasileiras que exploram a cotonicultura (PENNA, 2005).

Contudo, com os avanços dos programas de melhoramento genético do algodoeiro colorido e conseqüentemente na obtenção de cultivares mais produtivas, há a necessidade dos produtores se atentarem nas maiores exigências nutricionais das novas cultivares presentes no mercado (MROJINSKI et al., 2015).

A cultura do algodoeiro é exigente em solos férteis para que consiga expressar o potencial genético máximo em produtividade e qualidade de seus frutos. Sendo assim, é necessário o cultivo em áreas que apresentam solos com bons níveis de nutrientes essenciais exigidos pelas plantas (SILVA et al., 1987; ZANCANARO e TESSARO, 2006). Para regiões com solos menos férteis, é necessário realizar a correção e adubação adequada para que se mantenha um sistema com boas produtividades e qualidade dos produtos produzidos, assegurando a viabilidade econômica da cultura no país (ROSOLEM, 2014).

Diante os principais micronutrientes essenciais exigidos pelas plantas de algodão, o boro (B) é o mais limitante para a cultura. Mesmo que a demanda pelas plantas por este nutriente seja em menor quantidade comparado aos macronutrientes essenciais, o B participa em diversas reações bioquímicas fundamentais no metabolismo do algodoeiro. Portanto, sua presença em níveis não adequados afetará o desenvolvimento e produção da cultura (TAIZ e ZEIGE, 2004; ROSOLEM, 2005).

São inúmeras as funções do boro nas atividades metabólicas das plantas de algodão, sendo presente principalmente na germinação do grão de pólen, crescimento do tubo polínico, transporte de açúcares, lignificação da parede celular, metabolismo de

RNA, metabolismo de carboidratos, metabolismo de compostos fenólicos, na respiração, formação dos tecidos meristemáticos, no desenvolvimento de raízes, na absorção de nutrientes, entre outras (KIRKBY e RÖMHELD, 2007). É o único nutriente essencial para as plantas que não é absorvido pelas raízes como um íon, e sim como uma molécula sem carga. Sua absorção pelas raízes é predominantemente realizada por fluxo de massa, possivelmente devido não apresentar cargas, dessa forma entrando nos tecidos das raízes das plantas por passividade na forma de ácido bórico, o qual é um elemento que a membrana plasmática confere alta permeabilidade, exigindo a presença de água neste processo (BARBER, 1966).

A deficiência de Boro, bem como de outros micronutrientes, é uma condição comum na agricultura realizada nos solos do Cerrado (BUOL, 2009). A deficiência deste micronutriente resulta em plantas de algodoeiro com quadro sintomatológico visual típico, que pode incluir: a formação de anéis concêntricos de coloração marrom-escuro nos pecíolos de folhas jovens; não fecundação dos óvulos; distúrbios no sistema vascular na região do pedúnculo impossibilitando a passagem ideal de carboidratos para as estruturas reprodutivas; deformação das estruturas reprodutivas; queda excessiva de botões florais, flores e frutos novos; crescimento anormal do ramo principal; encurtamento dos internódios; superbrotamento; morte de gema terminal; prolongamento do ciclo vegetativo e persistência na retenção das folhas; plantas menos produtivas; ponteiros cloróticos, enrugamento das folhas, espessamento e deformação dos limbos; qualidade inferior das fibras, devido a menor translocação de açúcares do limbo foliar para as estruturas reprodutivas; não formação de sementes; dentre várias outras implicações (ROSOLEM et al., 2001; ZHAO e OOSTEHUIS, 2002; MALAVOLTA, 2006).

Como visto, é de extrema importância que os produtores tenham conhecimento técnico das exigências nutricionais de cultivares de algodoeiro colorido em relação ao micronutriente boro para que se alcance altas produtividades com produtos de qualidade e consolide este sistema de produção nas principais áreas cotonicultoras do país, agregando valor à produção de forma sustentável.

Diante do exposto, o presente trabalho visa avaliar o impacto de diferentes dosagens do micronutriente boro na qualidade de fibra dos diferentes cultivares comerciais de algodão colorido desenvolvidos pela EMBRAPA.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação na safra 2022/23, em específico na data de 18/10/2023, no município de Uberlândia, Minas Gerais, na Fazenda Experimental Glória pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, com coordenadas: latitude 18.945074"S, longitude 48.215302"W, com altitude de 936 metros, em região de clima Aw temperado (KÖPPEN GEIGER, 1928).

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa Solos, 2018), na área há a predominância de solo do tipo Latossolo Vermelho Escuro Distrófico, no qual foi feita amostragem para análise química e física no laboratório da empresa Safrar® Análises Agrícolas, para os cálculos e recomendações de corretivos e fertilizantes minerais (Tabela 1).

P meh.	K ⁺	S-SO ₄ ⁼	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al
mg.dm ⁻³		cmc.dm ⁻³					
4,8	49	9,5	0,13	2,75	0,82	0,0	2,49

M.O.	C.O.	Areia Total	Silte	Argila	pH H ₂ O
dag.kg ⁻¹		g.kg ⁻¹			01:25
0,1	0,1	240	160	600	5,8

Tabela 1 - Resultados da análise química e física do solo amostrado na Fazenda Experimental Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, feita pela empresa Safrar® Análises Agrícolas, em Uberlândia – MG, ano safra 2022/23.

O trabalho foi conduzido por meio do delineamento em blocos inteiramente casualizados (DBC), com 4 repetições em esquema fatorial 4 x 4 (Tabela 2), correspondentes a 4 dosagens de boro (0,0; 1,0; 1,5 e 2,0 kg.ha⁻¹) e 4 cultivares comerciais de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Embrapa (BRS Verde, BRS Rubi, BRS Safira e BRS Jade). A fonte do micronutriente boro utilizada foi de Ácido Bórico (17% de B) aplicada 100% da dose de cada tratamento no momento da semeadura.

Preparou-se uma mistura de solo/areia na proporção de 2 partes de solo para 1 parte de areia (2:1), de modo que a areia possuía granulometria média (1,2 a 0,42 milímetros). Em seguida, alocou-se a mistura solo/areia em 64 vasos pretos de plástico com volume de 20 litros, os quais representaram as parcelas úteis e receberam os devidos tratamentos (dose de ácido bórico + semeadura do cultivar em específico).

	BRS VERDE	BRS RUBI	BRS SAFIRA	BRS JADE
0,0 kg.ha ⁻¹	T1	T2	T3	T4
1,0 kg.ha ⁻¹	T5	T6	T7	T8
1,5 kg.ha ⁻¹	T9	T10	T11	T12
2,0 kg.ha ⁻¹	T13	T14	T15	T16

Tabela 2 - Representação esquemática dos tratamentos no esquema fatorial 4 x 4.

BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (Embrapa); T: tratamento.

Em pré semeadura, com análise química e física do solo em mãos e de acordo com a 5ª Aproximação das Recomendações Para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999), chegou-se em um formulado N-P₂O₅-K₂O nas proporções de 20-100-40, o qual representa doses respectivas de 0,98 gramas de Ureia (46% de N), 13,2 gramas de Super Simples (17% de P₂O₅) e 1,5 gramas de KCl (60% de K₂O) para cada vaso. Então foi preparada uma mistura de grânulos com as diferentes fontes de nutrientes (Ureia + Super Simples + KCl) nas proporções e dosagens corretas e aplicou-se em cada parcela útil, incorporando os fertilizantes ao solo de forma manual. Posteriormente, semeou-se 4 sementes dos respectivos cultivares comerciais para cada parcela, sendo: BRS Verde (Tratamentos 1, 5, 9 e 13), BRS Rubi (Tratamentos 2, 6, 10 e 14), BRS Safira (Tratamentos 3, 7, 11 e 15) e BRS Jade (Tratamentos 4, 8, 12 e 16). Após as sementes germinadas e as plântulas estabelecidas, fez-se o desbaste, deixando apenas as 2 plântulas mais vigorosas. Por fim, aplicou-se as dosagens de Ácido Bórico para cada tratamento, as quais foram dosagens de 0,0 gramas.vaso⁻¹ (Tratamentos 1, 2, 3 e 4), 0,13 gramas.vaso⁻¹ (Tratamentos 5, 6, 7 e 8), 0,195 gramas.vaso⁻¹ (Tratamentos 9, 10, 11 e 12) e 0,26 gramas.vaso⁻¹ (Tratamentos 13, 14, 15 e 16) diretamente ao solo.

As sementes foram deslindadas pelo processo via úmida com a utilização de ácido sulfúrico (H_2SO_4), água corrente e hidróxido de cálcio [$Ca(OH)_2$]. O processo basicamente consiste em colocar as sementes com líter em um Becker de vidro de 1000 mL, adicionar 27 mL do ácido sulfúrico (98%) para 200 gramas de sementes com líter e revolve-las durante período de 12 minutos. Em seguida, com auxílio de uma colher de alumínio retirou-se as sementes sem o líter do Becker e foram colocadas em uma peneira sob água corrente para limpeza do excesso de ácido sulfúrico por 1 minuto. Logo, as sementes foram submetidas em solução concentrada de hidróxido de cálcio (3%) durante 1 minuto para neutralização da reação. Sendo assim, as sementes foram submetidas a uma nova lavagem sob água corrente e posterior secagem à sombra em papel toalha durante 24 horas. (BELTRÃO; AZEVEDO, 2008; FREIRE, 2015; VAZ-TOSTES, 2017). Por fim, quando secas, receberam tratamento químico com defensivo de contato e sistêmico de nome VITAVAX®-THIRAM (Carboxina + Tiram) na dosagem de 700 mL do produto comercial para 100 kg de sementes visando prevenção contra as doenças de Antracnose (*Colletotrichum gossypii*) e “Damping-off” (*Rhizoctonia solni*) na fase de germinação das sementes e estabelecimento das plântulas.

Para adubação de cobertura, obteve-se um formulado N-P₂O₅-K₂O nas proporções de 157-0-50, sendo parcelada em 4 aplicações de N na dose de 2,0 gramas por vaso via Ureia (46% de N) e incorporadas de forma manual quando a cultura atingiu 25, 40, 55 e 70 dias após emergência (DAE), e 3 aplicações de K₂O na dose de 0,7 gramas via KCl (60% de K₂O) quando a cultura atingiu 40, 55 e 70 dias após emergência (DAE), também incorporadas manualmente.

O manejo de pragas e doenças foi de acordo com o monitoramento semanal para identificação das espécies presentes. As principais pragas identificadas foram: trips (*Frankliniella* spp.), mosca-branca (*Bemisia tabaci*), pulgão (*Aphis gossypii*), ácaro-vermelho (*Tetranychus ludeni*) e lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). As aplicações de defensivos para controle das pragas foram realizadas respeitando a bula dos produtos comerciais registrados para a cultura do algodoeiro. As principais doenças identificadas foram: mancha de Estenfilio (*Stemphylium solani*), mancha angular (*Xanthomonas axonopodis* pv *malvacearum*), ramulose (*Colletotrichum gossypii* var *cephalosporioides*) e vermelhão (*Cotton anthocyanosis virus*). As aplicações de defensivos para controle das doenças foram realizadas respeitando a bula dos produtos comerciais registrados para a cultura do algodoeiro.

Com o intuito de inibir o crescimento indeterminado das plantas de algodoeiro e visando uma altura média de 1,30 m mediante a colheita, foi aplicado inibidor de crescimento TUVAL® (Cloreto de Cloromequat) na dose de 250 mL/hectare do produto comercial quando as plantas ultrapassaram 50 centímetros de altura no período de 35 a 40 DAE, e em seguida, aproximadamente no estágio fenológico B1, segundo MAUR e RUANO (2001), fez-se o monitoramento da altura das plantas semanalmente dividindo pelo número de nós, e quando identificado internódios com tamanhos maiores ou iguais a 3,5 centímetros de comprimento, entrou com aplicação novamente do regulador de crescimento na mesma dosagem citada anteriormente. Todas as aplicações foram feitas, seja de defensivo químico e/ou regulador de crescimento, utilizando de bomba costal com capacidade de 10 L e ponta tipo cone cheio sem indução de ar CH 100-02 da MagnoJet.

No momento em que as parcelas apresentaram plantas em maturidade plena, ou seja, quando as plantas possuíam no mínimo 80% de capulhos abertos, conduziu-se com a colheita de todas as cápsulas de deiscência abertas e colocadas em sacos de papel devidamente identificados de acordo com cada tratamento. Após isso, com auxílio de máquina descaroçadora de serras pertencente ao grupo PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DO ALGODOEIRO (PROMALG) da Universidade Federal de Uberlândia, foi feito o beneficiamento de forma a separar o caroço da pluma.

Ao realizar os processos citados anteriormente, fez-se amostragem das plumas de cada parcela útil para direcionamento ao laboratório de análise de fibras Minas Cotton, da Associação Mineira dos Produtores de Algodão (AMIPA), na cidade de Uberlândia - MG. As amostras no laboratório foram preparadas antes de serem analisadas, e este processo consiste em acondicionar as plumas em temperatura padrão de $20^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ}$, umidade relativa do ar de $65\% \pm 2\%$, por período de 24 a 48 horas. Feito a padronização das amostras, foram analisadas as qualidades das fibras com auxílio do sistema USTER® HVI 1000 (*High Volume Instruments*), equipamento que estima as características de tecnologia de fibra:

- UHML: comprimento de fibra (mm);
- UI: uniformidade do comprimento de fibra (%);
- ELG: alongamento da fibra (%);
- STR: resistência da fibra (gf.tex^{-1});
- MIC: micronaire;
- MAT: maturidade da fibra;

- SFI: índice de fibras curtas (%);

De acordo com os padrões estabelecidos pela EMBRAPA (2002) (Tabela 3), foram feitas as interpretações das características tecnológicas de fibra.

Com o auxílio do software estatístico R, os dados de qualidade de fibra foram submetidos à análise de variância (teste de F), e quando identificado diferença significativa entre as médias das variáveis qualitativas procedeu-se com o teste de Tukey ($p < 0,05$). Para as variáveis quantitativas procedeu-se com análise de regressão polinomial, de forma a escolher o modelo de regressão com significância que melhor se ajustou às médias analisadas. (R CORE TEAM, 2018).

Caract.	Definição	Interpretação
UHML	Comprimento médio da metade mais longa do feixe de fibras em 32 subdivisões de polegada.	Curto: \leq que 25,15 mm; Regular: de 25,16 a 27,94 mm; Longo: de 27,94 a 32 mm; Muito Longo: \geq que 32 mm.
UI	Relação entre o comprimento médio e o comprimento médio da metade mais longa do feixe de fibras, expresso em porcentagem.	Muito baixo: menor que 77; Baixo: de 77 A 79; Regular: de 80 A 82; Elevado: de 83 A 85; Muito elevado: acima de 85.
ELG	Quanto o material cede no sentido longitudinal até o momento de rotura, expresso em porcentagem, em função do comprimento inicial.	Muito frágil: menor que 5%; Frágil: de 5,0 a 5,9%; Regular: de 5,9 a 6,7%; Elevado: de 6,8 a 7,6%; Muito elevado: acima de 7,6%.
STR	Força requerida para romper um feixe de fibras de um <i>tex</i> (equivalente a 1000 m lineares de fibra).	Muito baixo: menor que 20; Baixo: de 21 a 23; Regular: de 24 a 27; Elevado: de 27 a 29; Muito elevado: acima de 30.
MIC	Comportamento e resistência ao ar de um feixe de fibras definida em fluxo de ar a uma pressão constante.	Muito fina: menor que 3; Fina: de 3 a 3,9; Regular: de 4 a 4,9; Grossa: de 5 a 5,9; Muito grossa: maior ou igual a 6.
MAT	Grau que indica a espessura das camadas de celulose da parede secundária em relação ao seu diâmetro externo da fibra.	Muito baixo: menor que 6%; Baixo: de 6 a 9%; Regular: de 10 a 13%; Elevado: de 14 a 17%; Muito elevado: acima de 17%.

SFI	Porcentagem de fibras curtas, com comprimento inferior a 12,7 mm presentes na amostra.	Inadequado: menor que 0,70; Imaturo: de 0,70 a 0,80; Inferior ao médio: de 0,80 a 0,85; Maduro: de 0,85 a 0,95; Superior ao médio: de 0,95 a 1,00.
-----	--	--

Tabela 3 - Quadro de interpretação e classificação das características de tecnologia de fibra de algodão segundo EMBRAPA (2002).

*Caract.: características tecnológicas da fibra; UHLM: comprimento de fibra; UI: uniformidade de comprimento; ELG: alongamento da fibra; STR: resistência; MIC: micronaire; MAT: maturidade da fibra; SFI: índice de fibras curtas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância se encontra na Tabela 4, e nela podemos identificar que o teste F foi significativo para a interação entre os Fatores Genótipos e Doses. Assim, nos indica que os efeitos dos diferentes cultivares de algodão colorido possuem dependência em relação aos efeitos das diferentes dosagens do micronutriente boro sobre todas as variáveis de qualidade de fibra. Além disso, todas as variáveis tecnológicas de fibra apresentaram coeficientes de variação (CV%) abaixo de 10%, o que segundo estudos de ensaios agrícolas feitos por GOMES (1985), obteve-se uma classificação onde valores de CV% entre 0 e 10% são considerados baixos, indicando boa precisão experimental devida homogeneidade dos valores.

RESENDE et al. (2014) afirmam que as principais características de tecnologia da fibra que influenciam diretamente na comercialização e industrialização do algodão são o comprimento, uniformidade, índice de fibras curtas, maturidade, micronaire, resistência e alongamento. O índice micronaire (MIC) é determinado com o auxílio do equipamento HVI (High Volume Instruments), pela medição da vazão do fluxo de ar comprimido injetado sobre uma massa de algodão em pluma constante, onde a pressão do ar injetado e o volume da câmara contendo a pluma são constantes também. Dessa forma, os valores obtidos através deste ensaio sofrem influência da finura e maturidade das fibras, as quais estão diretamente correlacionadas com o cultivar e condições ambientais onde estes foram conduzidos, principalmente em relação à fertilidade do solo. (DE LIMA, 2018).

FV	GL	Quadrados Médios						
		MIC	MAT	UHML	UI	SF	STR	ELG
Blocos	3	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.19 ^{ns}	1.62 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.02 ^{ns}
Genótipos	3	11.54 ^{**}	0.01 ^{**}	230.06 ^{**}	333.65 ^{**}	363.29 ^{**}	529.88 ^{**}	18.93 ^{**}
Doses	3	0.07 [*]	6.67 ^{**}	3.61 ^{**}	19.23 ^{**}	19.40 ^{**}	5.06 ^{**}	0.09 [*]
Genótipos x Doses	9	0.80 ^{**}	37.39 ^{**}	1.94 ^{**}	1.65 [*]	12.44 ^{**}	2.95 ^{**}	0.31 ^{**}
Resíduo	45	0,01	0,0006	0,12	0,45	1,45	0.37	0,02
Média		3,43	0,82	25,35	80,32	12,64	24,6	8,65
CV (%)		3,24	0,45	1,36	0,84	9,55	2,5	1,83

Tabela 4 - Análise de variância da interação entre os diferentes cultivares de algodoeiro colorido desenvolvidos pela Embrapa em relação às diferentes dosagens do micronutriente boro no desempenho das características tecnológicas de fibra. Uberlândia-MG, ano safra 2022/23.

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}: não significativo pelo teste F; FV: fator de variação; GL: graus de liberdade; MIC: micronaire; MAT: maturidade de fibra; UHML: comprimento da fibra (mm); UI: uniformidade de comprimento (%); SFI: índice de fibras curtas (%); STR: resistência de fibras (gf.tex⁻¹); ELG: alongamento da fibra (mm); CV: coeficiente de variação.

Na Tabela 5, através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, é possível visualizar diferença significativa no Índice Micronaire (MIC) entre as fibras dos cultivares de algodão colorido submetidos às diferentes dosagens de boro (B).

O BRS Jade se destacou e apresentou fibras mais espessas para todas as dosagens avaliadas, com exceção para a dosagem de 1,0 kg.ha⁻¹, a qual obteve fibras com espessura (3,99) estatisticamente semelhante em relação às fibras do BRS Safira (4,09). Em segunda posição temos o BRS Rubi, que apresentou fibras mais espessas em relação aos cultivares BRS Safira e Verde para todas as dosagens, exceto no fornecimento de 1,5 kg.ha⁻¹, que também apresentou fibras com espessura (3,24) estreitamente semelhante às fibras do BRS Safira (3,37). Por fim, o BRS Verde obteve as menores médias para MIC em comparação com todos os cultivares de algodoeiro colorido estudados, mesmo que na máxima dosagem fornecida (2,0 kg.ha⁻¹) suas fibras apresentaram finura estatisticamente iguais às do BRS Safira, porém com desempenho inferior em valor numérico.

A indústria têxtil possui exigência para MIC de 3,6 a 4,2 (PENNA, 2005). Logo, dentre os genótipos avaliados, somente o BRS Jade apresentou espessura de fibras que atendesse às exigências mínimas em todas as dosagens. Porém, quando não houve aplicação de boro (0,0 kg.ha⁻¹), o BRS Rubi produziu fibras com valores para MIC (3,66) que se encaixa às condições impostas pelas indústrias. O mesmo vale para o BRS Safira, onde na dose de 1,0 kg.ha⁻¹ produziu fibras com MIC de 4,09 respectivamente. Portanto, em vista de finura de fibra, são estes os genótipos que contribuirão essencialmente para garantir competitividade das fibras coloridas no mercado têxtil na produção de produtos de alta qualidade.

Genótipos	Doses de B (kg.ha ⁻¹)			
	0.0	1.0	1.5	2.0
BRS Jade	4.89 a	3.99 a	4.63 a	4.76 a
BRS Verde	2.40 d	2.52 c	2.55 c	2.60 c
BRS Safira	2.89 c	4.09 a	3.37 b	2.61 c
BRS Rubi	3.66 b	3.22 b	3.24 b	3.37 b

Tabela 5 - Médias de índice Micronaire (MIC) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/2023.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (Embrapa); B: micronutriente Boro.

Ao analisar os efeitos dos níveis do Fator Doses dentro dos níveis do Fator Genótipos para Índice Micronaire, temos que, não houve diferença significativa na espessura de fibras entre as dosagens avaliadas de boro para o BRS Verde (2,40 a 2,60). Ao contrário, as fibras dos genótipos BRS Jade, Safira e Rubi apresentaram diferenças entre as dosagens aplicadas. Diante disso, fez-se análise de regressão para identificar qual modelo melhor se ajusta para explicar o comportamento em MIC dos cultivares em função das diferentes dosagens estudadas (Figura 1).

Com exceção do BRS Verde, todos os genótipos demonstraram comportamento quadrático na espessura de fibras ao aumentar as doses de B. Neste sentido, através da derivada das equações polinomiais de segundo grau, temos que as fibras do cultivar BRS Jade apresentou decréscimo em MIC até atingir menor valor na dose de $0,99 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Para o BRS Rubi, foi observado a mesma tendência, onde suas fibras apresentaram redução em espessura até atingir menor valor na dose de $1,35 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Em seguida, as fibras destes mesmos cultivares retomaram constante crescimento em MIC até a máxima dosagem ($2,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), indicando a necessidade do estudo de doses mais elevadas, principalmente para o BRS Rubi que poderá expressar fibras com valores em MIC que atendam às necessidades mínimas da indústria têxtil.

Em contraste, de acordo com o aumento dos níveis de boro fornecidos via adubação para o BRS Safira, houve expressivo aumento em MIC até atingir o seu valor máximo na dose de $0,92 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na sequência, ocorreu redução na espessura de suas fibras até a máxima dosagem avaliada ($2,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Conclui-se então que, doses próximas a $1,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de B são ideais para que o cultivar BRS Safira produza fibras com espessura de interesse para a indústria de fiação e tecelagem. Além disso, nota-se que os níveis adequados, de deficiência e tóxicos de boro são próximos e variam entre os cultivares na expressão da qualidade tecnológica de fibra, o que indica a necessidade de maior atenção ao manejo nutricional a respeito deste micronutriente para a cultura do algodoeiro.

As fibras de algodão são formadas a partir de pelos unicelulares que possuem estruturas semelhantes às células vegetais acolorofiladas, ou seja, está presente núcleo, citoplasma e organelas associadas. Há a presença de membrana celular, a qual envolve as estruturas citadas anteriormente, além de conter dois tipos de parede celular entre a

membrana plasmática e a cutícula (parte mais externa da fibra). Logo após a cutícula possui a parede primária, e em seguida a parede secundária que regula três camadas: a externa, a média (composta essencialmente por celulose e a mais grossa) e a interna; sendo concêntricas e espirais (DE LIMA, 2018).

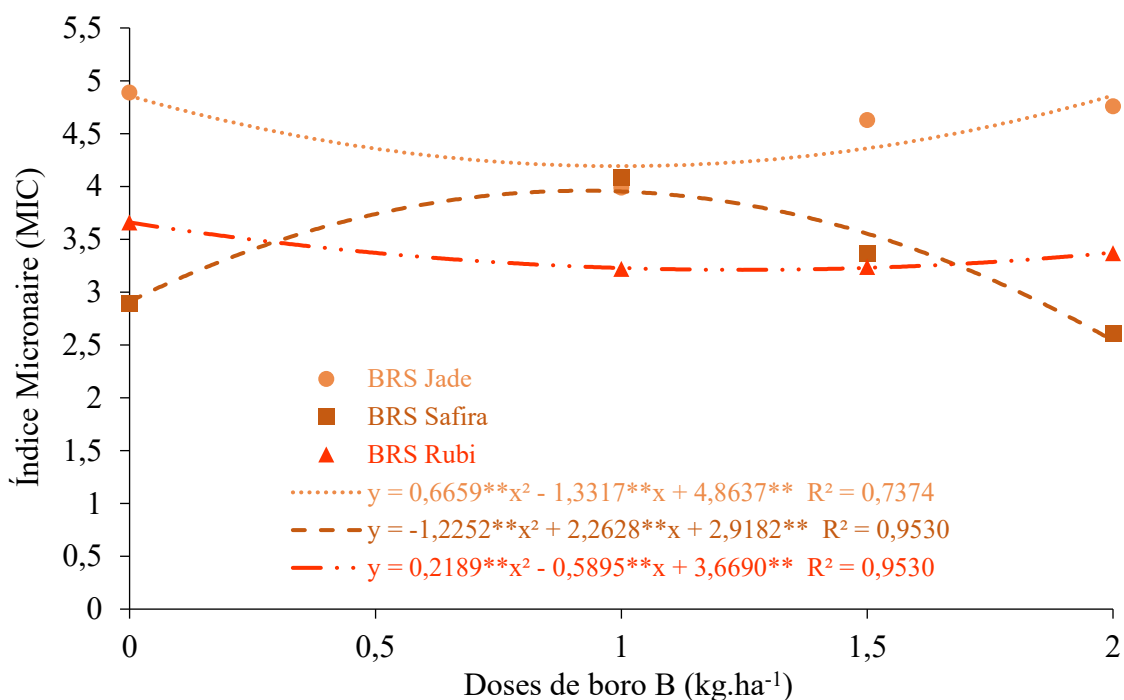


Figura 1 - Análise de Regressão do Índice Micronaire (MIC) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23.

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade no teste de F; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (EMBRAPA).

Na formação da maçã e das fibras de algodão, as fibras são turgescentes com formato cilíndrico, e assim que a maçã alcança estágios avançados de maturidade há a perda de água, fazendo com que as fibras e o caroço sejam expostos ao ambiente (deiscência), dessa forma ocorrendo a desidratação das fibras. Este processo faz com que os citoplasmas unicelulares das fibras se retraiam até a base, formando o lúmen (canal central vazio) (DE LIMA, 2018).

O lúmen tem capacidade de se achatar mais ou menos de acordo com a espessura de celulose depositada na camada mediana da parede secundária das fibras de algodão. Quando o diâmetro do lúmen é reduzido devido a maior deposição de celulose, o achatamento é menor e conseqüentemente as fibras asseguram aspecto circular, indicando

que são fibras maduras. De forma contrária, quando há menor deposição de celulose na camada intermediária da parede secundária das fibras, o diâmetro do lúmen é maior, ocasionando maior achatamento do mesmo no processo de perda da turgescência, sendo assim, as fibras são consideradas imaturas e com formato de “fita” (DE LIMA, 2018).

Portanto, segundo definições da ABNT NBR 13156 (2016), o índice de maturidade (MAT) indica o grau de espessura das camadas de celulose que formam a parede secundária das fibras de algodão que compõem os corpos de prova nas avaliações feitas pelo equipamento HVI.

Na Tabela 6 é possível visualizar as médias do Índice de Maturidade (MAT) das fibras dos diferentes cultivares de algodoeiro colorido submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro. O BRS Jade obteve melhor desempenho no índice MAT em relação aos demais cultivares para todos os níveis do Fator Doses de B. Em seguida, o BRS Rubi obteve fibras com maturidade superior em relação aos cultivares BRS Safira e Verde para todas as dosagens avaliadas, com exceção da dose de $1,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, em que o BRS Safira apresentou fibras mais maduras (0,8300) às do BRS Rubi (0,8200).

Ainda sobre o genótipo BRS Safira, este expressou fibras mais maduras comparadas com o BRS Verde nas doses de $1,0$ (0,8300) e $1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (0,8100), e na máxima dosagem ($2,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) obteve resultado inferior (0,7900) ao BRS Verde (0,8000). Entre estes mesmos cultivares, não houve diferença significativa em MAT na dose de $0,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, com médias de 0,8000 (BRS Safira) e 0,7974 (BRS Verde) respectivamente.

Por fim, segundo a classificação desenvolvida pela EMBRAPA (2002) para qualidade de fibra, apenas o BRS Jade expressou fibras maduras cujo intervalo é de 0,85 a 0,95. Os demais cultivares obtiveram fibras com maturidade inferior ao médio (0,80 a 0,85) e imaturas (0,70 a 0,80). Porém, todos os genótipos respeitam à exigência mínima da indústria têxtil com MAT de pelo menos 77% (PENNA, 2005).

Na Figura 2 temos as curvas de regressão demonstrando os efeitos das diferentes dosagens aplicadas do micronutriente boro no desempenho do Índice de Maturidade (MAT) entre os cultivares de fibra colorida. Para os genótipos BRS Verde e Rubi, suas médias não apresentaram diferença significativa entre os níveis do Fator Doses. Os demais genótipos manifestaram efeito quadrático nos valores de MAT ao aumentar as doses aplicadas de B.

Ao fazer a derivada das equações polinomiais de segundo grau, é possível identificar que as fibras do BRS Jade sofreram redução em MAT até atingir maturidade mínima na dose de $1,02 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, o que em seguida retomou maiores valores até a dose

máxima analisada. A média de MAT para este mesmo cultivar na dose de 2,0 kg.ha⁻¹ (0,8700) não se diferenciou estatisticamente tanto da não aplicação como no fornecimento de 1,5 kg.ha⁻¹. Mas de acordo com SOUSA e LOBATO (2004), em solos considerados com baixo teor de B no bioma Cerrado, a recomendação oficial para o algodoeiro é de 2,0 kg.ha⁻¹ para condicionar um ambiente de produção que confira alta qualidade de fibras.

Genótipos	Doses de B (kg.ha ⁻¹)			
	0.0	1.0	1.5	2.0
BRS Jade	0.8750 a	0.8500 a	0.8650 a	0.8700 a
BRS Verde	0.7974 c	0.8000 d	0.8000 d	0.8000 c
BRS Safira	0.8000 c	0.8300 b	0.8100 c	0.7900 d
BRS Rubi	0.8225 b	0.8200 c	0.8175 b	0.8175 b

Tabela 6 - Médias de Maturidade de Fibra (MAT) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/2023.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (Embrapa); B: micronutriente Boro.

Outro fator que temos que considerar a respeito é que o B atua diretamente na construção e coesão da parede celular, onde é parte integral do polissacarídeo péctico (celulose + pectina) chamado ramnogalacturona II (RGII), que tem função de unir duas moléculas de polissacarídeo de celulose na parede celular, principalmente na formação das fibras de algodão (O'NEILL e YORK, 2003; TAIZ e ZEIGER, 2004). Em vista disso, o cultivar BRS Jade cultivado através de uma adubação equilibrada de B (Dosagem 2,0 kg.ha⁻¹) corrobora com a classificação feita pela Embrapa (2002) obtendo fibras maduras, devida maior deposição e sobreposição de polissacarídeos de celulose na parede celular secundária de suas fibras.

De maneira oposta, o BRS Safira apresentou aumento na maturidade de suas fibras até atingir ponto máximo na dose de 0,90 kg.ha⁻¹, e redução até dose máxima analisada. Com isso, temos que o genótipo BRS Safira mais uma vez apresentou maior desempenho em qualidade de fibra em adubações boratadas com doses próximas a 1,0 kg.ha⁻¹.

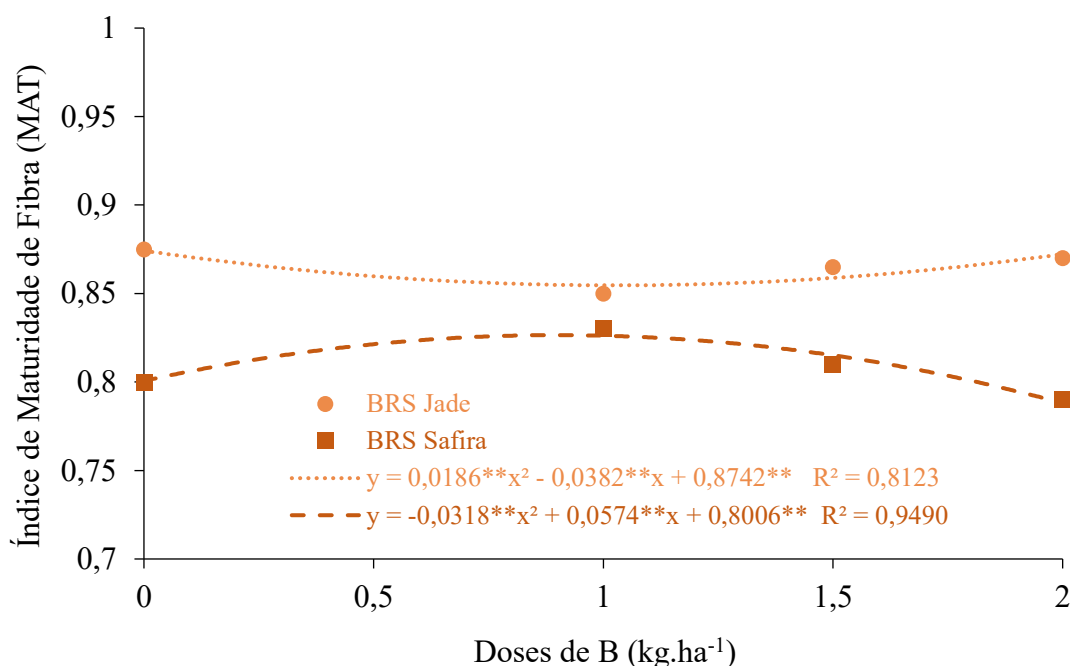


Figura 2 - Análise de Regressão do Índice de Maturidade de Fibra (MAT) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23.

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade no teste de F; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (EMBRAPA).

A fase de iniciação consiste basicamente no período em que as células da epiderme do óvulo se diferenciam e dão origem às fibras de algodão. A partir daí, com a ajuda de estímulos hormonais e fecundação do óvulo, a célula epidérmica se torna arredondada e a superfície mais externa inicia a projeção para fora, dando origem então ao período de alongação da fibra (fase de crescimento em comprimento), cujo período proporciona crescimento em média de 1 mm por dia até que se atinja seu ponto máximo de comprimento com cerca de 25 a 30 dias após a fecundação/antese da flor (ECHER; ROSOLEM; RAPHAEL, 2018).

Segundo CORREA (1965), o comprimento varia em média de 12 a 65 mm dependendo das condições de cultivo, como principalmente da disponibilidade de água, temperatura, nutrientes e do genótipo. No Brasil, majoritariamente há o cultivo da espécie *Gossypium hirsutum* com característica de fibras de comprimento médio variando de 20,1 mm a 31,2 mm (ECHER; ROSOLEM; RAPHAEL, 2018).

O Comprimento de Fibra (UHML, em mm) tem por definição o comprimento

médio de 50% das fibras mais longas do corpo de prova avaliado no instrumento HVI. Esta medição é importantíssima, pois determina a qualidade final do fio a ser formado, e conseqüentemente, a qualidade do produto final a ser produzido, impactando de forma significativa no valor de comercialização das fibras.

Na Tabela 7 é possível visualizar os valores médios do Comprimento de Fibra (UHML) entre os diferentes genótipos de algodoeiro colorido submetidos às diferentes dosagens de boro. A princípio, e de forma clara, podemos identificar que houve diferença significativa entre as médias de UHML dos genótipos avaliados.

O cultivar BRS Jade se sobressaiu com as melhores médias dentre os genótipos para todas as dosagens avaliadas, variando de 28,73 a 29,83 mm de comprimento. O BRS Verde assumiu com as segundas melhores médias, variando de 27,64 a 28,12 mm. Conforme a classificação da EMBRAPA (2002) para qualidade de fibra, em todas as dosagens o BRS Jade expressou fibras de comprimento longo, cujo intervalo varia de 27,94 a 32 mm. As fibras do BRS Verde foram consideradas de comprimento longo somente nas doses de 1,0 (28,11 mm) e 1,5 kg.ha⁻¹ (28,12 mm), e no restante das dosagens (0,0 e 2,0 kg.ha⁻¹) obteve fibras de comprimento regular (25,16 a 27,94 mm).

O genótipo BRS Safira em comparação com o BRS Rubi obteve fibras mais longas em todas as dosagens de boro testadas, exceto no fornecimento de 1,0 kg.ha⁻¹, cujo comprimento (22,67 mm) não se diferenciou estatisticamente do BRS Rubi (22,24 mm), mas em valor numérico foi superior. Em desfecho, os menores comprimentos de fibra são observados para o genótipo BRS Rubi com valores que variam de 20,88 a 22,24 mm. Portanto, todos os níveis avaliados para Doses de B dentro do genótipo BRS Rubi se enquadram como fibras curtas (menor ou igual que 25,15 mm) (EMBRAPA, 2002).

Podemos concluir então que, por meio da comparação dos resultados deste trabalho com trabalhos realizados por FONTES et al. (2008) e REHMAN et al. (2020), que há diferenças na eficiência da utilização do B entre genótipos de algodoeiro conforme variação no fornecimento deste micronutriente para as plantas via solo, seja na mobilidade deste nutriente, no desenvolvimento vegetativo, na produção e principalmente na qualidade tecnológica de fibra.

No desdobramento dos níveis do Fator Doses dentro do Fator Genótipos, temos que os comprimentos das fibras do BRS Verde não se diferenciaram entre as dosagens estudadas. As médias dos comprimentos das fibras dos demais cultivares apresentaram diferença estatística entre as doses de boro (Figura 3).

Genótipos	Doses de B (kg.ha ⁻¹)			
	0,0	1,0	1,5	2,0
BRS Jade	28.73 a	29.83 a	28.93 a	29.13 a
BRS Verde	27.77 b	28.11 b	28.12 b	27.64 b
BRS Safira	21.67 c	22.67 c	24.73 c	22.49 c
BRS Rubi	20.88 d	22.24 c	21.11 d	21.14 d

Tabela 7 - Médias do Comprimento de Fibra (UHML, em mm) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/23.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (Embrapa); B: micronutriente Boro.

Ao analisar as regressões dos genótipos BRS Jade, Safira e Rubi, estes apresentaram semelhança no comportamento de suas curvas. O modelo de maior significância que ajustou às médias de UHML a respeito da variação de boro foi o quadrático para os 3 cultivares. Calculando as derivadas das equações polinomiais de segundo grau para cada genótipo, temos um aumento do comprimento das fibras até atingir ponto máximo na dose de 1,07 kg.ha⁻¹ para o BRS Jade, 1,26 kg.ha⁻¹ para BRS Safira e 1,00 kg.ha⁻¹ para o BRS Rubi. Posteriormente, o comprimento das fibras tendem a diminuir até atingir dose máxima analisada (2,0 kg.ha⁻¹).

Através desta análise, conclui-se que para atingir qualidade máxima em comprimento de fibra, é necessário aplicar doses próximas a 1,0 kg.ha⁻¹ de B para os cultivares BRS Jade e Rubi. Já o BRS Safira apresentou maior exigência em adubação boratada para atingir máximo comprimento de fibra, com necessidade de doses próximas a 1,3 kg.ha⁻¹.

Quanto maior o comprimento das fibras de algodão melhor será sua classificação comercial, pois fios mais finos podem ser produzidos por meio de fibras mais longas, devido necessitarem menor número de torções (SESTREN; LIMA, 2015). Diante disso, as fibras dos cultivares BRS Jade e Verde demonstraram grande potencial para serem utilizadas como matéria prima na produção de fios com alta qualidade, uma vez que as indústrias de fiação e tecelagem possuem como requisito valores para UHML de fibra colorida maiores que 26 mm (PENNA, 2005).

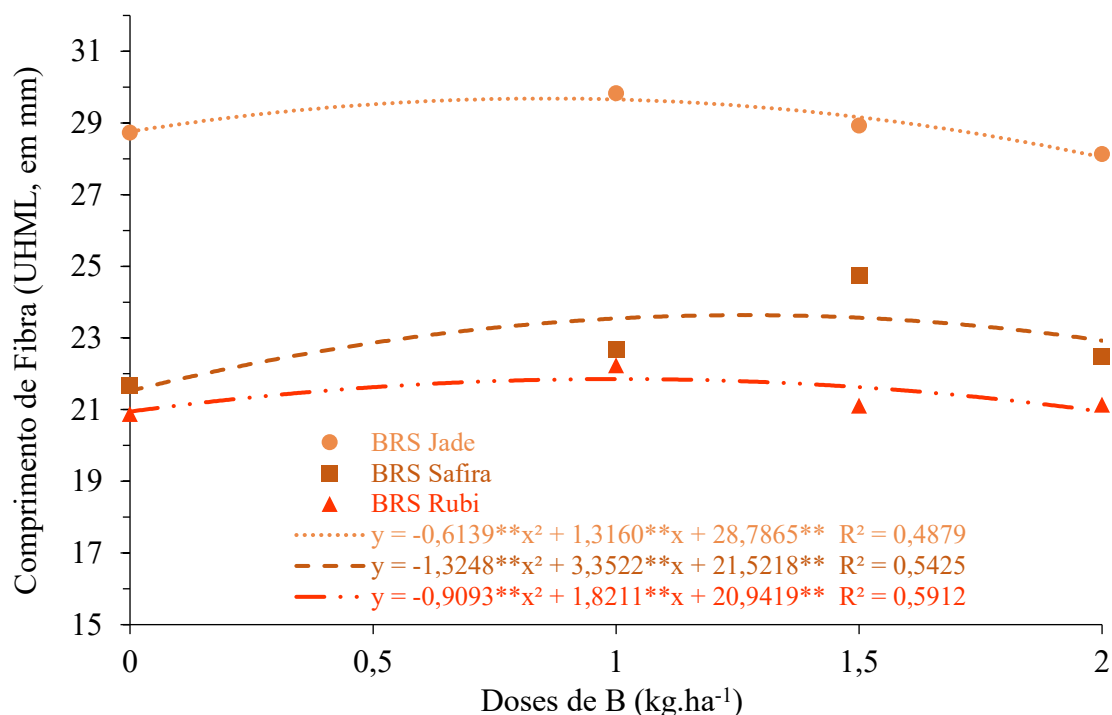


Figura 3 - Análise de Regressão do Comprimento de Fibra (UHML, em mm) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23.

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade no teste de F; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (EMBRAPA).

A uniformidade de comprimento (UI) é uma característica intrínseca da fibra do algodoeiro sendo influenciada pelo manejo e ambiente. Tem papel importante no processo de industrialização têxtil, tanto como fator para regulagem de máquinas beneficiadoras da fibra como para definição da qualidade dos produtos derivados do algodão. Basicamente é mensurada pelo instrumento HVI através da relação entre o comprimento médio e o comprimento médio da metade mais longa do feixe de fibras, cujo valor é expresso em porcentagem (DE LIMA, 2018).

Na seguinte tabela (Tabela 8) foram apresentados os resultados de Uniformidade de Comprimento (UI) dos genótipos de fibra colorida em função das diferentes dosagens de B. Sendo assim, as fibras do cultivar BRS Jade mostrou superioridade (83,12 a 83,85 %) para todas as dosagens avaliadas do micronutriente boro comparado aos demais cultivares. As segundas melhores médias para UI são observadas para o genótipo BRS Verde, variando de 80,65 a 81,87 %.

Por último, os cultivares BRS Safira e BRS Rubi apresentaram os menores valores para UI, não ocorrendo diferença significativa entre eles exceto no tratamento em que não

se aplicou boro ($0,0 \text{ kg.ha}^{-1}$), onde o BRS Safira obteve fibras com maior uniformidade de comprimento (77,90%) em relação ao BRS Rubi (76,40%).

Resumidamente, as indústrias de fiação e tecelagem através dos UI's observados entre os cultivares e suas respectivas dosagens de B, terão maior rendimento de produção e maior qualidade nos produtos acabados com a utilização das fibras provenientes do cultivar BRS Jade, uma vez que, por apresentarem plumas com fibras maiores (Tabela 7) e com tamanhos em geral consideradas de elevada uniformidade (EMBRAPA, 2002), reduzirá perdas pela formação de “neps” e aumentará o rendimento de trabalho dos maquinários. Além disso, necessitarão de menos torções para formação dos fios, consequentemente as malhas têxteis terão maior maciez ao toque.

Isto posto, sabe-se que as fibras como matéria prima representam cerca de 40 a 60% como custo na fabricação dos fios de algodão, dessa forma a redução de perdas do material durante este processamento é indispensável (PENNA, 2005; DE LIMA, 2018).

Genótipos	Doses de B (kg.ha^{-1})			
	0,0	1,0	1,5	2,0
BRS Jade	83.65 a	83.20 a	83.12 a	83.85 a
BRS Verde	81.76 b	81.60 b	80.65 b	81.87 b
BRS Safira	77.90 c	79.75 c	77.60 c	79.00 c
BRS Rubi	76.40 d	78.75 c	77.10 c	78.75 c

Tabela 8 - Médias de Uniformidade de Comprimento (UI, em %) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/23.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (Embrapa); B: micronutriente Boro.

Entre os níveis do Fator Doses dentro dos níveis do Fator Genótipos, temos que, a uniformidade de comprimento das fibras dos cultivares BRS Jade e Verde não sofreram alterações significativas ao aumentar o fornecimento de boro, assim nos mostra uma maior estabilidade de suas fibras em UI dentro do intervalo de aplicação de B neste trabalho. Em oposição, as fibras dos cultivares BRS Safira e Rubi apresentaram variação na uniformidade de comprimento ao aumentar as doses de boro.

O modelo de regressão com significativa de melhor ajuste para o BRS Rubi foi o linear. Este modelo mostra que o comprimento das fibras deste cultivar tende a ficar mais uniforme em função do aumento das doses de B. Para o BRS Safira, apesar de apresentar diferença estatística entre suas médias de UI em função da adubação com boro, não apresentou significância para nenhum modelo de regressão, ou seja, as equações de regressão polinomiais de primeiro e segundo grau não conseguiram estabelecer tendência clara na variação de UI ao aumentar as doses de B.

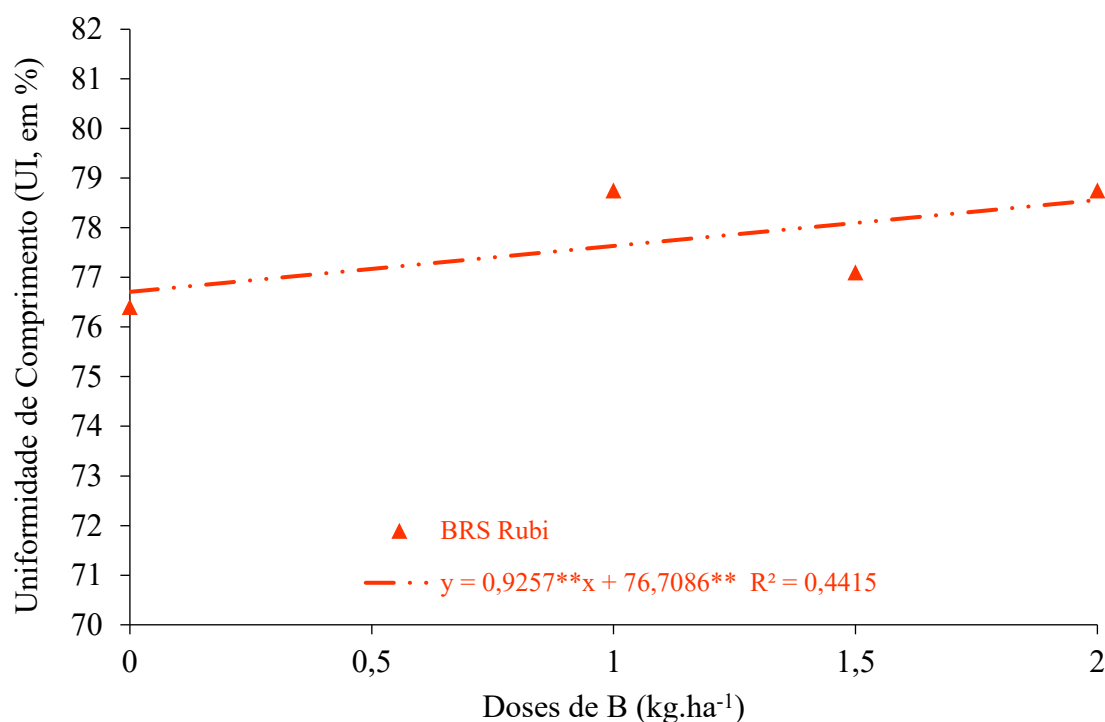


Figura 4 - Análise de Regressão da Uniformidade de Comprimento (UI, em %) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia – MG, ano safra 2022/23.

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade no teste de F; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (EMBRAPA).

No momento em que as maçãs de algodoeiro estão maduras, e por serem do tipo deiscente, elas se abrem e o potencial de qualidade das fibras é máximo. Quando a pluma em caroço é colhida, o próximo passo a ser dado é o beneficiamento, processo este que consiste na separação das fibras do caroço de algodão (descaroçamento). Dependendo do tipo de equipamento e método utilizado para descaroçamento, pode-se atuar de forma negativa ou positiva na qualidade tecnológica das fibras, sendo que as principais

características a serem afetadas são o comprimento, a resistência, presença de contaminantes e a presença de “neps” (CHANSELME e BACHELIER, 2006).

Basicamente, os “neps” são emaranhados de fibras curtas e imaturas em conjunto com impurezas vegetais provenientes do beneficiamento da pluma em caroço pelos descaroçadores, principalmente aqueles que contenham serras, pois é um processo mecânico muito agressivo que proporciona efeito negativo na qualidade da fibra ocasionando maiores porcentagens de fibras curtas e “neps” (DE LIMA, 2018).

O Índice de Fibra Curta (SFI, em %) é a porcentagem em peso de fibras com comprimento inferior a 12,7 mm presentes na amostra avaliada pelo instrumento HVI. Este índice é um parâmetro que, em conjunto com os demais, afeta de forma significativa no valor do algodão como matéria prima para as indústrias têxteis, uma vez que fibras curtas propiciam a produção de fios menos resistentes e diminui o rendimento das máquinas de fiação (EMBRAPA, 2002; PENNA, 2005).

Na Tabela 9 observa-se as médias para SFI entre os diferentes cultivares de algodão colorido em relação às diferentes dosagens do micronutriente boro. Nas dosagens de 0,0, 1,0 e 2,0 kg.ha⁻¹, os cultivares BRS Rubi e BRS Safira não se diferenciaram entre si e obtiveram os maiores índices de fibra curta, com destaque principalmente quando não houve a aplicação do micronutriente B (0,0 kg.ha⁻¹), onde o BRS Rubi apresentou 20,15% de fibras curtas enquanto que o BRS Safira 19,35%. Resultado este que concorda com MILEY et al. (1969) e DECHEN et al. (1991), quando afirmam que a deficiência de boro na produção de algodão impacta no metabolismo de carboidratos e transporte de açúcares na planta, e que se essa deficiência persistir durante a floração e frutificação, os efeitos são negativos tanto na produção e na qualidade da fibra, uma vez que terá menor produção de matéria prima (glicose) para a bioconstrução de celulose, consequentemente ocasionando maior porcentagem de fibras curtas. Ainda para o BRS Rubi, vale ressaltar que a dose de 1,5 kg.ha⁻¹ em comparação com o BRS Safira ocorreu diferença, sendo que o BRS Safira validou 12,90% de fibras curtas, uma diferença equivalente de 5,97% a menos em relação ao BRS Rubi.

O BRS Verde segue com médias de SFI intermediárias em relação aos demais cultivares, com variações entre as dosagens de 9,77 a 10,82 % sem efeito significativo entre elas, mas em valor numérico a dosagem de 1,0 kg.ha⁻¹ se destacou com a menor quantidade de fibras curtas (9,77%). Os índices de fibra curta para todas as dosagens neste caso se encaixam como uma porcentagem regular (EMBRAPA, 2002).

Em especial, dentre todos os cultivares estudados, o BRS Jade expressou as menores quantidades de fibras curtas para qualquer dosagem aplicada, variando entre 6,70 a 7,42%. Os valores de SFI não se diferenciaram entre as dosagens para este cultivar, contudo, de acordo com a EMBRAPA (2002) são quantidades baixas de fibras curtas, ou seja, médias para SFI menores que 10%, o que satisfaz as exigências das indústrias, pois produzirão fios com grossuras menos irregulares evitando que durante a fiação e tecelagem ocorram rompimentos em locais mais finos e fracos dos fios, consequentemente adquirindo produtos acabados com maior qualidade e valor de mercado.

Outro fator que pode ter influenciado em médias elevadas e muito elevadas de fibras curtas para os cultivares BRS Safira e BRS Rubi, foi a utilização de maquinário descaroçador contendo serras no beneficiamento dos capulhos. Como citado anteriormente, é um mecanismo de separação da pluma do caroço de algodão muito agressivo, que pode ocorrer a quebra das fibras e remoção parcial das mesmas da epiderme das sementes, influenciando de forma significativa em maior índice de fibras curtas.

Genótipos	Doses de B (kg.ha ⁻¹)			
	0,0	1,0	1,5	2,0
BRS Jade	6.70 c	7.42 c	7.07 d	7.40 c
BRS Verde	10.70 b	9.77 b	9.87 c	10.82 b
BRS Safira	19.35 a	13.97 a	12.90 b	16.20 a
BRS Rubi	20.15 a	15.65 a	18.87 a	15.35 a

Tabela 9 - Médias do Índice de Fibras Curtas (SFI, em %) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/23.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (Embrapa); B: micronutriente Boro.

As fibras do BRS Rubi apresentaram médias para SFI distintas estatisticamente entre os níveis de Doses de B, cuja variação foi de 15,35 a 20,15 %. O mesmo ocorreu entre as médias do BRS Safira, as quais variaram de 12,90 a 19,35 %. Os demais genótipos demonstraram semelhanças entre as médias de SFI para cada dose de B dentro

de cada nível do Fator Genótipos isoladamente. Assim, a partir da Figura 5 pode-se analisar as diferenças estatísticas no desempenho do índice de fibra curta para os cultivares BRS Rubi e Safira.

O modelo de regressão que melhor se ajustou às médias do BRS Rubi foi o linear. A partir disso, este genótipo apresentou função decrescente na quantidade de fibras curtas ao passo que aumentou as doses de boro. Para o BRS Safira, o modelo de regressão quadrático foi o de melhor ajuste para suas médias, indicando tendência de redução em SFI ao aumentar as doses de boro até atingir mínima porcentagem de fibras curtas na dose de 1,75 kg.ha⁻¹, e posterior aumento até máxima dosagem (2,0 kg.ha⁻¹).

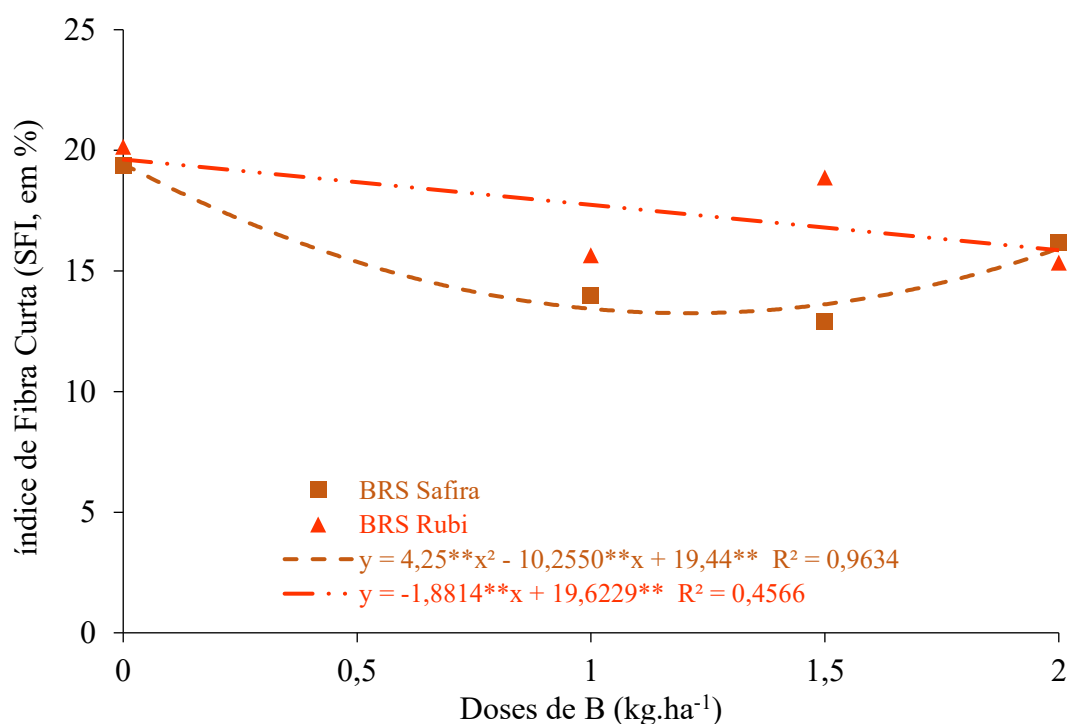


Figura 5 - Análise de Regressão do Índice de Fibra Curta (SFI, em %) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23.

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade no teste de F; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (EMBRAPA).

Sabe-se que as fibras naturais têxteis, em suma, são compostas por macromoléculas denominadas de polímeros, os quais nada mais são que unidades conjuntas de cadeia longa de monômeros de celulose com formato filiforme. Os polímeros são quimicamente estáveis, enquanto que os monômeros são quimicamente

reativos, diante disso, pode-se explicar o motivo da formação natural em geral de polímeros de cadeia longa de celulose. O comprimento do polímero é uma característica muito importante das fibras, e ele pode ser determinado através do grau de polimerização (GP), sendo que as fibras celulósicas possuem um GP típico por volta de 2.000 a 3.000, assim, estima-se que o comprimento destes materiais são de pelo menos 100 vezes ao seu diâmetro ou espessura (KUASNE, 2008).

O arranjo molecular dos polímeros é outra característica muito importante das fibras. Por meio do arranjo molecular é que se diferenciam as regiões cristalinas das amorfas. Nas regiões cristalinas os polímeros estão orientados longitudinalmente de forma paralela, enquanto que nas regiões amorfas não existe uma orientação bem definida (KUASNE, 2008).

As características físicas das fibras em conjunto determinam seu comportamento nos processos industriais de fiação e tecelagem, ou seja, na produção dos fios as fibras estão sujeitas às forças mecânicas aplicadas e suas conseqüentes deformações, e através destes efeitos é que se estabelece a classificação de qualidade e define-se a qual trabalho em específico as fibras se aplicam para confecção dos materiais têxteis. Em outras palavras, dentro das propriedades mecânicas das fibras de algodoeiro, as propriedades tênses são de maior relevância, em destaque o alongamento à rotura (ELG) e a resistência específica ou tenacidade à rotura (STR).

A Resistência Específica (STR, em gf.tex^{-1}) tem por definição a força em gramas necessária para romper o feixe de fibras de um tex, unidade de medida internacional do sistema de titulação ou densidade linear (massa por unidade de comprimento), o qual representa a massa em gramas de mil metros de material têxtil na forma de fibras, mantas, fios e pavios.

Na Tabela 10 é mostrado as médias de STR dos diferentes cultivares comerciais de algodoeiro colorido submetidos às diferentes dosagens de boro. O BRS Jade apresentou fibras mais resistentes em relação aos demais genótipos. Suas médias dentro do Fator 2 (Doses) variam de 31,02 a 34,15 gf.tex^{-1} , sendo que as doses de 0,0 e 1,0 kg.ha^{-1} não se diferenciaram estatisticamente entre si, porém em valor numérico a dose de 1,0 kg.ha^{-1} (34,15 gf.tex^{-1}) fez com que o BRS Jade expressasse fibras mais resistentes.

Para a máxima dosagem avaliada (2,0 kg.ha^{-1}), o BRS Jade apresentou 31,95 gf.tex^{-1} de resistência específica, valor intermediário em relação às demais dosagens avaliadas e semelhante à média obtida por MEDEIROS (2021) na seleção de genitores de algodoeiro visando qualidade de fibra e potencial produtivo em Uberlândia-MG, em

específico do híbrido BRS Rubi x BRS 433 de fibra colorida, de 31,18 gf.tx^{-1} . Por fim, as fibras do BRS Jade demonstraram menor resistência específica na dosagem de 1,5 kg.ha^{-1} (31,02 gf.tex^{-1}). De forma geral, este cultivar apresentou fibras com resistência muito elevada e que satisfaz os padrões das indústrias têxteis ($>26 \text{gf.tx}^{-1}$) (EMBRAPA, 2002; VIDAL NETO; FREIRE, 2013).

Em seguida, o BRS Verde ocupou as segundas melhores médias para STR, as quais foram superiores em relação aos genótipos BRS Safira e Rubi. Entre os diferentes níveis do Fator Doses dentro do nível BRS Verde (Fator Genótipos), temos que a resistência de suas fibras não se diferenciaram de forma estatística entre as dosagens de 0,0, 1,0 e 1,5 kg.ha^{-1} de B (24,83, 25,07 e 25,32 gf.tex^{-1}), mas em valor absoluto a dose de 1,5 kg.ha^{-1} fez com que as fibras deste cultivar apresentassem maior resistência dentre as demais dosagens, inclusive se diferenciando de forma significativa em relação ao fornecimento da maior dosagem avaliada neste trabalho, na dose de 2,0 kg.ha^{-1} (24,05 gf.tex^{-1}). As doses de 0,0 e 1,0 kg.ha^{-1} não se diferenciaram também da máxima dosagem avaliada.

De certa forma, segundo classificação da Embrapa (2002), ainda que o BRS Verde apresentou resistência de fibra regular para todas as dosagens estudadas, não se satisfaz à exigência mínima das indústrias têxteis de 26 gf.tex^{-1} , indicando a necessidade de realização de melhoramento deste genótipo, visando a melhoria da qualidade de fibra em resistência para conferir maior aceitação pelos produtores na cadeia produtiva do algodoeiro e assegurar competitividade nos preços da pluma no mercado (VIDAL NETO; FREIRE, 2013).

Os algodoeiros coloridos BRS Safira e BRS Rubi expressaram fibras com menor resistência dentre todos os cultivares estudados, variando de 19,22 a 21,45 gf.tex^{-1} . Entre eles, a máxima dosagem de boro aplicada (2,0 kg.ha^{-1}) foi a única que demonstrou diferença significativa na resistência de fibra à rotura, sendo que o BRS Safira obteve fibras mais resistentes (20,92 gf.tex^{-1}) em relação ao BRS Rubi (19,22 gf.tex^{-1}).

Dentro do Fator 1 (Genótipos), o BRS Safira nas dosagens de 0,0, 1,0 e 1,5 kg.ha^{-1} apresentou fibras com resistências semelhantes, mas com destaque para a dosagem de 1,0 kg.ha^{-1} que em valor apresenta fibras de maior resistência (21,45 gf.tex^{-1}). Já na máxima dosagem (2,0 kg.ha^{-1}), este cultivar expressa menor resistência (20,92 gf.tex^{-1}).

Ainda dentro do Fator 1 (Genótipos), mas com olhar para o BRS Rubi, não houve diferença estatística de resistência à rotura de suas fibras entre as diferentes dosagens estudadas, variando entre 19,22 a 20,57 gf.tex^{-1} . De acordo com a Embrapa (2002), os

dois cultivares BRS Safira e BRS Rubi desenvolveram fibras com baixa e muito baixa resistência à rotura, as quais não correspondem às necessidades das indústrias têxteis e também indicando necessidade de melhorias no ganho genético para qualidade de fibra, principalmente visando a resistência à rotura.

Genótipos	Doses de B (kg.ha ⁻¹)			
	0,0	1,0	1,5	2,0
BRS Jade	33.55 a	34.15 a	31.02 a	31.95 a
BRS Verde	24.83 b	25.07 b	25.32 b	24.05 b
BRS Safira	20.60 c	21.45 c	20.92 c	20.92 c
BRS Rubi	20.12 c	20.57 c	19.90 c	19.22 d

Tabela 10 - Médias de Resistência de Fibra (STR, em gf.tex-1) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/23.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (Embrapa); B: micronutriente Boro.

Na Figura 6 é possível visualizar os cultivares que apresentaram diferenças entre suas médias para STR em função das diferentes dosagens de B estudadas. O BRS Jade demonstrou curva de regressão com comportamento linear, onde a resistência de suas fibras diminui conforme aumenta a quantidade de boro fornecida via solo. Os cultivares BRS Verde e Safira apresentaram semelhanças no comportamento de suas curvas de regressão, as quais indicam aumento na resistência de suas fibras até atingir STR máximo nas doses de 0,82 kg.ha⁻¹ (BRS Verde) e 0,79 kg.ha⁻¹ (BRS Safira). Assim sendo, é visto que tanto o BRS Verde como o Safira possuem exigência em adubação boratada com doses próximas a 0,8 kg.ha⁻¹ para expressarem fibras com resistência máxima.

Percebe-se que, a superioridade em resistência de fibra do algodoeiro BRS Jade em relação aos demais cultivares é nítida, uma vez que esta característica tecnológica de fibra tem correlação direta com a maturidade das fibras (MAT) (Tabela 6) (FONSECA; FARIAS, 2002). Fibras maduras são obtidas através da maior deposição de celulose na camada secundária da parede celular das fibras, ou seja, quanto maior o nível do Grau de Polimerização (GP) e maior disposição ordenada (arranjo) dos polímeros de celulose nesta camada (zonas cristalinas), maior será a maturidade e resistência, conseqüentemente

as fibras suportam maiores forças mecânicas impostas sobre elas durante os processos de fiação e tecelagem (DE LIMA, 2018).

Portanto, fatores genéticos, do manejo cultural e ambientais durante o desenvolvimento e pós-colheita, irão influenciar de forma positiva ou negativa nas características físicas como maturidade e resistência, assim determinarão se as fibras suportam os esforços de tensões e torções na confecção dos materiais têxteis. Desta forma, dentre os genótipos avaliados, o BRS Jade pode proporcionar redução de quebras durante a fiação, maior uniformidade na espessura dos fios, maior durabilidade dos fios, processamento mais rápido dos fios devido menor quebra e maior qualidade geral nos produtos finais.

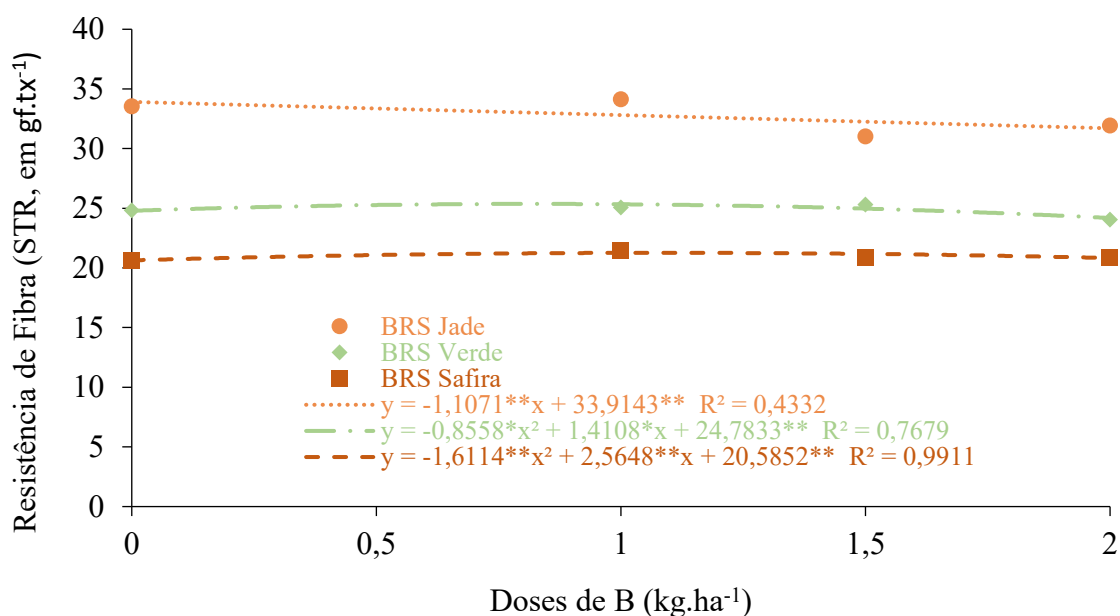


Figura 6 - Análise de Regressão da Resistência de Fibra (STR, em gf.tex-1) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade no teste de F; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (EMBRAPA).

O alongamento da fibra (ELG), por sua vez, tem como definição básica o quanto um feixe de fibras (corpo de prova) se alonga em relação ao comprimento inicial após aplicar uma determinada força até o momento que ocorra a rotura. É uma característica tecnológica de fibra que está correlacionada com a resistência (STR), pois através do equipamento HVI são mensuradas no mesmo teste, além de que, essencialmente são as

mesmas propriedades genéticas, bioquímicas, fisiológicas e ambientais durante o desenvolvimento do algodoeiro que interferem na formação das fibras e no desempenho negativo ou positivo para estas características físicas de grande importância para o mercado têxtil (ALVARENGA, 2018; DE LIMA, 2018).

Com a Tabela 11, podemos visualizar as médias de alongamento da fibra entre os diferentes cultivares estudados em relação às diferentes dosagens de micronutriente boro avaliadas. O cultivar BRS Safira expressou fibras com maior alongamento para todas as dosagens em análise em comparação aos demais cultivares, com exceção da dose de 1,0 kg.ha⁻¹ (9,25 %) que não se diferenciou do BRS Verde (9,02 %). O BRS Safira em específico, obteve variação no alongamento de fibras de 9,25 a 10,12 %, sendo que entre as dosagens de 1,5 e 2,0 kg.ha⁻¹ não houve diferença estatística, mas em valor a dose de 1,5 kg.ha⁻¹ apresentou maior alongamento (10,12 %). Entre as médias da maior dose aplicada (2,0 kg.ha⁻¹) e o não fornecimento de boro também não ocorreu diferença estatística, com alongamentos de 9,85 e 9,80 % respectivamente. O menor alongamento é expresso pelo BRS Safira quando foi aplicado 1,0 kg.ha⁻¹ (9,25 %).

O cultivar BRS Rubi, quando não houve aplicação de boro, demonstrou fibras mais elásticas (9,07 %) em comparação com o BRS Verde (8,66 %) e o BRS Jade (7,0 %). Quando aplicou-se 1,0 e 2,0 kg.ha⁻¹, as fibras do BRS Rubi expressaram elasticidades (8,80 e 9,07 %) semelhantes às do BRS Verde (9,02 e 8,80 %) e superiores às do BRS Jade (7,15 e 7,25 %). Na dose de 1,5 kg.ha⁻¹ obteve menor alongamento de fibra (8,45 %) em relação ao BRS Verde (8,87 %), mas superior ao BRS Jade (7,20 %). Ainda analisando as médias de alongamento de fibra e olhando somente o BRS Rubi, ao comparar elas entre as dosagens fornecidas, temos que, para 0,0, 1,0 e 2,0 kg.ha⁻¹ de boro não houve diferença significativa na elasticidade de suas fibras, e para 1,5 kg.ha⁻¹ foi expresso o menor alongamento (8,45 %).

As médias de elasticidade de fibra do BRS Verde variaram entre as dosagens aplicadas de 8,66 a 9,2 %. A aplicação de 1,0 kg.ha⁻¹ (9,2 %) fez com que as fibras deste cultivar alongassem mais do que a não aplicação do micronutriente boro ao solo (8,66 %), porém apresentou elasticidade estatisticamente igual quando aplicou-se 1,5 e 2,0 kg.ha⁻¹ (8,87 e 8,80 %), as quais foram doses que também se assemelharam estatisticamente ao alongamento de fibra expresso pela não aplicação de boro (8,66 %).

Por último, o BRS Jade expressou fibras com menor elasticidade dentre todos os cultivares estudados, variando de 7,0 a 7,25 %. Isso ocorre devido às fibras deste cultivar apresentar elevado grau de polimerização (GP) e cristalinidade, características estas

indicadas pela maturidade de suas fibras (Tabela 6), dessa forma explica-se o comportamento mecânico com boa resistência à ruptura e alongamento relativamente baixo ao comparar com os demais cultivares no presente trabalho (DE LIMA, 2018). É interessante notar que, mesmo não ocorrendo efeito significativo entre as médias das diferentes dosagens para ELG, houve aumento crescente na elasticidade das fibras desde a não aplicação do micronutriente boro até a maior dose aplicada, correspondente a 2,0 kg.ha⁻¹.

Dentre os tratamentos avaliados, apenas o BRS Jade em todos os níveis do Fator 2 (Doses) obteve fibras com elasticidade elevada (entre 6,8 a 7,6 %), e o restante dos tratamentos apresentaram fibras com elasticidade muito elevada (acima de 7,6 %). Em sua dissertação de mestrado, MEDEIROS (2019) ao realizar seleção de genitores de algodoeiro colorido visando qualidade de fibra e potencial produtivo, obteve média geral para ELG ligeiramente menor (8,02 %) comparado ao presente trabalho (8,65 %). Contudo, todos os tratamentos atendem às necessidades mínimas exigidas pelas indústrias de ELG acima de 6,5 % para algodão de fibra colorida (EMBRAPA, 2002; VIDAL NETO; FREIRE, 2013).

Genótipos	Doses de B (kg.ha ⁻¹)			
	0,0	1,0	1,5	2,0
BRS Jade	7.00 d	7.15 c	7.20 d	7.25 c
BRS Verde	8.66 c	9.02 ab	8.87 b	8.80 b
BRS Safira	9.80 a	9.25 a	10.12 a	9.85 a
BRS Rubi	9.07 b	8.80 b	8.45 c	9.07 b

Tabela 11 - Médias do Alongamento de Fibra (ELG, em %) entre diferentes cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidos às diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia-MG, ano safra 2022/23.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (Embrapa); B: micronutriente Boro.

Por fim, a Figura 7 nos trás as curvas de regressão polinomiais de segundo grau dos cultivares BRS Verde, Rubi e Safira, onde demonstra diferenças significativas no desempenho de Alongamento de Fibra entre os diferentes níveis de Doses de B.

As fibras dos cultivares BRS Safira e Rubi expressaram decréscimo em elasticidade até atingirem menor ELG nas doses de 0,79 kg.ha⁻¹ (BRS Safira) e 1,07 kg.ha⁻¹ (BRS Rubi). Em seguida, ao aumentar os níveis de B via adubação, a elasticidade de suas fibras aumentou consideravelmente, o que possivelmente indica maiores exigências em adubação borata para expressão de fibras mais elásticas, portanto necessitando de mais estudos com intervalo de doses maiores.

Diferentemente, o BRS Verde obteve crescente aumento na elasticidade de suas fibras até atingir ELG máximo na dose de 1,10 kg.ha⁻¹, e posteriormente apresentou decréscimo até dose máxima (2,0 kg.ha⁻¹). Sendo assim, através da aplicação de fertilizantes boratados em concentrações próximas a 1,10 kg.ha⁻¹, as fibras do genótipo BRS Verde expressará elasticidade máxima.

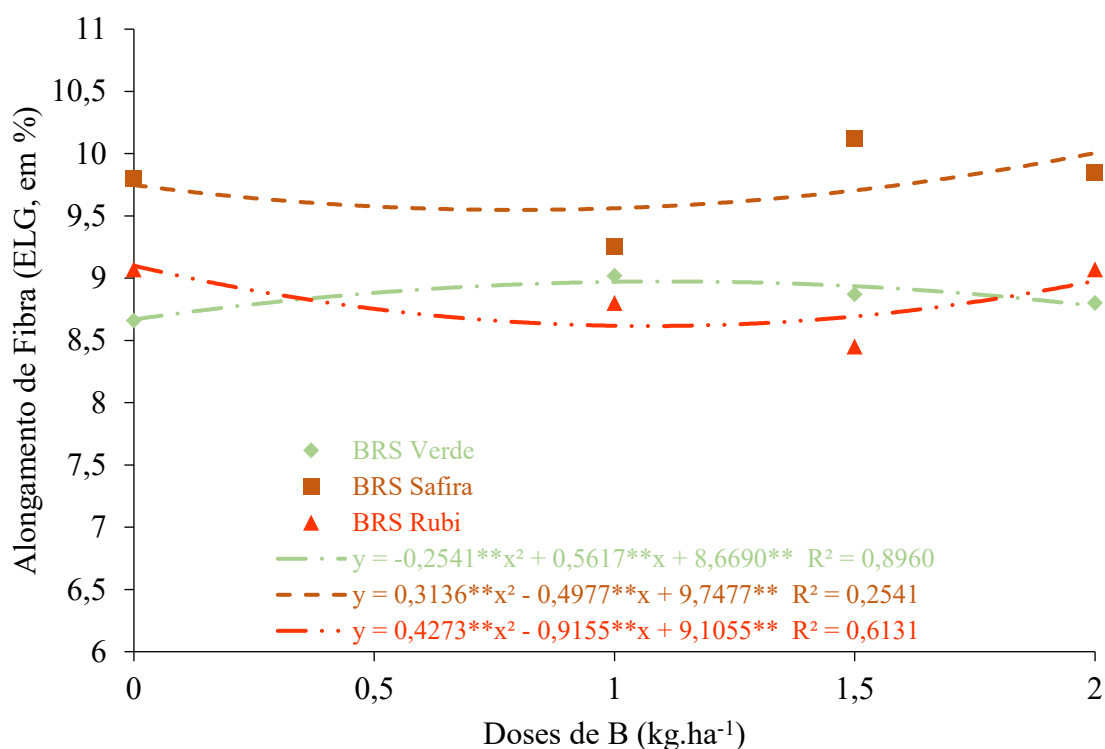


Figura 7 - Análise de Regressão do Alongamento de Fibra (ELG, em %) entre cultivares de algodoeiro de fibra colorida em função de diferentes dosagens do micronutriente boro (B). Uberlândia - MG, ano safra 2022/23.

** e * significativos a 1% e 5% de probabilidade no teste de F; BRS: genótipos de algodoeiro de fibra colorida desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (EMBRAPA).

4. CONCLUSÃO

Dentre os genótipos avaliados, o BRS Jade se destacou com relação a qualidade de fibra, o que indica que este genótipo pode ser uma boa recomendação para os cotonicultores em cultivos comerciais, bem como ser utilizado como genitor em programas de melhoramento genético visando a melhoria da qualidade da fibra de algodão colorido.

Foram observadas respostas distintas dos cultivares de Algodão de fibra colorida para as dosagens de Boro aplicadas. Isto indica que a adubação boratada pode ser eficiente para melhorar a qualidade de fibra de algodão colorido, porém é necessário ajustar a dose para cada cultivar. Todavia, os resultados obtidos indicam a necessidade da realização de estudos com doses maiores do que as doses aqui estudadas.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Fibras de algodão – Determinação da maturidade pelo método de microscópio**. NBR 13156, out. de 2012.

AGARWALA, S. C.; SHARMA, P. N.; CHATTERJEE, C.; SHARMA, C. P. Development and enzymatic changes during pollen development in boron deficient maize plants. **Journal of Plant Nutrition**, The Hague, v.3, p.329-336, 1982. <https://doi.org/10.1080/01904168109362841>

ALVARENGA, L. G. S. **Eficiência da seleção para qualidade de fibra no algodoeiro (*Gossypium hirsutum*)**. 2018. 65 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, 2018.

ALVAREZ, V. H. V.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., H. V. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-6.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE ALGODÃO. Algodão no mundo, novembro de 2022. Disponível em: <https://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-nomundo.aspx>.

ATIQUE-UR-REHMAN, QAMAR R, HUSSAIN A, SARDAR H, SARWAR N, JAVEED HMR, et al. (2020). Soil applied boron (B) improves growth, yield and fiber quality traits of cotton grown on calcareous saline soil. PLoS ONE 15(8): e0231805. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231805>.

BARBER, S.A. The role of root interception, mass-flow and diffusion in regulating the uptake of ions from soils. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Limiting steps in ion uptake by plants from soil. Vienna, 1966, p.39-45. (IAEA. **Technical Report Series**, 65).

BARROS, M. A. L.; SILVA, C. R. C. D.; LIMA, L. M. D.; FARIAS, F. J. C.; RAMOS, G. A.; SANTOS, R. C. D. A review on evolution of cotton in Brazil: GM, white, and

colored cultivars. **Journal of Natural Fibers**, v. 19, n. 1, p. 209-221, 2022. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1738306>

BELTRÃO, N. E. M., CARVALHO, L. P. **Algodão colorido no Brasil, e em particular no Nordeste e no Estado da Paraíba**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. Documentos 128, 2004.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. O agronegócio do algodão no Brasil. 2. ed. Brasília - DF: **Embrapa Agroindústria Tropical**; Embrapa Algodão, 2008. ISBN 978-85-7383-424-6.

BINGHAM F, T.; ELSEEWI A.; OERTLI, J. J. Characteristics of boron absorption by excised barley roots. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.34, p.613-617, 1970. <https://doi.org/10.2136/sssaj1970.03615995003400040022x>

BOGIANI, J. C.; ROSOLEM, C. A. Absorção e translocação comparada de boro por cultivares de algodão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36(5), p. 1499-1506, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500014>

BROWN, P.H.; HU, H. Boron uptake by sunflower, squash and cultured tobacco cells. **Physiologia Plantarum**, v.91, n.3, p.435-441, 1994. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1994.tb02971.x>

BRUNES, A. P.; MENDONÇA, A. O.; DE OLIVEIRA, S.; LEMES, E. S.; LEITZKE, I. D.; VILLELA, F. A. Produção, qualidade e expressão isoenzimática de semente de trigo produzidas sob diferentes doses de boro. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 14, n. 3, 2016.

BUOL, S. Soils and agriculture in central-west and north Brazil. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 5, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000500016>

CARDOSO, G. D.; Alves, P. L. D. C. A.; De Macêdo Beltrão, N. E.; Do Vale, L. S.; Períodos de interferência das plantas daninhas em algodoeiro de fibra colorida BRS Safira. **Revista Ciência Agronômica (UFC. Impresso)**, v. 41, p. 456-462, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000300019>

CARVALHO, L. P.; DE ANDRADE, F. P.; DA SILVA FILHO, J. L.; Cultivares de algodão colorido no Brasil. **Embrapa Algodão-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE)**, 2011.

CARVALHO, M.C.S.; FERREIRA, C.B.; STAUT, L.A. Nutrição, Calagem e Adubação do Algodoeiro. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília, ABRAPA, 2007. p.581-647.

CARVALHO; L. P.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.; RODRIGUES, J. I. S.; TEODORO, P. E. Agronomic and technical fibers traits in elite genotypes of cotton herbaceous. **African Journal of Agricultural Research**, Victoria Island, v.10, n.53, p.4882-4887, 2015c. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10515>.

CHANSELME, J. L.; BACHELIER, B. **Colheita e beneficiamento: Preservação da qualidade da fibra exige cuidados**. Versão Agrícola Nº6, Jul/Dez de 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos**. Safra 2021/22 – Décimo levantamento, Brasília, v. 7, p. 23-29, julho, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>.

CORDEIRO, L. F. S.; CORDEIRO, C. F. S.; FERRARI, S. Produtividade do algodoeiro e dinâmica do boro afetadas por plantas de cobertura e adubação com boro em solo arenoso tropical. **Field Crops Research**, v. 284, p. 108575, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108575>

CORREA, F. A. A fibra e os subprodutos. In: Instituto Brasileiro de Potassa. **Cultura e adubação do algodoeiro**. São Paulo, 1965. P. 509-540.

COSTA, E. N. **Caroço de algodão em dietas de vacas lactantes**. Itapetinga-BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2017.

DE LIMA, J. J.; Classificação do algodão em pluma. **Manual de Qualidade da Fibra - parte 2**. AMPA – IMAmt, 2018, p. 58-115.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A. de C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (ed.). **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.65-97.

E. A. Kirkby e V. Römheld. **Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility**. Proceedings 543, The International Fertiliser Society, P. O. Box 4, York, YO32 5YS, Reino Unido. 2007.

ECHER, F.; ROSOLEM, C. A.; RAPHAEL, J. P. A.; **Manual de qualidade da fibra: Desenvolvimento da planta e qualidade da fibra**. AMPA – IMAmt, 2018.

EMBRAPA. **Resultados de ensaio HVI e suas interpretações** (ASTM D-4605). Campina Grande, [s.n.], 2002.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Ed. Brasília, 356 p. 2018.

FONSECA, R. G.; FARIAS, J. C. S. Resultados de ensaio HVI e suas interpretações (ASTM D-4605). Circular Técnica 66, Embrapa, 2002.

FONTES, R.L.F.; MEDEIROS, J.F.; NEVES, J.C.L.; CARVALHO, O.S. & MEDEIROS, J.C. **Growth of brazilian cotton cultivars in response to soil applied boron**. J. Plant Nutr., 31: 902-918, 2008. <https://doi.org/10.1080/01904160802043247>

FREIRE, E. C.; FARIAS, F. J. C. **Melhoramento do algodoeiro para as condições do Cerrado e Agricultura familiar do Mato Grosso**. Primavera do Leste: EMBRAPA/Fundação Centro Oeste. 2005, 53 p.

FREIRE, E.C. **Algodão no cerrado do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2015. 956 p.

GOMES, P. F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467p.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE. **Supply & Demand: Current global cotton market outlook for 2021/2022**. Disponível em: https://icac.shinyapps.io/ICAC_Open_Data_Dashbooard/#.

JERÔNIMO, J. F.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, O. R. R. F.; BRANDÃO, Z. N.; SOFIATTI, V.; GOMES, J. P. Qualidade da semente e fibra de algodão na caracterização do descaroçador de 25 serras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p.664-671, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000600015>

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

KUASNE, A. **Curso têxtil em malharia e confecção – 2º Módulo: Fibras têxteis**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, CEFET/SC. Araranguá-SC, 2008.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. A career perspective on soil management in the Cerrado Region of Brazil. In: SPARKS, D. (ed.). **Advances in Agronomy** 137. Cambridge: Academic Press, p. 1-72, 2016.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006, 638p.

MARUR, C. J.; RUANO, O. **Escala do Algodão**. Londrina: IAPAR, 2001.

MEDEIROS, L. A. Seleção de genitores de algodoeiro colorido visando qualidade de fibra e potencial produtivo. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.181>.

MILEY, W.N.; HARDY, G.W.; STURGIS, M.B.; SEDBERRY JR., F.E. Influence of boron, nitrogen and potassium on yield, nutrient uptake and abnormalities of cotton. **Agronomy Journal**, v.61, p.9-13, 1969. <https://doi.org/10.2134/agronj1969.00021962006100010004x>

MROJINSKI, F.; SANTOS, C. C.; CORIOLETTI, N. S. D.; SILVA, V. L. Nutritional management of cotton culture in Cerrado's soils from Mato Grosso. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 13, n. 9, p. 137–140, 2020.p.4882-4887, 2015. <https://doi.org/10.36560/13920201032>

O'NEILL, M.A.; YORK, W.S. The composition and structure of plant primary cell walls. In: ROSE, J.K.C. (Ed.) **The Plant Cell Wall**. Blackell, Oxford, 2003, p.1-54. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0067>

PENNA, J. C. V. Melhoramento do algodão. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. p.15-53.

QUEIROGA, V. P.; CARVALHO, L. P.; CARDOSO, G. D. **Cultivo do algodão colorido orgânico na região semi-árido do nordeste brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 50p. (Embrapa Algodão. Documentos, 204).

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna:R Foundation for Statistical Computing, 2018.

RAVEN, J. A. Short- and long-distance transport of boric acid in plants. **New Phytologist**, v.84, n.2, p.231-249, 1980. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04424.x>

RESENDE, M. A. V.; FREITAS, J. A.; LANZA, M. A.; RESENDE, D. V.; AZEVEDO, C. F. Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas de fibra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 3, p. 334-340, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000300006>

ROSOLEM, C. A.; BORÉM, A.; FREIRE, E. C. **Algodão do plantio à colheita: Exigências Edafoclimáticas**, cap. 4, p. 66-86, 2014.

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

ROSOLEM, C.A. **Micronutrientes em Algodão**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5, Salvador, BA, 2005. EMBRAPA, 2005.

SALVIANO, A. F.; LUNA, C. B. B.; SIQUEIRA, D. D.; ARAÚJO, E. M.; FERREIRA, R. D. S. B.; BEZERRA, E. B. Compostos de biopolietileno/línter de algodão compatibilizados com PE-g-MA. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e415101422243-e415101422243, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22243>

SESTREN, J. A.; LIMA, J. J. Características e classificação da fibra de algodão. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 3. ed. Brasília: ABRAPA, 2015. cap. 19, p. 653750.

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; HIROCE, R.; QUAGGIO, J.A. A calagem na reação do algodoeiro à adubação com superfosfato simples. **Bragantia**, v.46, n.2, p.381-396, 1987. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051987000200018>

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado - correção do solo e adubação**. 2. ed, S. l.: Embrapa, 2004. p. 202-203.

SOUSA, G. R. M. **Aplicação da espectroscopia NIR para análise exploratória de plumas e tecidos de algodão colorido**. 2013. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2013.

SOUZA JÚNIOR, J. P.; PRADO, R. M.; CAMPOS, C. N. S.; OLIVEIRA, D. F.; CAZETTA, J. O.; DETONI, J. A. Silicon foliar spraying in the reproductive stage of cotton plays an equivalent role to boron in increasing yield, and combined boron-silicon application, without polymerization, increases fiber quality. **Industrial Crops and Products**, v. 182, p. 114888, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114888>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 613 p.

THELLIER, M.; DUVAL, Y.; DEMARTY, M. Borate exchanges of Lemna minor L. as studied with the help of the enriched stable isotopes and of a (n, α) nuclear reaction. **Plant Physiology**, v.63, n.3, p.283-288, 1979. <https://doi.org/10.1104/pp.63.2.283>

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Cotton: World Production, Markets and Trade Report**. September, 2023. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/cotton.pdf>.

VAZ-TOSTES, D. P.; Avaliação do deslincamento químico na qualidade de sementes de algodão. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, 2017. 54 p. : il.

VIDAL NETO, F. C.; FREIRE, E. C. Melhoramento genético do algodoeiro. *In*: VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Ed.) **Melhoramento genético de plantas no nordeste**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, 2013. Cap. 3, p. 49 – 83.

VILLARI, A. C. **Guia do algodão: tecnologia no campo para uma indústria de qualidade**. Conselho de Informações sobre Biotecnologia, 2010.

WAHID, M. A.; SALEEM, M.; IRSHAD, S.; KHAN, S.; CHEEMA, M. A.; SALEEM, M. F.; TUNG, S. A. Foliar feeding of boron improves the productivity of cotton cultivars with enhanced boll retention percentage. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 16, p. 2411-2424, 2020. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1783300>

ZANCANARO, L.; TESSARO, L.C. Calagem e Adubação In: MORESCO (Org.). **Algodão: pesquisas e resultados para o campo**. Cuiabá: Fundo de apoio à Cultura do Algodão/FACUAL (ed.), 2006. p.57-81.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M. Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates, and boron distribution in tissues during development of boron deficiency. **Field Crops Research, Amsterdam**, v.78, p.75-87, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00095-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00095-3)