



**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM AGRONOMIA**

IZAMARA MARZOLLA GUTIERRES JACOB MACHADO

**MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DO SOMBREAMENTO NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE FIBRA DO ALGODOEIRO PELA APLICAÇÃO DE TRIPTOFANO.**

Presidente Prudente - SP

2025

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM AGRONOMIA**

IZAMARA MARZOLLA GUTIERRES JACOB MACHADO

**MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DO SOMBREAMENTO NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE FIBRA DO ALGODOEIRO PELA APLICAÇÃO DE TRIPTOFANO.**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia — Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Rafael Echer

Presidente Prudente - SP

2025

Catálogo Internacional de Publicação (CPI)

633.52
M149m

Machado, Izamara Marzolla Gutierres Jacob.
Mitigação dos efeitos do sombreamento na
produtividade e qualidade de fibra do algodoeiro pela
aplicação de triptofano / Izamara Marzolla Gutierres
Jacob Machado. — Presidente Prudente, 2025.
51 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) -
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste,
Presidente Prudente, SP, 2025.

Bibliografia.

Orientador: Fábio Rafael Echer

1. Algodoeiro. 2. Produtividade vegetal. 3.
Bioestimulantes. 4. Sombreamento. 5. Cultura do
algodão. I. Título.

Bibliotecária: Sofia da Cunha Gonçalves – CRB 8\10943.

FOLHA DE APROVAÇÃO



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

18 3229-3286

prppg@unoeste.br

Campus II Rodovia Raposo Tavares, KM 572 • Bairro Limoeiro • CEP 19067-175 • Presidente Prudente-SP • www.unoeste.br

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DO SOMBREAMENTO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO PELA APLICAÇÃO DE TRIPTOFANO”

AUTOR(A): IZAMARA MARZOLLA GUTIERRES JACOB MACHADO

ORIENTADOR(A): Dr. FÁBIO RAFAEL ECHER

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA

Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:

DR. FÁBIO RAFAEL ECHER (orientador)

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

DR. EDGARD HENRIQUE COSTA SILVA

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

DR. JUAN PIERO ANTONIO RAPHAEL

ESALQ/USP - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / Piracicaba (SP)

Data da realização: Presidente Prudente, 25 de fevereiro de 2025.

Central de Assinaturas Eletrônicas

Sobre o documento

Assunto: Documento eletrônico
Status do documento: Concluído
Data de criação do documento: 26/02/2025 19:21
Fuso horário: (UTC-03:00) Brasília
Número de assinaturas: 3
Solicitante: KEID RIBEIRO KRUGER (#6050791)

Signatários do documento

JUAN PIERO ANTONIO RAPHAEL (SIGNATÁRIO EXTERNO)

juanpiero1@gmail.com
Recebido em 26/02/2025 19:21
Assinado em 27/02/2025 11:04
Assinatura Interna UNOESTE
Usando endereço IP: 2804:1b3:ab81:9916:b15f:8b6c:8:ecbe
ID da assinatura: 4479526

FÁBIO RAFAEL ECHER (PROFESSOR)

fabioecher@unoeste.br
Recebido em 26/02/2025 19:21
Assinado em 27/02/2025 14:54
Assinatura Interna UNOESTE
Usando endereço IP: 177.131.39.1
ID da assinatura: 4479527

EDGARD HENRIQUE COSTA SILVA (FUNCIONÁRIO)

edgard@unoeste.br
Recebido em 26/02/2025 19:21
Assinado em 28/02/2025 08:32
Assinatura Interna UNOESTE
Usando endereço IP: 177.131.39.1
ID da assinatura: 4479528

URL do documento: <https://www.unoeste.br/ca/ce637188>

Assinatura digital do documento: 4c23afa5425a25e7e98129c2833a987230561afe636ff3c7623ffff585fc9a5c

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista

Mantida pela Associação Prudentina de Educação e Cultura - APEC

Utilize o QRCode abaixo para conferir a autenticidade deste documento:



DEDICATÓRIA

Esse trabalho é dedicado à minha família que sempre apoiou o estudo como forma de ser uma pessoa melhor. Em especial, ao meu tio Álvaro, minha avó Maria Augusta, minha mãe Juçara, minha tia Etna, meu companheiro Wagner e minha filha Livia Maria. Dedico também *in memoriam* a duas pessoas importantes na minha vida, minha tia Denise que desde o início da minha vida acadêmica esteve ao meu lado e que sei que ficaria muito feliz por essa etapa que finalizo e o meu padrasto Heverson que esteve junto comigo ao decorrer desse projeto e que mesmo com todas as dificuldades colocou a mão na massa quando foi preciso!!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e sabedoria concedida ao longo dessa jornada. Sem Ele, nada seria possível.

À minha família, amigos e todas as pessoas especiais que estiveram ao meu lado, oferecendo apoio, incentivo e compreensão nos momentos desafiadores.

Ao meu orientador, Prof. Fábio Rafael Echer, por todo o apoio, ensino e paciência durante essa caminhada. Sou imensamente grata por sua orientação e dedicação.

Aos docentes da UNOESTE, que contribuíram com conhecimento e aprendizado ao longo do percurso acadêmico.

Ao grupo GEA, pela união e ajuda inestimável durante o desenvolvimento do projeto. Em especial, meu agradecimento a Ana Rorato, Adenilson e Caio Bais, que foram mais do que colegas: tornaram-se amigos essenciais nessa trajetória.

Ao meu esposo, pelo suporte incondicional, segurando as pontas enquanto eu viajava para o projeto.

À minha sogra, que, mesmo enfrentando lutas difíceis, sempre esteve presente, cuidando da minha filha e me permitindo seguir essa jornada com mais tranquilidade. Sou profundamente grata por sua ajuda e carinho.

À minha patroa, Flávia, por me permitir as ausências no trabalho para que eu pudesse me dedicar a essa pesquisa.

Ao Edson e à Rosa, na fazenda, que foram sempre prestativos e solícitos, tornando o trabalho de campo mais leve.

Ao CAPES, pelo apoio financeiro através da taxa de estudo, sem a qual este sonho não teria sido possível.

À empresa Plant Defender, pelo suporte e incentivo fundamentais para a realização desta pesquisa.

E ao meu amigo Chuchu, por toda a ajuda no campo, desde bater estacas até esticar sombrites, enfrentando sol e chuva comigo. Sua parceria foi essencial!

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – (Brasil) CAPES – Código de Financiamento 001”

A todos que, de alguma forma, contribuíram para essa conquista, meu sincero agradecimento!

RESUMO

Mitigação dos efeitos do sombreamento na produtividade e qualidade de fibra do algodoeiro pela aplicação de triptofano.

A produção brasileira de algodão é em grande maioria realizada em ambiente sequeiro, estando as plantas sujeitas ao sombreamento, causado pela redução da radiação em dias nublados, o que reduz os níveis endógenos de auxinas, aumenta o abortamento de estruturas reprodutivas e reduz o potencial produtivo da cultura. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da aplicação exógena de um produto composto por triptofano, precursor de auxina sobre a mitigação do abortamento causado pela sombra no algodoeiro. O delineamento experimental foi um fatorial 3x4 com quatro repetições. Os fatores foram os níveis de sombreamento (0, 30 e 50%) e as doses de triptofano (0, 15, 30 e 60 g ha⁻¹ do produto comercial, com 1,21% de triptofano em sua composição). Os componentes de produção e qualidade avaliados foram: altura, nós, número de capulhos (NC), peso médio do capulho, rendimento de fibra, produtividade, micronaire, maturidade, comprimento de fibras, uniformidade de fibras, índice de fibras curtas, resistência de fibra e alongamento de fibras. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível mínimo de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). O NC foi maior na ausência de sombra e sem o triptofano, porém o peso médio de capulhos (PMC) foi maior sob sombreamento de 50%. A produtividade de fibra e os demais componentes e índices não apresentaram diferenças significativas. Na ausência de sombra, as doses de 15, 30 e 60 g ha⁻¹ concentraram mais capulhos no baixeiro, enquanto a dose de 0 g ha⁻¹ manteve uma distribuição mais uniforme. Já com 50% de sombreamento, as doses de 0, 30 e 60 g ha⁻¹ também promoveram maior retenção de capulhos no baixeiro. Esses resultados indicam que tanto o sombreamento quanto a dosagem do produto afetam a forma como as estruturas reprodutivas são distribuídas e acumulam massa no dossel da planta. A concentração da produção na ausência de sombra foi maior no baixeiro nas as doses de 15, 30 e 60 g ha⁻¹. Já com 50% de sombreamento, as doses de 0 e 30 g ha⁻¹ favoreceram uma maior concentração da produção no baixeiro e no terço médio, enquanto a dose de 60 g ha⁻¹ mostrou maior produção apenas no baixeiro. A aplicação de triptofano, precursor de auxina não mitigou os efeitos do sombreamento na produtividade do algodão.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*; capulhos; algodão; sombra; estresse abiótico.

ABSTRACT

Mitigation of the effects of shade on cotton yield and fiber quality by applying tryptophan.

Brazilian cotton production is mostly carried out in a dryland environment, and plants are subject to shading caused by reduced radiation on cloudy days, which reduces endogenous auxin levels, increases the abortion of reproductive structures and reduces the crop's productive potential. The objective of this study was to evaluate the effect of exogenous application of a product composed of tryptophan, an auxin precursor, on mitigating abortion caused by shade in cotton plants. The experimental design was a 3x4 factorial with four replicates. The factors were the shading levels (0, 30 and 50%) and the tryptophan rates (0, 15, 30 and 60 g ha⁻¹ of the commercial product, with 1.21% tryptophan in its composition). The production and quality components evaluated were: height, number of nodes, boll number (NC), average boll weight, fiber yield, fiber percentage, micronaire, maturity, fiber length, fiber uniformity, short fiber index, fiber strength and fiber elongation. The data obtained were subjected to analysis of variance and the means compared by Tukey's test at the 5% probability level ($p < 0.05$). NC was higher in the absence of shade and without tryptophan, but the average boll weight (PMC) was higher under 50% shade. Fiber productivity and the other components and indexes did not show significant differences. In the absence of shade, the rate of 15, 30 and 60 g ha⁻¹ concentrated more bolls in the lower reaches, while the rate of 0 g ha⁻¹ maintained a more uniform distribution. With 50% shading, rates of 0, 30 and 60 g ha⁻¹ also promoted greater boll retention in the third of the plant. These results indicate that both shading and product dosage affect the way reproductive structures are distributed and accumulate mass in the plant canopy. Production concentration in the absence of shade was higher in the lower third at rates of 15, 30 and 60 g ha⁻¹. With 50% shading, rates of 0 and 30 g ha⁻¹ favored a greater yield in the lower third and in the middle third, while the rate of 60 g ha⁻¹ showed greater production only in the lower third. The application of tryptophan, an auxin precursor, did not mitigate the effects of shading on cotton productivity.

Keywords: *Gossypium hirsutum*; bolls; cotton; shade; abiotic stress.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATÖES

%	- Por cento
°	- Graus
$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	- Taxa de fotossíntese líquida
ABA	- Ácido abscísico
AIA	- Ácido indol acético
Al^{3+}	- Alumínio
B1	- Primeiro botão floral no primeiro ramo reprodutivo
B5	- Quinto botão floral no quinto ramo reprodutivo
Ca	- Cálcio
C3	- Mecanismo de fixação de carbono
cm	- Centímetros
CO_2	- Gás carbônico
CTC	- Capacidade de troca catiônica
DAE	- Dias após a emergência
EROS	- Espécies reativas de oxigênio
F1	- Primeira flor aberta no primeiro ramo reprodutivo
F5	- Quinta flor aberta no quinto ramo reprodutivo
g dm^{-3}	- Gramas por decímetro cubico
g ha^{-1}	- Gramas por hectare
HVI	- High Volume Instrument (Equipamento)
H+Al	- Acidez potencial do solo
K	- Potássio

kg ha ⁻¹	- Quilogramas por hectare
mmolc dm ⁻³	- milimol por decímetro cubico
Mg	- Magnésio
mg dm ⁻³	- Miligramas por decímetro cubico
MOS	- Matéria orgânica no solo
P resina	- Fósforo
pH CaCl ₂	- pH em Cloreto de Cálcio
Prof.	- Profundidade
ppm	- Parte por milhão
RuBP	- Rubisco
SB	- Soma de bases
t	- Tonelada
t ha ⁻¹	- Tonelada por hectare
Trp	- Triptofano
V%	- Saturação por bases

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 —	Dados meteorológicos da safra 2022/2023 na Fazenda experimental da Unoeste	22
Figura 2 —	Número de capulhos por metro quadrado (NC m ⁻²) em diferentes partes do dossel do algodoeiro sob três níveis de sombreamento (0%, 30% e 50%) e quatro doses do triptofano (0, 15, 30 e 60 g ha ⁻¹). As barras empilhadas indicam as porções do dossel: B (Baixeiro), M (terço médio) e P (Ponteiro). As letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as porções do dossel (baixeiro, terzo médio e ponteiro) dentro de cada dose, enquanto as letras maiúsculas indicam diferenças entre as doses do triptofano dentro de cada nível de sombreamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p < 0,05).....	27
Figura 3 —	Produção de fibra (g m ⁻²) em diferentes partes do dossel do algodoeiro sob três níveis de sombreamento (0%, 30% e 50%) e quatro doses do triptofano (0, 15, 30 e 60 g ha ⁻¹). As barras empilhadas indicam as porções do dossel: B (Baixeiro), M (terço médio) e P (Ponteiro). As letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as porções da planta (baixeiro, médio e ponteiro) dentro de cada dose, enquanto as letras maiúsculas comparam as doses do triptofano dentro de cada nível de sombreamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p < 0,05).....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 —	Atributos químicos e textura do solo na camada de 0-22 cm, 22-30 cm e 30-60 cm antes da semeadura do algodoeiro.....	27
Figura 2 —	Componentes biométricos, de produção e produtividade do algodoeiro submetido ao sombreamento e doses de triptofano, precursor de auxina, safra 22/23.....	30
Figura 3 —	Características de qualidade da fibra do algodão submetido ao sombreamento e doses de triptofano, um precursor de auxina, safra 22/23.....	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Algodão	16
2.2	Abortamento de estruturas reprodutivas do algodoeiro	17
2.3	Sombreamento e Fotossíntese	18
2.4	Hormônios	19
2.5	Auxina	20
3	JUSTIFICATIVA	22
4	HIPÓTESE	23
5	OBJETIVO GERAL	24
6	MATERIAL E MÉTODOS	25
6.1	Caracterização do local	25
6.2	Delineamento experimental	27
6.3	Condução do experimento	27
6.4	Variáveis	28
6.5	Estatística	29
7	RESULTADOS	30
8	DISCUSSÃO	34
9	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	39
	ANEXOS	50

1 INTRODUÇÃO

O algodão (*Gossypium hirsutum*) é a planta fibrosa mais cultivada no mundo, sendo produto agrícola importante para vários países. Na safra 2023/2024 o Brasil se tornou o maior exportador de algodão do mundo, com produção de 3,7 milhões de toneladas de pluma e 2,6 milhões de toneladas exportadas. O Brasil é ainda o quarto maior produtor de algodão no mundo (Raphael; Rosolem; Echer, 2019, ABRAPA, 2024).

O Centro Oeste é a maior região produtora de algodão no Brasil, com cerca de 2.761,5 milhão de toneladas de pluma em 1.477,6 milhão de hectares na safra 2023/2024 (CONAB, 2024). O estado de Mato Grosso é o principal produtor com mais de 60% da área brasileira. Estima-se que a produtividade no Brasil de 1874 kg ha⁻¹ de fibra é uma das maiores do mundo (CONAB, 2024; Tachinard, 2020).

A concentração das lavouras na região central brasileira se deve às características edafoclimáticas adequadas ao cultivo, como boa disponibilidade hídrica, ausência de temperaturas limitantes na maior parte das áreas e inverno seco que favorece a colheita. Por outro lado, o excesso de dias nublados, principalmente em fevereiro e março, reduz o a disponibilidade de luz à fotossíntese, o que pode resultar em perdas significativas por abortamento de estruturas reprodutivas (Echer; Rosolem, 2015).

Nesse contexto, o potencial produtivo de uma cultura é intrinsecamente ligado à interação entre genótipo, manejo e ambiente (Snider *et al.*, 2022). Isso significa que uma variedade de fatores pode interferir no desempenho das lavouras. Um dos desafios mais críticos é o sombreamento das plantas, seja pela nebulosidade ou pelo crescimento vegetativo da própria planta, o que ocorre simultaneamente com o desenvolvimento dos frutos (Oosterhuis, 1990).

Essa limitação na eficiência do uso da luz, especialmente na parte inferior da planta, compromete a produção de carboidratos e reduz a retenção de capulhos, impedindo que a cultura do algodão atinja seu potencial produtivo máximo. Além disso, o sombreamento pode impactar negativamente o índice micronaire, dependendo da cultivar utilizada (Hake *et al.*, 1991; Echer, 2017). Fatores como as condições climáticas, sombreamento, amplitude térmica e nutrição podem elevar as taxas de abortamento, que em condições normais podem ser de 30 a 50%

(Oosterhuis, 1992; Rosolem, 2001), mas para obtenção de produtividade mais elevadas, as taxas de abortamento não podem ser maiores que 40%.

O sombreamento pode acontecer em dias nublados, com a diminuição da radiação, que causa alterações fisiológicas e bioquímicas, incluindo a modificação do conteúdo da clorofila, atividade da rubisco e conteúdo de hormônios endógenos que impactam nos componentes de produção. Esse tipo de perda é difícil de prever, pois ocorre variações climáticas, principalmente dentro do período semeadura-colheita, por isso é necessário que o planejamento da safra seja realizado antes, considerando as cultivares, época de semeadura, espaçamento, nutrição do solo e das plantas e uso correto de regulador de crescimento (Li *et al.*, 2019).

O auto sombreamento ocorre devido ao crescimento excessivo da planta, com inserção das folhas do tipo planofilar (180°) em que as folhas superiores sombreiam as inferiores, que tem a sua capacidade fotossintética diminuída, levando a aumento da senescência de folhas, o que reduz a capacidade de enchimento, a retenção, o peso das maçãs, a produtividade e qualidade de fibra (Echer *et al.*, Rosolem, 2018, Echer; Rosolem, 2014; Echer; Rosolem, 2015).

Uma alternativa para diminuir a abscisão seria aumentando a taxa fotossintética e a produção de fotoassimilados. Plantas de *Arabidopsis* mutantes deficientes do hormônio vegetal auxina apresentam redução do número de folhas (filotaxia) e área foliar, além da densidade de cloroplastos, devido a menor capacidade fotossintética, além disso esse hormônio interage com outros como citocinina para o desenvolvimento dos sistemas vasculares das folhas, que transportam os nutrientes e fotoassimilados para os frutos. Plantas sob estresse luminoso devido à baixa intensidade de luz podem ter o transporte polar de auxina interrompido, o que ocasiona o acúmulo em partes específicas da planta, levando ao aborto de estruturas reprodutivas (Guinn, 1974; Keuskamp *et al.*, 2010; Cao *et al.*, 2019; Kurepa; Shull; Smalle, 2019;).

Estudos indicam que a auxina controla a formação dos vasos condutores das plantas, aumenta a capacidade de trocas gasosas e a taxa fotossintética máxima; além de prevenir e retardar a abscisão foliar, pela interação auxina, etileno e ácido abscísico (Scarpella; Barkoulas; Tsiantis, 2010; McAdam *et al.*, 2017; Kerbauy, 2019).

Interações dos hormônios auxina, etileno e ácido abscísico desencadeiam respostas tanto ao estresse quanto no desenvolvimento reprodutivo das plantas. Durante situações de estresse, a via de produção de etileno é ativada, mas a

sinalização envolvida nesse processo ainda não está completamente elucidada. Esse aumento na produção de etileno pode causar um desbalanço em relação à auxina, o que, por sua vez, pode levar ao abortamento de frutos (Pierik *et al.*, 2009; Binder, 2020).

Dessa maneira o objetivo desse trabalho foi utilizar o triptofano exógeno, precursor da síntese de auxina, para mitigar perdas de produção do algodoeiro sob restrição luminosa, com possível manutenção ou melhoria da produtividade em região onde tradicionalmente ocorre veranico no período do florescimento e que pode em diferentes anos acarretar problemas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Algodão

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*) é uma eudicotiledônea espermatófita, da família das malváceas, naturalmente perene e arbustiva, de regiões tropicais e subtropicais, porém produzida como cultura anual; é conhecido há milênios como a melhor fibra natural e matéria prima de grande importância, e é produzida em todos os continentes. A China e Índia são os maiores produtores de algodão do mundo, somando em torno de 45% da produção mundial, em seguida vêm o Brasil (14%) e os EUA (13%), e Paquistão (5%) (ABRAPA, 2018; Beltrão, 2006; Raphael; Rosolem; Echer, 2020; USDA, 2024).

A produção global de algodão tem se mantido estável, com pequenas variações anuais, devido aos fatores climáticos e econômicos. No Brasil a cultura do algodoeiro se tornou uma das principais *commodities* brasileiras, e a partir da mudança da produção para o Cerrado, o Brasil deixou de ser importador para ser o maior exportador mundial de pluma (USDA, 2024). A área de plantio de algodão no Brasil na safra 23/24 foi de 1,944 milhões hectares. O estado do Mato Grosso deteve cerca de 72,8% da área de plantio (CONAB, 2024). A nível mundial, estima-se uma produção de 24,307 milhões de toneladas de fibra na safra 23/24 (ABRAPA, 2024).

O algodoeiro tem o hábito de crescimento indeterminado, com diferença visual entre os ramos vegetativos e reprodutivos, que se desenvolvem mutuamente, contrituindo, portanto, a competição por fotoassimilados (Beltrão *et al.*, 1997). O florescimento do algodoeiro é diferente de outras culturas, pois tem padrão espiral, ordenado, no qual abre primeiro a flor do primeiro nó reprodutivo, seguida pela flor na primeira posição do segundo nó reprodutivo e assim por diante (Gridi-Papp, 1965). A eficiência fotossintética durante a fase reprodutiva impacta diretamente a quantidade e qualidade do algodão, além disso a arquitetura da planta interfere na captação de luz (Li *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2018).

Os estresses abióticos limitam a produtividade por aumentarem as taxas de abortamento de estruturas reprodutivas, e estes podem ocorrer de forma isolada ou combinada. A diminuição da radiação solar durante o florescimento pode levar ao abortamento de frutos acima do normal, por causa da partição de carboidratos,

sistema no qual o carbono assimilado é distribuído pelo floema e dependendo do estresse pode ser armazenado para sobrevivência ao invés do crescimento, transformando-o em energia armazenada, disponível para manter funções básicas da planta, como respiração (Guinn, 1974; Sala; Woodruff; Meinzer, 2012; Echer, 2014).

2.2 Abortamento de estruturas reprodutivas do algodoeiro

O abortamento de estruturas reprodutivas é natural no algodoeiro (Bélot; Vilela, 2020). Estima-se abortamento de 40 a 60% dos frutos jovens de 5 a 8 dias após a antese. O excesso de crescimento vegetativo no algodoeiro geralmente reduz a capacidade da planta de manter suas estruturas reprodutivas, especialmente se os botões e frutos não estiverem desenvolvidos. A ocorrência de estresses durante a floração ou crescimento das maçãs reduz a disponibilidade de carboidratos e normalmente o desenvolvimento reprodutivo é desfavorecido (Oosterhuis, 2001; Yeates, 2014; Raphael *et al.*, 2019).

A queda dos frutos, cuja sensibilidade é maior nos mais jovens, ocorre, devido a formação da zona de abscisão, entre o ramo reprodutivo e o pedúnculo do fruto. Alguns fatores influenciam o aborto de estruturas reprodutivas, dentre eles, a densidade de semeadura, espaçamento entre plantas e linhas, cultivares, eficiência do uso de radiação e interceptação da luz, tamanho do dossel, número de frutos imaturos, época de plantio, sombreamento, estresse nutricional, estresse por déficit hídrico, temperaturas extremas, deficiência nutricional, pragas e doenças e desequilíbrio hormonal (Oosterhuis; Cothren, 2012; Kaur *et al.*, 2013).

A abscisão de frutos jovens pode ser uma forma de equilibrar a carga frutífera, garantindo o fornecimento adequado de carboidratos aos frutos retidos. Por outro lado, a abscisão pode reduzir a produtividade, pois está se correlaciona com a quantidade de capulhos retidos, uma vez que o ganho de peso nos capulhos retidos muitas vezes não compensa os frutos abortados, portanto, a maior retenção reflete em ganho de produtividade. Sob estresse, normalmente não há ganho de peso nas maçãs retidas (Guinn *et al.*, 1982; Oosterhuis, 2001; Reddy *et al.*, 2004).

2.3 Sombreamento e fotossíntese

Quando as plantas de algodão experienciam dias nublados ou quando há auto-sombreamento provocado pelo adensamento de plantas há redução da fotossíntese líquida, o que intensifica o abortamento, sendo o período da floração o mais sensível ao sombreamento, pois diminui a produtividade (Echer; Rosolem, 2015a; Echer; Rosolem, 2015b). Em condições de intensa luz, a fotossíntese é limitada pela capacidade da folha de dissipar o excesso de energia luminosa. Já em ambientes com pouca luz, o processo depende da eficiência da folha em captar e converter a luz para otimizar a assimilação de carbono (Zhu; Long; Stephen, 2010; Pignon *et al.*, 2017;).

Segundo Rosolem (2001), a queda das estruturas ocorre pelo desbalanço de açúcares no tecido e o teor de etileno, portanto tudo que interfere na síntese de açúcares (fotossíntese) leva a esse abortamento. Deve-se destacar que o algodão é uma planta sensível a ausência de luz, entretanto a taxa de saturação de luz ocorre com a incidência maior que $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Wells, 2011), por ser de mecanismo fotossintético C3; o que não é difícil de ocorrer, porém essa saturação acarreta na fotorrespiração que reduz a fotossíntese líquida. Quando ocorre esse desbalanço entre produção de carboidratos e a demanda dos frutos, o fruto mais jovem é abortado, para que as maçãs mais velhas tenham seu desenvolvimento pleno (Yeates, 2014). A redução do fornecimento de fotoassimilados durante a frutificação impulsiona a abscisão dos frutos (Zhao; Oosterhuis, 1998).

Estudos demonstraram que plantas com o dossel estático podem realizar mais de 20 transições entre luz e sombra, e ao receber a luz após um período de sombra, a absorção de gás carbônico (CO_2) não atinge imediatamente a máxima capacidade, reduzindo a eficiência da fixação de carbono. São necessários vários minutos para que a taxa fotossintética seja recuperada nas transições sol-sombra e sombra-sol, com perda de 10-40% da assimilação de CO_2 da cultura, devido ao aumento da regeneração da ribulose- 1,5 bifosfato (RuBP), atividade da RuBP carboxilase/oxigenasse (Rubisco), condutância estomática e condutância do mesófilo (Zhu *et al.*, 2004; Long *et al.*, 2022).

2.4 Hormônios

A abscisão de estruturas reprodutivas é resultado do balanço hormonal auxina/etileno na base do pecíolo e a auxina desempenha papel importante na prevenção do abortamento. Em plantas de tomateiro, dois processos ocorrem na abscisão: a separação e a morte celular. Os dois processos são regulados pelo etileno, que impede o transporte de auxina nos tecidos e aumenta a atividade da enzima celulase, que degrada a celulose, constituinte da parede celular (Hall, 1952; Burg; Burg, 1966; Chersicola, 2018). Estudos com algodoeiro e feijão, colocadas em vaso sob etileno por 24 ou 48 horas, aumentara a concentração na zona de abscisão e reduziu o transporte de auxina e o pré tratamento com auxina diminuiu a abscisão (Beyer Jr, 1973).

O sombreamento aumentou a produção de ácido abscísico e etileno e a vulnerabilidade da abscisão dos frutos de algodão ocorreu em frutos de até 14 dias (pós-antese). A queda de frutos aumenta pois há limitação da fotossíntese, além do aumento da concentração de ácido abscísico (ABA) em frutos de 6 a 11 dias e do etileno em frutos com até 10 dias. O sombreamento diminui a fotossíntese, leva a diminuição dos carboidratos, acumula as espécies reativas de oxigênio (EROS), que desencadeiam vias de sinalização hormonal, incluindo as vias do hormônio ABA que induz indiretamente a abscisão, inibindo o transporte de AIA e estimulando a produção de etileno, o que resulta em desprendimento celular e morte celular e abscisão (Guinn, 1982; Zhao *et al.*, 2024).

Sob estresse, há aumento da produção de etileno e redução do teor de carboidratos em frutos jovens. O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera diminui a abscisão de frutos jovens, pois aumenta a produção de açúcares nas folhas, e quando o fotoperíodo foi aumentado de 8 para 14 horas os resultados foram semelhantes. Isso indica que a redução do abortamento pode estar associada ao aumento da produção de carboidratos ou à redução da produção de etileno e ácido abscísico (Guinn, 1974; Guinn, 1976).

Estudos demonstram que o etileno é antagônico à auxina na abscisão de órgãos. Em *Arabidopsis*, mutantes insensíveis a dois tipos de etileno (*etr1-1* e *ein2-1*), tiveram um retardo na abscisão de órgãos, já a aplicação exógena de etileno teve efeito inverso em diferentes espécies (Patterson; Blecker, 2004).

Kassem *et al.* (2009) estudaram os efeitos isolados e combinados do ácido indolacético (AIA) e a cinetina (citocinina sintética) em algodão arbóreo (*G. barbadense* L.) no início e pico de floração e as respostas indicaram que todos os tratamentos aumentaram o teor de clorofila *a*, *b* e total; mas nem todos influenciaram na redução do abortamento de frutos. O tratamento mais responsivo foi o da aplicação de 25 ppm de AIA combinado com 20 ppm de cinetina. Em outro experimento com algodão arbóreo manipulando a disponibilidade de fotoassimilados, houve um efeito diretamente proporcional na retenção de frutos e a concentração de AIA nas zonas de abscisão, enquanto a concentração de ABA foi inversamente proporcional à retenção de frutos (Guinn; Brummett, 1987).

2.5 Auxina

A auxina é hormônio essencial para o controle do crescimento e desenvolvimento das plantas, e sua resposta ao estresse varia conforme o estágio de desenvolvimento da planta. Isso significa que, dependendo da fase em que a planta se encontra (como germinação, crescimento vegetativo ou reprodutivo), a auxina pode atuar de diferentes maneiras para adaptar a planta ao ambiente estressante, promovendo ou inibindo o crescimento de determinadas partes. A principal auxina nas plantas superiores é o ácido indol-3-acético (AIA), que possui duas principais vias de descrição: uma dependente e outra independente do aminoácido triptofano. No entanto, a origem dessas vias ainda não está completamente elucidada (Woodward; Bartel, 2005; Zhao, 2010; Salehin; Bagchi; Estelle, 2015; Morffy; Strader, 2020).

A via dependente do triptofano tem como enzima chave a flavina monooxigenase (YUCCA). A síntese de auxina nos vegetais ocorre apenas quando há altos níveis de triptofano, pois a via independente ainda é pouco conhecida e não está presente em todas as espécies (Cohen; Slovin; Hendrickson, 2003; Tang, 2023; Zhao, 2012; Sheldrake, 2021).

Além do crescimento, esse hormônio está envolvido na embriogênese, gametogênese e desenvolvimento de flores (Ljung, 2013; Enders; Strader, 2015). Em *Arabidopsis*, a síntese de auxina ocorre principalmente pela via dependente do triptofano, através da via do ácido indol-3-pirúvico (IPA), onde o triptofano sintetiza o IPA, através das proteínas da família Triptofano Amidotransferase de *Arabidopsis* e

posteriormente as proteínas da família YUCCA convertem o IPA em AIA (Zhang; Peer, 2017).

As plantas podem ter diferentes estratégias para metabolizar os hormônios, porém alguns mecanismos são comuns a todas as espécies. Na via independente do triptofano o fosfato de indol-3glicerol pode ser o precursor. Existem mais três vias dependentes do triptofano: a via indol-3-acetamida (IAM); a via da triptamina (TAM); e a via do indole-3-acetaldoxima (IAOX), porém há argumentos que refutam a produção de auxina por essa última via (Mano; Nemoto, 2012). O aminoácido triptofano é sintetizado a partir do corismato via fosfato de indol-3-glicerol no cloroplasto (Radwanski; Last, 1995).

Na via IAM, o Trp é convertido em IAM pela enzima triptofano-2-monooxigenase e em seguida é convertida em AIA pela indole-3-acetamida hidrolase (Gaudin; Camilleri; Jouanin, 1993; Nemoto *et al.*, 2009).

A via TAM foi proposta após estudos com aplicação de triptofano e foi incorporado triptamina e indol-3-acetaldeído, porém ainda não é totalmente elucidada (Quittenden *et al.*, 2009; Tivendale; Ross; Cohen, 2014; Han *et al.*, 2022).

Um estudo investigou como a aplicação de L-triptofano no solo pode influenciar o crescimento e a composição química do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). Os pesquisadores testaram sete diferentes concentrações da substância, variando de 10^{-7} a 10^{-1} M, e observaram que doses específicas favoreceram o desenvolvimento das plantas, contribuindo para seu crescimento e melhorando sua composição química (Arshad; Hussain; Shakoor, 2008).

3 JUSTIFICATIVA

O sombreamento é um dos principais desafios da produção do algodão, que reduz a fotossíntese líquida, aumenta o desbalanço hormonal entre auxina, ácido abscísico e etileno, resultando no abortamento de estruturas reprodutivas e perda de produtividade. O uso de um precursor de auxina poderia inibir a ação do ácido abscísico e etileno e resultar em maiores taxas de retenção de frutos e produtividade do algodoeiro.

4 HIPÓTESE

A aplicação exógena de triptofano, precursor da síntese de auxina, pode mitigar os efeitos do sombreamento sobre a produtividade do algodoeiro sob restrição luminosa.

5 OBJETIVO

Avaliar o efeito da aplicação exógena de um indutor da síntese de auxina sobre componentes de produção e qualidade da fibra do algodoeiro sob sombreamento.

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Caracterização do local

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), situada no município de Presidente Bernardes, estado de São Paulo, Brasil, com as coordenadas geográficas de 22°17'32" S e 51°40'45 " O. O clima é tropical, com inverno seco (Aw), classificação de Köppen. Os dados climáticos foram registrados numa estação meteorológica próxima do experimento, e estão na Figura 1.

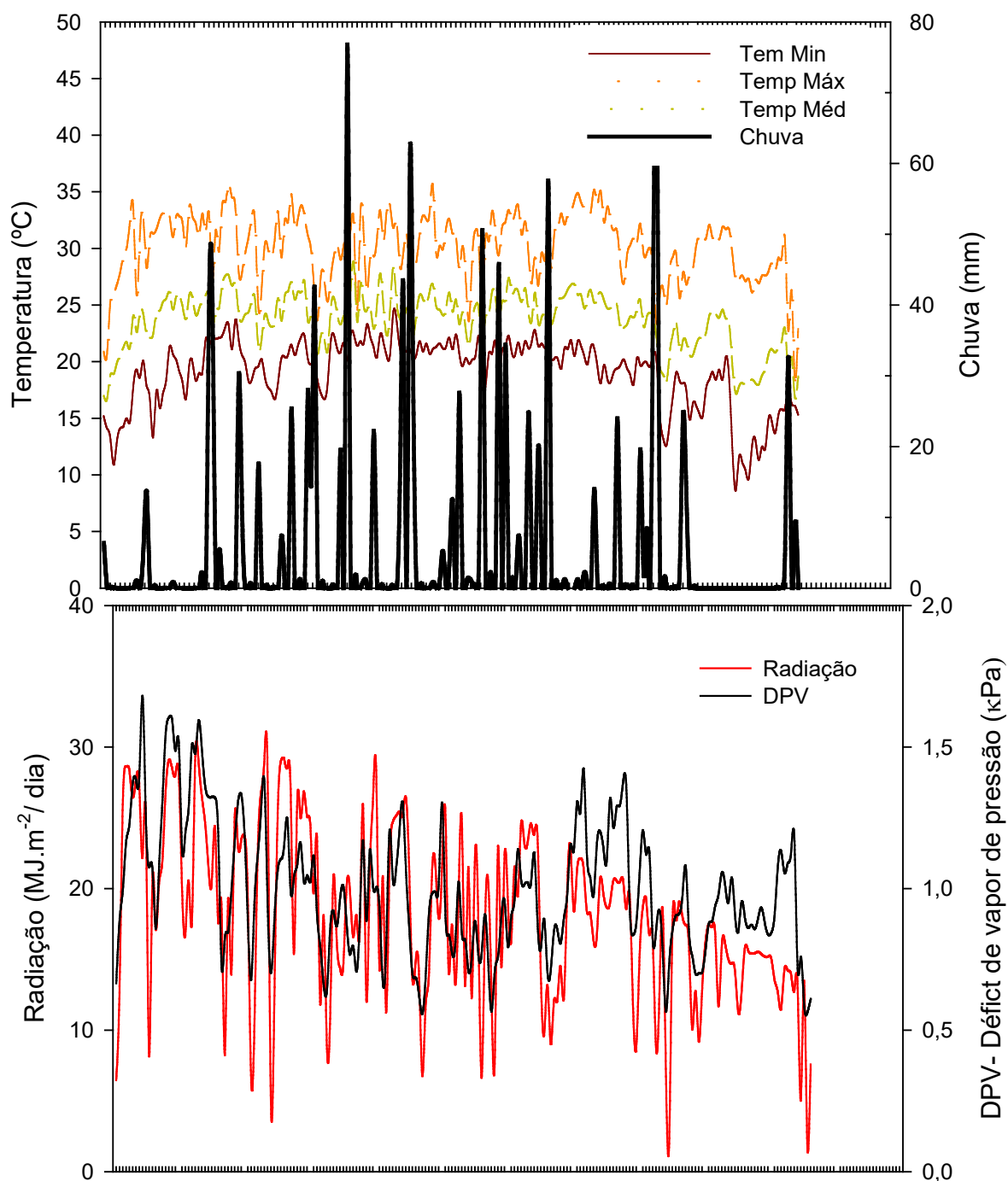


Figura 1- Dados meteorológicos da safra 2022/2023 na Fazenda experimental da UNOESTE. Temperatura mínima (TMin), temperatura máxima (TMax) e temperatura média (TMed)

Fonte: A autora.

O experimento foi conduzido na safra 2022/2023, em ambiente não irrigado num Latossolo Vermelho eutrófico de textura arenosa, cujas características físicas e químicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Atributos químicos e textura do solo na camada de 0-22 cm, 22-30 cm e 30-60 cm antes da semeadura do algodoeiro.

Prof. (cm)	pH CaCl ₂	MOS g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
							mmol _c dm ⁻³				%
0-22	4,8	11,3	4,0	0,10	2,06	0,08	1,56	0,99	2,62	4,69	56,0
22-30	4,8	7,7	2,5	0,16	1,59	0,05	1,53	0,83	2,41	4,0	60,3
30-60	4,8	6,1	1,8	0,17	1,59	0,03	1,23	0,79	2,06	3,65	56,4
		Cu	Fe	Mn	Zn		Areia	Silte	Argila		
		mg dm ⁻³					g kg ⁻¹				
0-22		0,7	37,2	4,6	1,2		82,9	4,3	12,8		
22-30		0,5	30,5	2,4	0,5		82,5	2,4	15,1		
30-60		0,5	16,9	0,8	0,1		78,5	4,0	17,6		

MOS: matéria orgânica do solo. SB: Saturação de bases. CTC: capacidade de troca de cátions.

6.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 4 com quatro repetições. Cada parcela teve 3,6 x 5,0 metros. Os fatores foram os níveis de sombreamento: ausência de sombreamento (0%), (30%) e (50%) de redução da luminosidade no início do florescimento, quando aparece a primeira flor branca no primeiro ramo vegetativo (F1) e as doses triptofano, precursor de auxina: 0, 15, 30 e 60 g ha⁻¹ do produto comercial Setting BR (1,21% de triptofano). A aplicação de triptofano foi parcelada em 1, 2 e 4 vezes nas doses de 15 (B1), 30 (B1 e B5) e 60 g ha⁻¹ (B1, B5, F1 e F5), respectivamente (Marur; Ruano, 2001).

6.3 Condução do experimento

O solo da área experimental que anteriormente estava em pousio foi corrigido com 2 t ha⁻¹ de calcário calcítico e 2 t ha⁻¹ de dolomito em agosto de 2022. Posteriormente, um mix de sementes de cobertura foi aplicado na quantidade de 10 kg ha⁻¹, seguido pela aplicação de 3 t ha⁻¹ cama de frango em outubro de 2022. Além disso, uma combinação de herbicidas, incluindo glifosato (1,44 kg ha⁻¹ do i.a.), sal de dimetilamina de (2,4-dichlorophenoxy) acetic acid (2,4-D) (0,403 kg ha⁻¹ do i.a.), 2,4-D e óleo mineral 0,300 l ha⁻¹. A semeadura ocorreu em 06 de dezembro de 2022 com a cultivar FM 974GLT no espaçamento entre linhas de 0,9 metros (m) e 10 sementes por metro. A adubação de base foi com MAP (fosfato monoamônico) com 200 kg ha⁻¹. Dia 27 de dezembro foi realizado o desbaste, deixando 10 plantas por metro linear.

Em 05 de janeiro de 2023 (26 DAE) foi realizada a aplicação de 54 kg ha⁻¹ de N (ureia), 60 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e 50 kg ha⁻¹ de um complexo de micronutrientes contendo Boro: 1,8%, Manganês: 2%, Zinco: 9%, Enxofre 3%.

A aplicação do produto Setting Br na fase B1 (31 DAE), aconteceu dia 10 de janeiro de 2023, a segunda aplicação B2, dia 24 de janeiro (45 DAE), a terceira aplicação F1 (59 DAE) em 7 de fevereiro e a última aplicação F5 dia 15 de fevereiro (67 DAE) e foi feito com uso de pulverizador costal que simula uma barra de pulverizador agrícola.

Para simular o sombreamento, utilizou-se uma tela de sombreamento de cor preta com diferentes graus de sombreamento, de acordo com o tratamento. A instalação do sombrite ocorreu uma única vez durante o experimento, na fase fenológica F1 (primeira flor branca), que aconteceu no dia 07 de fevereiro (59 DAE) e foi removida após 8 dias no dia 15 de fevereiro (67 DAE). A aplicação de herbicidas, inseticidas, fungicidas, reguladores de crescimento, desfolhantes e maturadores foi realizada conforme necessidade da cultura (Anexo A).

6.4 Avaliações

Por ocasião da colheita, ocorrida no dia 18 de maio de 2023 (159 DAE), foi realizado a contagem do número de plantas e de capulhos, e procedeu-se com a coleta manual de todos os capulhos presentes em 2 metros de linha central em cada parcela (área útil). Posteriormente, a amostra foi pesada e o peso dividido pelo número de capulhos para obtenção do peso médio do capulho e para calcular a estimativa de produtividade. Uma sub-amostra de 100 gramas de algodão em caroço foi descaroçada para determinar o rendimento de fibra e essa mesma amostra foi utilizada para avaliação da qualidade da fibra pelo método HVI, avaliando-se o comprimento, micronaire, resistência, índice de fibras curtas, maturidade, alongamento de fibras e uniformidade de comprimento. Além da colheita, foram selecionadas três plantas de cada parcela para a realização do mapeamento, no qual foram registrados a altura das plantas, o número de nós e a presença de capulhos em cada terço, Baixeiro (B) inclui todos os ramos vegetativos até o décimo ramo reprodutivo, Médio (M) do décimo primeiro ramo reprodutivo ao décimo quarto ramo reprodutivo e Ponteiro (P) do décimo quinto ramo reprodutivo até o ultimo ramo reprodutivo.

6.5 Análise de dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância para os efeitos significativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$) utilizando o software AGROESTAT.

7 RESULTADOS

Não houve interação significativa entre níveis de sombreamento e aplicação do triptofano, para nenhum componente de produção. O NC e PMC apresentaram diferença significativa em relação ao tratamento sombreado, no qual o número de capulhos foi maior na ausência de sombra comparado á 50%. Em relação ao triptofano, apenas o NC teve diferença significativa entre as doses, com maior número no controle e, da aplicação de 15 g ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2 - Componentes biométricos, de produção e produtividade do algodoeiro submetido ao sombreamento e doses do triptofano, precursor de auxina, safra 22/23.

Sombreamento (S)	Altura cm	Nós #	NC m ⁻²	PMC g	RF (%)	Produtividade de Fibra kg ha ⁻¹
Sem Sombra	125,4	22,64	113,1 a	4,30 b	45,95	2244
30%	120,7	22,12	109,7 ab	4,34 b	45,57	2177
50%	125,2	23,18	100,73b	4,62 a	45,22	2109
Setting BR (1,21%)						
triptofano (T) g ha ⁻¹						
0	125,3	22,61	115,5 a	4,37	46,07	2324
15	125,7	23,05	100,3 b	4,45	45,09	2017
30	123,2	22,83	105,1 ab	4,37	46,02	2122
60	120,8	22,11	110,5 ab	4,48	45,14	2244
Média Geral	123,7	22,65	107,90	4,42	45,58	2177
CV (%)	10,1	6,88	10,96	6,38	2,19	12,95
S	0,72 ns	1,86 ns	4,74 *	5,99 **	2,09 ns	0,91 ns
T	0,38 ns	0,81 ns	3,73 *	0,53 ns	3,46 ns	2,75 ns
SxT	0,94 ns	0,75 ns	1,76 ns	1,91 ns	0,20 ns	1,81 ns

NC :Número de capulhos; PMC: peso médio do capulho; RF: rendimento de fibra. ns - Não significativo; * - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; ** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey; CV: Coeficiente de variação.

Não houve interação dos fatores e nem efeito isolado sobre as características de qualidade da fibra, com médias de 4,06, 0,85, 30,40, 83,26, 7,33, 32,43 e 6,79, para micronaire, maturidade, comprimento de fibra, uniformidade de comprimento, índice de fibras curtas, resistência de fibra e alongamento de fibra respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Características de qualidade da fibra do algodão submetido ao sombreamento e doses de triptofano, um precursor de auxina, safra 22/23.

Sombreamento (S)	MIC $\mu\text{g in}^{-1}$	MAT	COMP mm	UI (%)	IFC (%)	Res. g/tex	Elg (%)
Sem Sombra	3,97	0,85	30,29	83,08	7,61	32,18	6,78
30%	4,03	0,85	30,54	83,12	7,15	32,65	6,77
50%	4,19	0,86	30,36	83,59	7,23	32,45	6,81
Triptofano (T) g ha ⁻¹							
0	4,04	0,85	30,17	82,92	7,61	32,08	6,81
15	4,07	0,85	30,52	83,55	6,90	32,48	6,83
30	4,09	0,85	30,42	83,43	7,40	32,18	6,74
60	4,05	0,85	30,47	83,15	7,40	32,96	6,77
Média Geral	4,06	0,85	30,40	83,26	7,33	32,43	6,79
CV (%)	8,82	1,06	1,86	1,51	11,40	3,59	2,73
S	1,50 <i>ns</i>	1,28 <i>ns</i>	0,78 <i>ns</i>	1,37 <i>ns</i>	1,38 <i>ns</i>	0,65 <i>ns</i>	0,25 <i>ns</i>
T	0,04 <i>ns</i>	0,06 <i>ns</i>	0,89 <i>ns</i>	1,07 <i>ns</i>	1,55 <i>ns</i>	1,38 <i>ns</i>	0,52 <i>ns</i>
SxT	1,36 <i>ns</i>	1,23 <i>ns</i>	0,74 <i>ns</i>	0,35 <i>ns</i>	0,81 <i>ns</i>	0,89 <i>ns</i>	0,78 <i>ns</i>

MIC. - Micronaire; MAT- Maturidade; COMP.- Comprimento; UI - Uniformidade de comprimento; IFC- Índice de fibras curtas; Res. - Resistência de fibra; Elg- Elongamento de fibra; ns - Não significativo.

Na ausência de sombreamento, não foram observadas diferenças significativas no número de capulhos entre as doses de triptofano nas diferentes porções do dossel da planta (baixeiro, terço médio e ponteiro). No entanto, as doses de 15 g ha⁻¹ e 60 g ha⁻¹ mostraram uma distribuição desigual de capulhos entre os terços, com o baixeiro apresentando a maior retenção de estruturas reprodutivas, seguido pelo terço médio (Figura 2). Na ausência do triptofano a distribuição de capulhos foi homogênea entre os terços. Já a dose de 30 g ha⁻¹ resultou em maior número de capulhos concentrados no baixeiro, enquanto o terço médio e o ponteiro não diferiram entre si.

Sob 30% de sombreamento, não houve diferença significativa na distribuição de capulhos entre os terços ou entre as doses aplicadas, indicando que a redução moderada de luz não influenciou a alocação das estruturas reprodutivas nas diferentes partes da planta. Já com 50% de sombreamento, as doses de 0, 30 e 60 g ha⁻¹ promoveram maior retenção de capulhos no baixeiro, seguida pelo terço médio e pelo ponteiro, refletindo uma adaptação fisiológica ao estresse luminoso. Por outro lado, a dose de 15 g ha⁻¹ apresentou distribuição mais uniforme dos capulhos, sem diferenças significativas entre as porções do dossel.

Tanto no controle (sem sombra) quanto no sombreamento de 50%, a ausência do triptofano resultaram em distribuição mais uniforme dos capulhos, enquanto as doses de 15, 30 e 60 g ha⁻¹ a maior concentração no baixeiro (Figura 2).

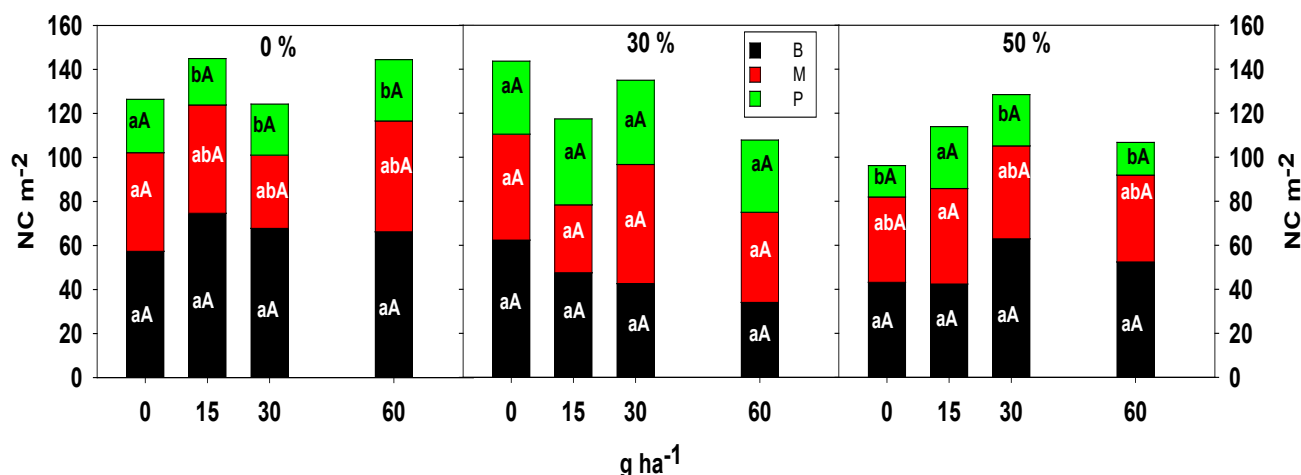


Figura 2- Número de capulhos por metro quadrado (NC m^{-2}) em diferentes partes do dossel do algodoeiro sob três níveis de sombreamento (0%, 30% e 50%) e quatro doses do triptofano (0, 15, 30 e 60 g ha^{-1}). As barras empilhadas indicam as porções do dossel: B (Baixeiro), M (terço médio) e P (Ponteiro). As letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as porções do dossel (baixeiro, terzo médio e ponteiro) dentro de cada dose, enquanto as letras maiúsculas indicam diferenças entre as doses do triptofano dentro de cada nível de sombreamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

No tratamento a pleno sol não houve diferença significativa na produção de fibra entre os terços (baixeiro, terzo médio e ponteiro). No entanto, nas doses de 15, 30 e 60 g ha^{-1} foi observada distribuição diferenciada, com o baixeiro apresentando maior acúmulo da produção, seguido pelo terzo médio e, por fim, pelo ponteiro (Figura 3).

Com 50% de sombreamento, a aplicação das doses de 0 e 30 g ha^{-1} resultou em maior produção de fibra no baixeiro e no terzo médio, sem diferenças significativas entre essas duas porções do dossel, enquanto o ponteiro apresentou menor produção. Para a dose de 15 g ha^{-1} não foram observadas diferenças significativas entre os terços. Já com a dose de 60 g ha^{-1} , houve um maior acúmulo de produção no baixeiro, seguido pelo terzo médio, com o ponteiro apresentando a menor produção de fibra (Figura 3).

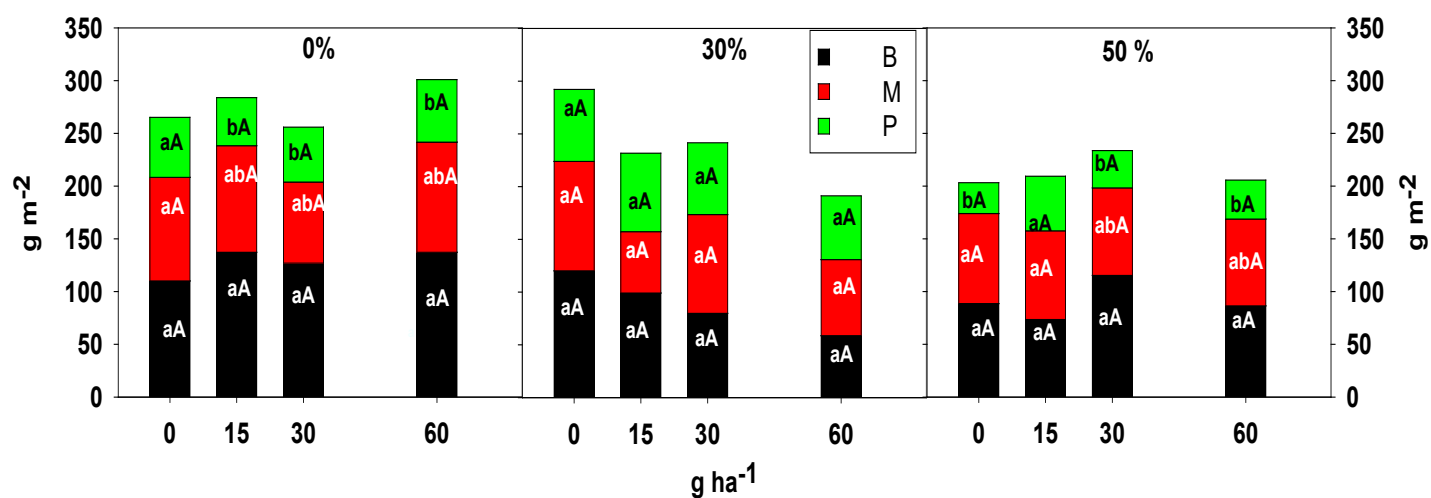


Figura 3- Produção de fibra (g m⁻²) em diferentes partes do dossel do algodoeiro sob três níveis de sombreamento (0%, 30% e 50%) e quatro doses do triptofano (0, 15, 30 e 60 g ha⁻¹). As barras empilhadas indicam as porções do dossel: B (Baixeiro), M (terço médio) e P (Ponteiro). As letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as porções da planta (baixeiro, médio e ponteiro) dentro de cada dose, enquanto as letras maiúsculas comparam as doses do triptofano dentro de cada nível de sombreamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

8 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo revelam que o sombreamento com duração de 8 dias não interagiu com a aplicação de triptofano para causar efeitos significativos sobre o crescimento e a produtividade de fibra do algodoeiro. A literatura aponta que a auxina desempenha papel fundamental no desenvolvimento das plantas, especialmente na regulação do crescimento de órgãos vegetativos e reprodutivos. No entanto, quando aplicadas em doses elevadas, a auxina pode exercer efeitos tóxicos a nível celular, comprometendo o equilíbrio fisiológico da planta. Efeito esse, que já foi documentado em estudos com auxinas sintéticas, como o 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético), uma das mais conhecidas, cuja aplicação exógena, embora eficiente no controle de plantas daninhas, pode gerar toxicidade ao alterar drasticamente os processos hormonais normais das plantas tratadas. No entanto, os resultados deste experimento sugerem que, em condições de sombreamento moderado (30% e 50%), a aplicação de auxina exógena não conseguiu mitigar de maneira significativa o impacto desse fator ambiental adverso na produção de estruturas reprodutivas, como o número de capulhos (Grossmann, 2010; Peterson *et al.*, 2017).

Diferente do que foi obtido, em estudos anteriores foram relatadas respostas morfogênicas das plantas ao sombreamento, conhecido como "síndrome de evasão do sombreamento", no qual há alongamento dos entrenós como estratégia para aumentar a captação de luz (Franklin; Whitelam, 2005). Contudo, ao contrário do que se poderia esperar, a maior aplicação de auxina (60 g ha^{-1}) não foi capaz de reverter esse comportamento, o que indica que a redistribuição endógena de auxinas pode ter função mais relevante que a suplementação exógena em ambientes de baixa luminosidade.

Diferente do que foi relatado, o sombreamento não interferiu no PMC de forma negativa, o tratamento 50% de sombreamento, com restrição luminosa, teve o melhor índice. Eles também relataram que a produtividade foi menor devido essa variável, o que não foi significativo (Lv *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2015).

A ausência de restrição luminosa e ausência do triptofano resultaram em maior número de capulhos, diferente do que foi observado em estudo anterior, cujas plantas

não sombreadas tiveram NC similar às aquelas sombreadas (50% de sombra) (Echer; Rosolem, 2015b).

Mesmo sem interação significativa, doses 30 e 60 g ha⁻¹ do precursor de auxina sem sombreamento, apresentaram maiores produtividade, quando compara a dose 0 e 15 g/há; quando há sombreamento tanto de 30 e 50% o comportamento difere, obtendo menores produtividades. A produtividade das doses 0,15,30 e 60 g ha⁻¹ não tiveram diferença entre si, quando em sombreamento de 30%. Quando comparada as quatro doses sob sombreamento de 50%, a maior produtividade foi obtida quando não houve aplicação de nenhuma dose de produto, considerando também que a no sombreamento de 30. Sugerindo que o efeito da aplicação do produto comercial pode ser modulado pela intensidade da luz, ao encontro com o que foi explanado, de que a radiação solar está relacionada à produção de auxina na parte superior da planta (Malavolta; Haag, 1964).

Conforme aumenta o sombreamento, diminui a radiação solar sob as plantas, no qual a produtividade independente da aplicação do precursor aumenta, o que explica é que alta radiação solar pode desencadear um processo de oxidação e inativação de parte das auxinas produzidas pelo meristema apical (Salisbury; Ross, 1992). Múltiplos genes regulados pela auxina apresentam regulação positiva em mudas de *Arabidopsis* em alta temperatura, porém mais informações sobre a temperatura são necessárias para uma resposta ideal sobre essa interação (Franklin *et al.*, 2011).

A luz afeta significativamente os níveis e distribuição de auxina e modera a sensibilidade das células à auxina, o que pode atenuar ou diminuir a resposta à auxina. O número de genes regulados pela luz direta ou indiretamente através de sua modulação por auxina é desconhecido. A luz regula o crescimento e o desenvolvimento interagindo com a auxina, principal modulador da arquitetura vegetal. Porém, a luz manipula respostas em locais específicos através da sensibilidade às auxinas, mas não é possível estabelecer quando e onde a luz irá influenciar. (Halliday; Martínez-García; Josse, 2009).

Roycewicz e Malamy (2012), mostraram que em *Arabidopsis* há o efeito promotor, quando há aplicação de concentração baixa de açúcares exógenos. As respostas dependem da dose e o grupo, para que tenha uma sinalização (Rolland; Baena-Gonzalez; Sheen, 2006). Além do fato das plantas alocarem suas energias respondendo as oportunidades e limitações do seu ambiente e a falta de carboidratos

pode levar a uma inibição da fotossíntese e aproveitamento da luz (Sairanen *et al.*, 2012).

Outro ponto é a ausência de efeito significativo das doses de precursor de auxina sobre o rendimento de fibra. Estudos anteriores sugerem que o aumento nos níveis de auxina, em especial o ácido indol-3-acético, pode promover o alongamento celular e, conseqüentemente, aumentar a qualidade e a quantidade da fibra (Zhang *et al.*, 2011). No entanto, os dados aqui apresentados indicam que, sob condições de sombreamento, a aplicação de auxina exógena não foi suficiente para induzir o aumento expressivo no rendimento de fibra, sugerindo que o sombreamento pode inibir processos fisiológicos que a auxina, por si só, não consegue compensar. A fotomorfogênese, modulada pela interação entre luz e hormônios como a auxina, poderia explicar esses resultados, uma vez que a luz é um fator crucial na distribuição de auxina nas plantas (Halliday; Martínez-García; Josse, 2009).

A hipótese de que o uso de indutores da síntese de auxina poderia mitigar o abortamento de estruturas reprodutivas nas plantas de algodão não foi confirmada neste estudo. Embora as plantas tratadas com doses intermediárias de auxina (15 g/ha) tenham apresentado maior número de nós e capulhos em comparação com as doses mais altas, os resultados não indicaram benefício claro do uso desse regulador de crescimento nas condições testadas. Ao contrário, plantas não tratadas com auxina exógena (controle) mostraram melhor desempenho em termos de produção de capulhos e rendimento de fibra, sugerindo que a aplicação de auxina sob sombreamento pode ser prejudicial ao desenvolvimento reprodutivo do algodoeiro.

Os resultados estão de acordo com a literatura, que sugere que a resposta das plantas à auxina depende de uma série de fatores ambientais, incluindo a disponibilidade de luz (Zhang *et al.*, 2011). Como a auxina regula o crescimento por meio de interações complexas com outros hormônios e sinais ambientais, o sombreamento pode ter afetado o equilíbrio hormonal da planta de maneira que a suplementação exógena do indutor não foi suficiente para restabelecer as condições ideais de desenvolvimento. A luz, além de ser fator crítico na fotossíntese, também desempenha papel importante na sinalização hormonal e no desenvolvimento das plantas (Halliday; Martínez-García; Josse, 2009; Taiz *et al.*, 2017).

A qualidade da fibra não teve alterações significativas em nenhum parâmetro avaliado. No geral quando se trata dos componentes de qualidade (Tabela 3) o

sombreamento não interfere (Echer; Rosolem, 2015b), porém algumas diferenças mínimas foram observadas que podem ser discutidas.

O parâmetro micronaire, que expressa a finura e maturação das fibras, não apresentou variações significativas em resposta ao sombreamento. Isso indica que a disponibilidade de luz não impactou diretamente a fisiologia da fibra nesse aspecto. Da mesma forma, as diferentes doses de auxina aplicadas não alteraram esse parâmetro, sugerindo que sua atuação sobre a finura da fibra é limitada dentro das concentrações testadas (Tabela 3). Segundo Du, Spalding e Gray (2020), as auxinas podem regular o crescimento celular, mas seus efeitos sobre parâmetros de qualidade da fibra podem ser suprimidos em situações de estresse ambiental mais acentuado, como o sombreamento.

Quanto à maturação da fibra, os dados indicam que o sombreamento não causou variação significativa entre as diferentes condições, o que é um indicativo de que a maturação das fibras é mais resiliente a variações de luz e às doses de auxina. Os valores médios de 0,85 em todas as condições reforçam essa conclusão. Estudos anteriores mostraram que ao aumentar o conteúdo de auxina no estágio de desenvolvimento da fibra, melhorou também a resistência da fibra, micronaire e maturação (Zhang *et al.*, 2017).

O comprimento da fibra não teve diferença significativa, o que já foi relatado em estudo anterior que o sombreamento não altera esse componente, diferente do déficit hídrico próximo ao florescimento (Echer; Rosolem, 2014).

Estudos anteriores indicam que a auxina, em doses otimizadas, pode promover um desenvolvimento mais uniforme das células vegetais (Taiz *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2022).

O índice de fibras curtas não apresentou variações e quando comparado ao sombreamento em outros estudos também não houve diferença para esse índice (Raphael; Eche; Rosolem, 2024).

9 CONCLUSÃO

O sombreamento reduz a fixação das estruturas reprodutivas no algodoeiro, e a aplicação exógena de triptofano, não mitiga esse efeito de maneira eficaz.

O grau de sombreamento e a aplicação do triptofano agem de maneira isolada sobre os parâmetros de produtividade, número de capulhos e peso médio de capulhos, e qualidade da fibra.

REFERÊNCIAS

ABRAPA. **Relatório de Gestão 2017-2028**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2018. 480 p.

ABRAPA. **ICAC projeta produção mundial 2023/24 de algodão em 24,307 milhões de t- mais soja**. Brasília: ABRAPA, 2024. Disponível em: <https://abrapa.com.br/2024/03/05/icac-projeta-producao-mundial-2023-24-de-algodao-em-24307-milhoes-de-t-mais-soja/#:~:text=Icac%20projeta%20produ%C3%A7%C3%A3o%20mundial%202023,de%20t%20%E2%80%93%20MAIS%20SOJA%20%E2%80%93%20ABRAPA> Acesso em: 10 mar. 2024.

ABRAPA. Relatório de Safra, 18 de janeiro de 2023. **Relatório de Safra: Principais indicadores do algodão brasileiro**. Brasília, DF: ABRAPA, 2023. Disponível em: <https://abrapa.com.br/wp-content/uploads/2024/01/Relatorio-de-Safra-%E2%80%93-janeiro-de-2024.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2024.

ABRAPA. **Brasil ultrapassa EUA e se torna maior exportador de algodão do mundo**. Apesar do marco, tendência é que os dois países alternem liderança ao longo das safras. Ultrapassar os norte-americanos era uma meta apenas para 2030. Brasília, DF: ABRAPA, 2024. Disponível em <https://abrapa.com.br/2024/07/02/brasil-ultrapassa-eua-e-se-torna-maior-exportador-de-algodao-do-mundo/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

ARSHAD, M.; HUSSAIN, A.; SHAKOOR, A. Effect of soil applied L-tryptophan on growth and chemical composition of cotton. **Journal of plant nutrition**, v. 18, n. 2, p. 317-329, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904169509364904>.

BÉLOT, J. L.; VILELA, P. M. C. A. (ed.). Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso. 4. ed. Cuiabá: Imame, 2020. 462 p. Disponível em: <https://imamt.org.br/wp-content/uploads/2020/06/manualdeboaspraticas2020-4ed-vf-web.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2023.

BELTRÃO, N. E. M. *et al.* **Recomendações técnicas e considerações gerais sobre o uso de herbicidas, desfolhantes e reguladores de crescimento na cultura do algodão**. Campinas: Embrapa, 1997. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/269824/1/RECOMENDACOES.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2023.

BELTRÃO, N. E. M. O algodão colorido no Brasil e no mundo. *In*: BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, A. E. **Algodão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1124300>. Acesso em: 13 jun. 2023.

BELTRÃO, N. E. M. Fisiologia da Produção do Algodoeiro. **Embrapa Algodão**, Campina Grande, v. 1, n. 94, p. 1-8, ago. 2006.

BEYER JR, E. M. Abscission: support for a role of ethylene modification of auxin transport. **Plant Physiology**, v. 52, n. 1, p. 1-5, 1973. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/instance/366427/pdf/plntphys00231-0008.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2024.

BINDER, B. M. Ethylene signaling in plants. **Journal of Biological Chemistry**, v. 295, n. 22, p. 7710-7725, 2020. Disponível em: [https://www.jbc.org/article/S0021-9258\(17\)49461-0/fulltext](https://www.jbc.org/article/S0021-9258(17)49461-0/fulltext). Acesso em: 25 jul. 2024.

BURG, S. P.; BURG, E. A. The interaction between auxin and ethylene and its role in plant growth. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 55, n. 2, p. 262-269, 1966. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.55.2.262>. Acesso em: 12 jan. 2024.

CAO, X. *et al.* The roles of auxin biosynthesis YUCCA gene family in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 24, p. 6343, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/20/24/6343> . Acesso em: 10 fev. 2024.

CHERSICOLA, M. *et al.* The pattern of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase induction in the tomato leaf petiole abscission zone is independent of expression of the ribonuclease-LX-encoding Le LX gene. **Plant Biology**, v. 20, n. 4, p. 722-728, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/plb.12730>. Acesso em: 28 jul. 2024.

COÊLHO, J. D. Produção de algodão. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. **Caderno Setorial ETENE**, ano 3, n. 26, mar. 2018. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/331>. Acesso em: 25 out. 2022.

COHEN, J. D.; SLOVIN, J. P.; HENDRICKSON, A. M. Two genetically discrete pathways convert tryptophan to auxin: more redundancy in auxin biosynthesis. **Trends in plant science**, v. 8, n. 5, p. 197-199, 2003. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385\(03\)00058-X](https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385(03)00058-X). Acesso em: 27 jan. 2024.

CONAB. **Fenologia das lavouras**: acompanhamento das lavouras - 17/07 a 24/07/22. Brasília: CONAB, 2022a.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: grãos- safra 2021/22, 10º levantamento. 9. ed. Brasília: CONAB, 2022b.

CONAB (Brasil). **Série Histórica de Produção Série Histórica de Produção**: safras 1976/77 a 2023/24. Safras 1976/77 a 2023/24. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/898-algodao>. Acesso em: 12 fev. 2024.

DAVIES, P. J. Regulatory factors in hormone action: Level, location and signal transduction. *In*: **Plant hormones: Biosynthesis, signal transduction, action!**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2010. p. 16-35.

DU, M.; SPALDING, E. P.; GRAY, W. M. Rapid auxin-mediated cell expansion. **Annual review of plant biology**, v. 71, n. 1, p. 379-402, 2020. Disponível em <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-arplant-073019-025907>. Acesso em: 8 set. 2024.

ECHER, F. R.; ROSOLEM, C. A. Efeitos do estresse luminoso na fisiologia do algodoeiro. In: ECHER, F. R. (ed.). **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes**. Cuiabá, MT: IMAmt- Instituto Matogrossense do Algodão, 2014. p. 31–41

ECHER, F. R.; ROSOLEM, C. A.; RAPHAEL, J. P. A. Desenvolvimento da planta e qualidade da fibra. **Manual de qualidade da fibra da AMPA**. Cuiabá: Instituto Mato-Grossense do Algodão-IMAmt, 2018. p. 206-237. Disponível em: https://imamt.org.br/wp-content/uploads/2018/03/manual_qualidade_apresentacao.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

ECHER, F. R. Yield and fiber quality of cotton cultivars in response to shading. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 13, n. 2, p. 87-96, 2017. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/1868>. Acesso em: 15 jun. 2023.

ECHER, F. R.; ROSOLEM, C. A. Cotton leaf gas exchange responses to irradiance and leaf aging. **Biologia Plantarum**, v. 59, n. 2, p. 366-372, 2015a.

ECHER, F. R.; ROSOLEM, C. A. Cotton yield and fiber quality affected by row spacing and shading at different growth stages. **European Journal of Agronomy**, v. 65, p. 18-26, 2015b.

ECHER, F. R. **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes**. Cuiabá: Instituto Mato-grossense do Algodão-IMAmt, 2014.

ENDERS, T. A.; STRADER, L. C. Auxin activity: Past, present, and future. **American journal of botany**, v. 102, n. 2, p. 180-196, 2015. Disponível em: <https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.3732/ajb.1400285>. Acesso em: 18 mar. 2024.

FARQUHAR, G. D.; VON CAEMMERER, S.; BERRY, J. A. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C₃ species. **Planta**, v. 149, p. 78-90, 1980. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00386231>. Acesso em: 24 jan. 2024.

FRANKLIN, K. A. *et al.* Phytochrome-interacting factor 4 (PIF4) regulates auxin biosynthesis at high temperature. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 50, p. 20231-20235, 2011. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1110682108>. Acesso em: 09 jun.2023.

FRANKLIN, K. A.; WHITELAM, G. C. Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. **Annals of botany**, v. 96, n. 2, p. 169-175, 2005.

GAUDIN, V.; CAMILLERI, C.; JOUANIN, L. Multiple regions of a divergent promoter control the expression of the *Agrobacterium* rhizogenes aux1 and aux2 plant

oncogenes. **Molecular and General Genetics MGG**, v. 239, p. 225-234, 1993. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00281622>. Acesso em: 21 fev. 2024.

GRIDI-PAPP, I. L. Botânica e genética. *In*: NEVES, O. S. *et al.* **Cultura e adubação do algodoeiro**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. p. 117-160.

GROSSMANN, K. Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 66, n. 2, p. 113-120, 2010. Disponível em: <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.1860>. Acesso em: 09 out. 2024.

GUINN, G. Nutritional Stress and Ethylene Evolution by Young Cotton Bolls 1. **Crop Science**, v. 16, n. 1, p. 89-91, 1976. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1976.0011183X001600010022x>. Acesso em: 04 fev. 2024.

GUINN, G. Fruit age and changes in abscisic acid content, ethylene production, and abscission rate of cotton fruits. **Plant Physiology**, v. 69, n. 2, p. 349-352, 1982. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article-abstract/69/2/349/6080746>. Acesso em: 24 jan. 2024.

GUINN, G. Abscission of Cotton Floral Buds and Bolls as Influenced by Factors Affecting Photosynthesis and Respiration 1. **Crop Science**, v. 14, n. 2, p. 291-293, 1974. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1974.0011183X001400020036x>. Acesso em: 15 jun. 2023.

GUINN, G.; BRUMMETT, D. L. Concentrations of abscisic acid and indoleacetic acid in cotton fruits and their abscission zones in relation to fruit retention. **Plant Physiology**, v. 83, n. 1, p. 199-202, 1987. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article-abstract/83/1/199/6084044>. Acesso em: 16 fev. 2024.

HAKE, K. *et al.* Cotton's microclimate. **The Cotton Physiology Today (National Cotton Council Newsletter)**, v. 2, n. 5, 1991.

HALLIDAY, K. J.; MARTÍNEZ-GARCÍA, J. F.; JOSSE, E. Integration of light and auxin signaling. **Cold Spring Harbor perspectives in biology**, v. 1, n. 6, p. a001586, 2009. Disponível em: <https://cshperspectives.cshlp.org/content/1/6/a001586.short>. Acesso em: 06 jun. 2024.

HALL, W. C. Evidence on the auxin-ethylene balance hypothesis of foliar abscission. **Botanical Gazette**, v. 113, n. 3, p. 310-322, 1952. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/335723>. Acesso em: 12 jan. 2024.

HAN, Z. *et al.* Clonostachys rosea promotes root growth in tomato by secreting auxin produced through the tryptamine pathway. **J. Fungi**, v. 8, p. 1166, 2022.

DOI: 10.3390/jof8111166. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2309-608X/8/11/1166>. Acesso em: 28 jul. 2024.

ICAC. INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE. **Cotton**: Review of the World Situation, 2021. Disponível em: <https://icac.org/News/NewsDetails?NewsId=2370&YearId=2021>. Acesso em: 25 out. 2022.

KASSEM, M. M. A.; HAMODA, S. A. F.; EMARA, M. A. A. Response of cotton growth and yield to foliar application with the growth regulators Indole Acetic acid (IAA) and Kinetin. **Journal of Plant Production**, v. 34, n. 3, p. 1983-1991, 2009. Disponível em: https://journals.ekb.eg/article_116970.html. Acesso em: 16 fev. 2024.

KAUR, R. *et al.* Physiology of abscission and crop regulation in cotton-a review. **Annals of Agricultural Research**, v. 34, n. 4, 2013. Disponível em: <https://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/AAR/article/view/38264>. Acesso em: 12 abr. 2024.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Grupo GEN, 2019. E-book.

KEUSKAMP, D. H. *et al.* Auxin transport through PIN-FORMED 3 (PIN3) controls shade avoidance and fitness during competition. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 52, p. 22740-22744, 2010. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1013457108> . Acesso em: 19 fev. 2024.

KIM I. J *et al.* Overexpression of Arabidopsis YUCCA6 in potato results in high-auxin developmental phenotypes and enhanced resistance to water deficit. **Molecular Plant**, v. 6, n. 2, p. 337-349, 2013. Disponível em: [https://www.cell.com/molecular-plant/pdf/S1674-2052\(14\)60095-2.pdf](https://www.cell.com/molecular-plant/pdf/S1674-2052(14)60095-2.pdf). Acesso em: 18 fev. 2024.

KUREPA, J.; SHULL, T. E.; SMALLE, J. A. Antagonistic activity of auxin and cytokinin in shoot and root organs. **Plant Direct**, v. 3, n. 2, p. e00121, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pld3.121>. Acesso em: 19 fev. 2024.

Li, X. *et al.* Improving photosynthetic efficiency to increase cotton yield: Insights from chloroplast proteome profiling. **Plant Science**, v. 264, p. 63-71, 2017.

LIU, J. *et al.* Effect of late planting and shading on cotton yield and fiber quality formation. **Field Crops Research**, v. 183, p. 1-13, 2015.

LI, T. *et al.* Topical shading substantially inhibits vegetative branching by altering leaf photosynthesis and hormone contents of cotton plants. **Field Crops Research**, v. 238, p. 18-26, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429018321804>. Acesso em: 10 jul. 2024.

LJUNG, K. Auxin metabolism and homeostasis during plant development. **Development**, v. 140, n. 5, p. 943-950, 2013. Disponível em: <https://journals.biologists.com/dev/article-abstract/140/5/943/45952>. Acesso em: 18 fev. 2024.

LONG, S. P. *et al.* Into the shadows and back into sunlight: photosynthesis in fluctuating light. **Annual Review of Plant Biology**, v. 73, p. 617-648, 2022. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-arplant-070221-024745>. Acesso em: 15 fev. 2024.

LV, F. *et al.* Effect of shading on cotton yield and quality on different fruiting branches. **Crop Science**, v. 53, n. 6, p. 2670-2678, 2013. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci2013.03.0170>. Acesso em: 5 out. 2023.

MAJDA, M.; ROBERT, S. The role of auxin in cell wall expansion. **International journal of molecular sciences**, v. 19, n. 4, p. 951, 2018.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P. Fisiologia. *In*: MALAVOLTA, E. *et al.* **Cultivo e adubação da cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Brasileiro de Potassa, 1964. cap. 8, p. 221-236.

MANO, Y.; NEMOTO, K. The pathway of auxin biosynthesis in plants. **Journal of experimental Botany**, v. 63, n. 8, p. 2853-2872, 2012. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article-abstract/63/8/2853/734272>. Acesso em: 21 fev. 2024.

MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosa e Fibrosa**, v. 5, n. 2, p. 313-317, 2001.

MCADAM, S. A. M. *et al.* Linking Auxin with Photosynthetic Rate via Leaf Venation, **Plant Physiology**, v. 175, n. 1, , p. 351–360, Sep. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.17.00535>, 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/175/1/351/6116916>. Acesso em: 19 fev. 2024.

MORFFY N.; STRADER L. Old Town: routes of auxin biosynthesis across kingdoms. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 55, p. 21–27, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7540728/pdf/nihms-1568627.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2024.

MÜLLER, M.; MUNNÉ-BOSCH, S. Hormonal impact on photosynthesis and photoprotection in plants. **Plant Physiology**, v. 185, n. 4, p. 1500-1522, 2021. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article-abstract/185/4/1500/6094629>. Acesso em: 15 jan. 2024.

NEMOTO, K. *et al.* The NtAMI1 gene functions in cell division of tobacco BY-2 cells in the presence of indole-3-acetamide. **FEBS Letters**, v. 583, n. 2, p. 487-492, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014579308010454>. Acesso em: 21 fev. 2024.

OOSTERHUIS, D. Physiology and nutrition of high yielding cotton in the USA. **Informações Agrônomicas**, v. 95, p. 18-24, 2001.7 Disponível em: <http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA->

BRASIL.NSF/0/B742311E53D30E1E83257AA30063F218/\$FILE/Enc95p18-24.pdf. Acesso em: 25 jan. 2024.

OOSTERHUIS, D. M.; COTHREN, J. T. (ed.). **Flowering and fruiting in cotton**. 8. ed. Cordova: The Cotton Foundation, 2012. 245 p. Disponível em: <https://www.cotton.org/foundation/upload/FLOWERING-AND-FRUITING-IN-COTTON.pdf#page=48>. Acesso em: 27 jan. 2024.

OOSTERHUIS, D. M. Growth and development of a cotton plant. **Nitrogen nutrition of cotton: Practical issues**, p. 1-24, 1990. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/1990.nitrogennutritionofcotton.c1>. Acesso em: 11 jan. 2024

OOSTERHUIS, D. M. **Growth and development of a cotton plant**. Fayetteville: University of Arkansas, Arkansas Cooperative Extension Service, 1992. 24p.

PATTERSON, S. E.; BLEECKER, A. B. Ethylene-dependent and-independent processes associated with floral organ abscission in Arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 134, n. 1, p. 194-203, 2004. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article-abstract/134/1/194/6112219>. Acesso em: 16 fev. 2024.

PETERSON, M. A. *et al.* 4-D Past, Present, and Future: A Review. **Weed Technology**, v. 30, n. 2, p. 303-345. 2016. DOI:10.1614/WT-D-15-00131.1. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/24d-past-present-and-future-a-review/06C087DC1566A52C855B1EF1E109DD0B>. Acesso em: 10 out. 2024.

PIGNON, C. P. *et al.* Loss of photosynthetic efficiency in the shade. An Achilles heel for the dense modern stands of our most productive C4 crops? **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 2, p. 335-345, 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/68/2/335/2932218?login=false>. Acesso em: 24 jan. 2024.

PIERIK, R. *et al.* The Janus face of ethylene: growth inhibition and stimulation. **Trends in plant science**, v. 11, n. 4, p. 176-183, 2006. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385\(06\)00056-2](https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385(06)00056-2). Acesso em: 19 dez. 2023.

QUITTENDEN, L. J. *et al.* Auxin biosynthesis in pea: characterization of the tryptamine pathway. **Plant Physiology**, v. 151, n. 3, p. 1130-1138, 2009. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article-abstract/151/3/1130/6108424>. Acesso em 21 fev.2024.

RADWANSKI, E. R.; LAST, R. L. Tryptophan biosynthesis and metabolism: biochemical and molecular genetics. **The Plant Cell**, v. 7, n. 7, p. 921, 1995. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC160888/>. Acesso em: 01 mar.2024.

RAPHAEL, J. P. A.; ROSOLEM, C.; ECHER, F. R. **Mapeamento da produção no algodoeiro: Embasamentos e realização a campo**. Cuiabá: Instituto Mato-grossense do Algodão, 2019. 193 p. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/336944622_Mapeamento_da_producao_no_algodoeiro_embasamentos_e_realizacao_a_campo. Acesso em: 10 dez. 2023.

RAPHAEL, J. P. A.; ECHER, F. R.; ROSOLEM, C. A. Understanding fiber quality in field-grown shaded cotton: Nitrogen fertilization implications. **Field Crops Research**, v. 317, p. 109543, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037842902400296X>. Acesso em: 08 set. 2024.

REDDY, K. R. *et al.* Interactive effects of carbon dioxide and nitrogen nutrition on cotton growth, development, yield, and fiber quality. **Agronomy Journal**, v. 96, n. 4, p. 1148-1157, 2004. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj2004.1148>. Acesso em: 30 jan. 2024.

ROLLAND, F.; BAENA-GONZALEZ, E.; SHEEN, J. Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 57, p. 675-709, 2006. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105441>. Acesso: 06 jun.2023.

ROSOLEM, C. A. Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro. **Encarte Técnico Potafós. Informações Agrônômicas**, n. 95, p. 1-9, 2001. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/D68D80B4EC7657CD83257AA30063EED3/\\$FILE/Enc95p1-9.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/D68D80B4EC7657CD83257AA30063EED3/$FILE/Enc95p1-9.pdf). Acesso em: 15 jun. 2022.

ROYCEWICZ, P.; MALAMY, J. E. Dissecting the effects of nitrate, sucrose and osmotic potential on Arabidopsis root and shoot system growth in laboratory assays. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 367, n. 1595, p. 1489-1500, 2012. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstb.2011.0230>. Acesso em: 06 jun. 2023.

SAIRANEN, I. *et al.* Soluble carbohydrates regulate auxin biosynthesis via PIF proteins in Arabidopsis. **The Plant Cell**, v. 24, n. 12, p. 4907-4916, 2012. Disponível em: <https://academic.oup.com/plcell/article-abstract/24/12/4907/6098068>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SALA, A.; WOODRUFF, D. R.; MEINZER, F. C. Carbon dynamics in trees: feast or famine? **Tree Physiology**, v. 32, n. 6, p. 764-775, 2012. Disponível em: <https://academic.oup.com/treephys/article/32/6/764/1663993>. Acesso em: 28 jul. 2024.

SALEHIN, M.; BAGCHI, R.; ESTELLE, M. SCFTIR1/AFB-based auxin perception: mechanism and role in plant growth and development. **The Plant Cell**, v. 27, n. 1, p. 9-19, 2015. Disponível em: <https://academic.oup.com/plcell/article-abstract/27/1/9/6097889>. Acesso em: 12 jan. 2024.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant Physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth Publishing, 1992. 681p.

SCARPELLA, E.; BARKOULAS, M.; TSIANTIS, M. Control of leaf and vein development by auxin. **Cold Spring Harbor perspectives in biology**, v. 2, n. 1, p. a001511, 2010. Disponível em: <https://cshperspectives.cshlp.org/content/2/1/a001511.short>. Acesso em: 19 fev. 2024.

SHELDRAKE, A. R. The production of auxin by dying cells. **Journal of Experimental Botany**, v. 72, n. 7, p. 2288-2300, 2021. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article-abstract/72/7/2288/6103918>. Acesso em: 27 jan. 2024

SNIDER, J, *et al.* (ed.). Efeitos de altas temperaturas e da seca na fisiologia, produtividade e qualidade das fibras do algodão. *In*: ECHER, F. R.; ROSOLEM, C. A. (ed.). **Fisiologia aplicada ao manejo do algodoeiro**. 6. ed. Cuiabá: Imamt, 2022. p. 14-36. Disponível em: https://imamt.org.br/wp-content/uploads/2022/02/boletim_fisiologia_2022_VF_WEB.pdf. Acesso em: 15 jan. 2023.

TACHINARDI, R. Contexto edafoclimático e econômico para o cultivo algodoeiro: o cultivo algodoeiro em mato grosso. *In*: JEAN-LOUIS, B. (ed.). **Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso: safra 2019/2020**. 4. ed. Cuiabá: Imamt, 2020. Cap. 1. p. 10-32. Disponível em: <https://www.casadoalgodao.com.br/images/publicacoes/manualdeboaspraticas2020-4ed-vf-web.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2023.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Grupo A, 2017. *E-book*. ISBN 9788582713679. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582713679/>. Acesso em: 20 maio 2024.

TANAKA, Y. *et al.* Cytokinin and auxin inhibit abscisic acid-induced stomatal closure by enhancing ethylene production in Arabidopsis. **Journal of experimental Botany**, v. 57, n. 10, p. 2259-2266, 2006. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article-abstract/57/10/2259/472600>. Acesso em: 16 fev. 2024.

TANG, J. *et al.* Biosynthetic pathways and functions of indole-3-acetic acid in microorganisms. **Microorganisms**, v. 11, n. 8, p. 2077, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/11/8/2077>. Acesso em: 25 jul. 2024.

TIVENDALE, N. D.; ROSS, J. J.; COHEN, J. D. The shifting paradigms of auxin biosynthesis. **Trends in plant science**, v. 19, n. 1, p. 44-51, 2014. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385\(13\)00206-9](https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385(13)00206-9). Acesso em: 19 fev. 2024.

USDA (Estado Unidos). **Cotton 2024 World Production**: 117,633 1000 480 lb. Bales, 2024. Disponível em: https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?startrow=1&cropid=2631000&sel_year=2024&rankby=Production. Acesso em: 25 jul. 2024.

WANG, Y. *et al.* Optimizing leaf area index and photosynthetic rate for higher cotton yield using different plant architectures. **Field Crops Research**, v. 221, p.19-27, 2018.

WELLS, R. Light and the cotton plant. *In*: OOSTERHUIS, D. M. (ed.). **Stress Physiology in Cotton**. The Cotton Foundation. Reference Book Series, 7. Cordova, Tennessee, 2018.p. 73–84.

WOODWARD, A. W.; BARTEL, B. Auxin: regulation, action, and interaction. **Annals of Botany**, v. 95, n. 5, p. 707-735, 2005. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/95/5/707/201283>. Acesso em: 15 abr. 2024.

YEATES, S. Efeitos do estresse hídrico na fisiologia do algodoeiro. **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes**. Cuiabá: Instituto Mato-Grossense do Algodão, v. 1, p. 63-78, 2014. Disponível em: https://www.academia.edu/download/41808717/O_algodoeiro_e_os_estresses_abiticos_Tem20160131-13091-1y85zse.pdf#page=63. Acesso em: 17 dez. 2023.

ZHANG, J.; PEER, W. A. Auxin homeostasis: the DAO of catabolism. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 12, p. 3145-3154, 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article-abstract/68/12/3145/3897357>. Acesso em: 18 fev. 2024.

ZHANG, M. *et al.* Spatiotemporal manipulation of auxin biosynthesis in cotton ovule epidermal cells enhances fiber yield and quality. **Nature biotechnology**, v. 29, n. 5, p. 453-458, 2011. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nbt.1843>. Acesso em: 6 jun. 2023.

ZHANG, Y. *et al.* A genome-scale analysis of the PIN gene family reveals its functions in cotton fiber development. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 461, 2017. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00461/full>. Acesso em: 7 set. 2024.

ZHANG, Q. *et al.* Roles of auxin in the growth, development, and stress tolerance of horticultural plants. **Cells**, v. 11, n. 17, p. 2761, 2022.

ZHAO, N., *et al.* Integrated analysis of the transcriptome and metabolome reveals the molecular mechanism regulating cotton boll abscission under low light intensity. **BMC Plant Biol.**, v 24, p.182, 2024. DOI: 10.1186/s12870-024-04862-7. Disponível em: <https://bmcpplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-024-04862-7>. Acesso em: 28 jul. 2024.

ZHAO, Y. Auxin biosynthesis: a simple two-step pathway converts tryptophan to indole-3-acetic acid in plants. **Molecular Plant**, v. 5, n. 2, p. 334-338, 2012. Disponível em: [https://www.cell.com/molecular-plant/pdf/S1674-2052\(14\)60122-2.pdf](https://www.cell.com/molecular-plant/pdf/S1674-2052(14)60122-2.pdf). Acesso em: 27 jan. 2024.

ZHAO, Y. Auxin biosynthesis and its role in plant development. **Annual review of plant biology**, v. 61, p. 49-64, 2010. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-arplant-042809-112308>. Acesso em: 18 fev. 2024.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. Cotton responses to shade at different growth stages: Nonstructural carbohydrate composition. **Crop Science**, v. 38, n. 5, p. 1196-1203, 1998. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1998.0011183X003800050014x>. Acesso em: 24 fev. 2024.

ZHU, X-G.; LONG, S. P.; ORT, D. R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield. **Annual review of plant biology**, v. 61, p. 235-261, 2010. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-arplant-042809-112206>. Acesso em: 15 mar. 2024.

ZHU, X-G *et al.* The slow reversibility of photosystem II thermal energy dissipation on transfer from high to low light may cause large losses in carbon gain by crop canopies: a theoretical analysis. **Journal of experimental Botany**, v. 55, n. 400, p. 1167-1175, 2004. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article-abstract/55/400/1167/528659>. Acesso em: 15 fev. 2024.

ANEXOS

A- RELATÓRIO DE APLICAÇÃO

Relatório de aplicação			
Área: 7,73 ha			
*Aplicações com Agefix (0,100 a 0,200 lts ha) de 21/12/22 a 03/02/23			
*Aplicações com Assist (0,100 a 0,200 lts ha) a partir de 08/02/23			
Data	Produto	Quantidade ha ⁻¹	Unidade
06/08/2022	Calcário calcítico	2	Ton
07/08/2022	Dologesso	2	Ton
11/08/2022	Mix de plantas de cobertura	10	Kg
07/10/2022	Esterco de aves	3	Ton
17/10/2022	Roundup, 2,4-D e Óleo Mineral	3,0, 0,500 e 0,300	Lts
06/12/2022	Semeadura ALGODÃO	10	Sementes/m
	Adubo base MAP	200	Kg
21/12/2022	Actara e Metomil	0,100 e 0600	Lts
05/01/2023	Ureia, KCL e MIB (Micro + S)	120, 100 e 50	Kg
07/01/2023	Fipronil	0,08	Lts
	Imidagold	0,2	Lts
	Select	1	Lts
12/01/2023	Roundup	4	Lts
13/01/2023	Actara	0,13	Lts
	Malathion	1	Lts
	PixHC	0,07	Lts
31/01/2023	Ureia	100	Kg
03/02/2023	Imidagold	0,2	Lts
	Malathion	1	Lts
	Nadran	0,15	Lts
08/02/2023	Malathion	1	Lts
	Nadran	0,03	Lts
13/02/2023	Marshal	1	Lts
	Polo	0,6	Lts
	Nadran	0,06	Lts
01/03/2023	Malathion	1	Lts
	Nadran	0,3	Lts
03/03/2023	Polo	0,6	Lts
	Malathion	1	Lts
	Nadran	1,0 (CAPAÇÃO)	Lts
07/03/2023	Regente (Fipronil800)	5	Lts
	Krista K	0,13	Kg

09/03/2023	Nadran	0,5	Lts
	Clorpiriphos	1,5	Lts
	Prêmio	0,16	Lts
15/03/2023	Malathion	1	Lts
21/03/2023	Malathion e Marshal	1,0 e 0,350	Lts
23 e 24/03/23	Malathion e Marshal	1,0 e 0,400	Lts
25/03/2023	Malathion	1	Lts
28 e 30/03/23	Malathion	1,1	Lts
05/04/2023	Malathion	1,1	Lts
06/04/2023	Malathion	1	Lts
14/04/2023	Politryn	1	Lts
22/04/2023	Brilhante (metomil)	1,5	Lts
	Imidacloprid 480	0,25	Lts
	Imidagold 700	0,1	Kg
01/05/2023	Polo	0,5	Lts
	Malathion	1	Lts
08/05/2023	Marshal star	0,4	Lts
	Punto	0,16	Lts