



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

GABRIELA HELENA PINÊ AMÉRICO

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO EM
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE SUBDOSES DE 2,4-D E CLORETO DE
MEPIQUAT**

Ilha Solteira

2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO EM
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE SUBDOSES DE 2,4-D E CLORETO DE
MEPIQUAT**

GABRIELA HELENA PINÊ AMÉRICO

Orientador: Prof. Dr. Enes Furlani Júnior

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia, UNESP – Campus Ilha Solteira como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Especialidade: Sistema de Produção

Ilha Solteira

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

A527c Américo, Gabriela Helena Pinê.
Crescimento e produtividade do algodoeiro em função da
aplicação de subdoses de 2,4-d e cloreto de mepiquat / Gabriela
Helena Pinê Américo. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2015

53 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade
de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistema de Produção,
2015

Orientador: Enes Furlani Junior
Inclui bibliografia

1. Gossypium hirsutum L. 2. Herbicida. 3. Regulador de
crescimento. 4. Efeito hormese.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Crescimento e produtividade do algodoeiro em função da aplicação de subdoses de 2,4-D e Cloreto de Mepiquat

AUTORA: GABRIELA HELENA PINÊ AMERICO
ORIENTADOR: Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR 
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI 
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha
Solteira

Prof. Dr. EDERALDO JOSÉ CHIAVEGATO 
Departamento de Produção Vegetal / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Usp

Data da realização: 11 de agosto de 2015.

Dedico

Aos meus pais, Marlene Aparecida Pinê Américo e Ricardo Américo, e a minha querida irmã Juliana Heloisa Pinê Américo, pela dedicação, confiança, amor e carinho.

Agradecimentos

A Deus, pela oportunidade, força e graças recebidas antes e durante a execução deste trabalho.

Aos meus pais Marlene Aparecida Pinê Américo e Ricardo Américo, pela dedicação, apoio, compreensão e auxílio que me fortalecem a cada dia.

A Universidade Estadual Paulista Campus de Ilha Solteira, pelo ensino e pelas condições de aprendizado oferecidas durante o período da Pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Enes Furlani Júnior, pela valiosa orientação acadêmica, apoio, confiança, amizade e paciência, durante esses anos, sem os quais este trabalho não se concretizaria.

A minha irmã Juliana Heloisa Pinê Américo, pelo apoio e participação durante a condução deste trabalho.

Ao meu Tio José Antônio Pinê, sempre disposto a contribuir no que fosse preciso. Exemplo de humildade e determinação.

A minha Tia Maria de Lurdes Pinê e meu primo Rafael Eduardo Lourenço Pinê por fazerem parte da minha história.

Aos meus queridos amigos Carina Oliveira e Oliveira, Carolina Cipriano Pinto, Gustavo Antônio Xavier Gerlach, Thaís Zibetti, Ariani Garcia, Igor Cabreira da Silva, Heitor Pontes Gestal Reis Carla Regina Pinotti que me acompanharam durante estes anos da Pós-graduação.

Ao Danilo Marcelo Aires dos Santos, quem muito admiro por sua competência e dedicação, pela amizade, incentivo, ensinamentos e contribuição de grande importância.

As minhas amigas de longa data Cíntia Sanae Nishimura, Natalia Ferrari Vedroni e Patrícia Helena Junqueira pelas horas de alegria, companheirismo e conselhos, que só me fizeram crescer.

Ao técnico Alexandre Marques da Silva pelo auxílio nas análises de laboratório.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa, em especial ao Alvinho Silva que foi de extrema importância para a manutenção do experimento.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo suporte financeiro.

RESUMO

Devido à expansão da cotonicultura, pesquisas com reguladores de crescimento e subdoses de herbicidas estão sendo desenvolvidas para incrementar a produtividade da cultura. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito das subdoses de 2,4-D e cloreto de mepiquat nas características vegetativas e produtivas de dois cultivares de algodão. O experimento foi conduzido durante o período de novembro de 2012 a maio de 2013 e novembro de 2013 a maio de 2014. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em um esquema fatorial $6 \times 2 \times 2$, com 4 repetições, totalizando 96 parcelas, perfazendo 24 tratamentos: a testemunha e cinco subdoses do herbicida 2,4-D: 0,68; 1,36; 2,04; 2,72 e 3,40 g equivalente ácido (e.a.) por ha^{-1} , com e sem aplicação de cloreto de mepiquat na dose 200 mL ha^{-1} nas cultivares FMT 701 e Fibermax 966 de algodoeiro. Aplicou-se as subdoses de 2,4-D aos 45 dias após a emergência da planta (d.a.e.) e o regulador de crescimento aos 70 d.a.e. Constatou-se que a utilização do regulador de crescimento (cloreto de mepiquat) na dose 200 mL ha^{-1} foi eficiente no controle do desenvolvimento da planta em relação a variável altura de planta no dois anos de estudo. Para o cultivar de porte baixo, a aplicação das subdoses crescente de 2,4-D proporciona um incremento na altura de planta. Com o aumento das subdoses de 2,4-D, ocorre um incremento no número de estruturas reprodutivas para o cultivar FMT 701. A aplicação de subdoses de 2,4-D na faixa de 1,75 a $1,90 \text{ g e. a. ha}^{-1}$ propicia um aumento de produtividade de algodão em caroço para a cultivar FMT 701. Para a cultivar Fibermax 966 a subdose de 1,75 propicia um incremento na produtividade de algodão em caroço. A cultivar FMT 701 obteve maior altura de planta, diâmetro do caule, quantidade de ramos reprodutivos, capulhos por planta e produtividade de algodão em caroço comparado com a cultivar Fibermax 966 nos dois anos agrícolas.

Palavra-chave: *Gossypium hirsutum* L. Herbicida. Regulador de crescimento. Efeito hormese.

ABSTRACT

Due to expansion of cotton production, research with growth regulators and sublethal rates of herbicide are being developed to improve levels of crop productivity. The aim of this study was to evaluate the effect of sublethal rates of dichlorophenoxyacetic acid and mepiquat chloride on vegetative and productive characteristics of two cultivar of cotton plant. The experiment was conducted during the growing season of 2012/2013 and 2013/2014. The experimental design was a randomized completely blocks design in a factorial system 6 x 2 x 2 with 4 replications, consisting 96 plots, with the amount of twenty four treatments: one control and five rates of 2,4-D: 0.68, 1.36, 2.04 2.72 and 3.40 g equivalent acid (e.a) by ha⁻¹, with and without application of mepiquat chloride in the level 200 mL ha⁻¹ in the cultivar FMT 701 and Fibermax 966 cotton. Applied to the doses of 2,4-D at 45 days after plant emergence (d.a.e.) and the growth regulator to 70 d.a.e. The result showed that the use of the growth regulator (mepiquat chloride) at a dose 200 mL ha⁻¹ was effective in controlling plant development in relation to plant height on the two-year study. For the small size of cultivar, the application of increasing doses of 2,4-D provides an increase in plant height. With increasing doses of 2,4-D, there is an increase in the number of reproductive structures for cultivating FMT 701. The application doses of 2,4-D in the range of 1.75 and 1.90 g. The. ha⁻¹ provides an increase of seed cotton productivity to grow FMT 701. To cultivate Fibermax 966 to sub-dose of 1.75 provides an increase in cotton productivity in seed. Cultivar FMT 701 obtained the highest plant height, stem diameter, number of reproductive branches, bolls per plant and cotton productivity in seed compared with the cultivar Fibermax 966 in both years

Keywords: *Gossypium hirsutum* L. Herbicide. Growth regulator. Hormesis effect.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura molecular do herbicida 2,4-D.....	18
Figura 2. Temperatura e precipitação média mensal, no período de novembro a maio para o ano agrícola 2012/13. Selvíria-MS.....	23
Figura 3. Temperatura e precipitação média mensal, no período de novembro a maio para o ano agrícola 2013/14. Selvíria-MS.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Os 10 ingredientes ativos mais vendido em 2013.	20
Tabela 2. Características químicas iniciais do solo da área experimental na camada de 0,0-0,20 cm. Selvíria-MS, 2012.....	24
Tabela 3. Características químicas iniciais do solo da área experimental na profundidade de 0,0-0,20 cm. Selvíria-MS, 2013.	25
Tabela 4. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para análise altura de plantas em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2012/13..	30
Tabela 5. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e regulador de crescimento para a altura de planta aos 105 d.a.e. Selvíria-MS, ano agrícola 2012/2013.....	31
Tabela 6. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e cultivares de algodão para a altura de planta aos 105 d.a.e. Selvíria-MS, ano agrícola 2012/2013.	32
Tabela 7. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para análise altura de plantas em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14..	33
Tabela 8. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e regulador de crescimento para a variável altura de planta aos 105 d.a.e. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/2014.....	34
Tabela 9. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para diâmetro do caule de plantas em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2012/13.....	35
Tabela 10. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para diâmetro do caule de plantas em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	36

Tabela 11. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para número de ramos reprodutivos da planta em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2012/13.	37
Tabela 12. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para números de ramos reprodutivos da planta em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	38
Tabela 13. Medias da análise foliar de macronutrientes, aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2012/13.	39
Tabela 14. Medias da análise foliar de macronutrientes, aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	40
Tabela 15. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para estruturas reprodutivas e produtividade em caroço em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2012/13.	41
Tabela 16. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e cultivares de algodoeiro para a variável estruturas reprodutivas aos 85 d.a.e. Selvíria-MS, ano agrícola 2012/2013.	42
Tabela 17. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e cultivares de algodoeiro para a variável estrutura reprodutivas aos 105 d.a.e. Selvíria-MS, ano agrícola 2012/2013. ...	42
Tabela 18. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e cultivares de algodoeiro para a produtividades de algodão em caroço (Kg ha ⁻¹). Selvíria-MS, ano agrícola 2012/2013.	43
Tabela 19. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para estruturas reprodutivas e produtividade em caroço em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Algodão	14
2.2 Regulador de crescimento.....	15
2.3 Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-d).....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Localização do experimento.....	23
3.2 Precipitação e temperatura para Selvíria-MS	23
3.3 Características do solo.....	24
3.4 Delineamento experimental e tratamentos.....	25
3.5 Preparo do solo.....	26
3.6 Instalação do experimento	26
3.7 Controle de plantas daninhas	27
3.8 Controle fitossanitário.....	27
3.9 Atributos analisadas	28
3.10 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Características agronômicas.....	29
5 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

O algodão é uma fibra natural, muito utilizada na indústria têxtil nacional, e para ser competitiva na economia globalizada, requer demanda de tecnologia inovadora, de modo a obter alta produtividade, qualidade de fibras e diminuição dos custos de produção.

O 11º levantamento de campo da safra 2013/14, realizado pela Conab aponta que a oferta total de algodão em caroço nesta safra atingiu 4404,7 mil toneladas, representando incremento de 29% em relação ao período anterior. Essa performance resultou numa produção estimada de algodão em pluma de 1.704,5 mil toneladas, contra uma produção de 1.310,3 mil toneladas, verificadas na safra 2012/13 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014).

O algodoeiro é uma planta perene com hábito de crescimento indeterminado, o que torna complexo o manejo da cultura. A utilização de reguladores de crescimento é uma estratégia para equilibrar o crescimento vegetativo e reprodutivo do algodoeiro, além da adequação da planta para a colheita mecânica e maximizar a produção por planta (COTHREN; OOSTERHUIS, 2010). A planta de algodão quando cultivada em condições de alta fertilidade natural dos solos ou mesmo a adubações, demanda o uso do regulador de crescimento, pois o algodoeiro produz excessiva vegetação, que interfere negativamente na produção final.

Na busca por aumento da produtividade, surgiu como alternativa o uso de subdoses de substâncias muitas vezes consideradas tóxicas às plantas. Essas substâncias quando utilizadas em pequenas quantidades podem estimular o desenvolvimento vegetal, processo esse conhecido como “hormese” ou efeito hormético” (CALABRESE; BALDWIN, 2002; VELINI et al., 2008).

Respostas a baixas doses de auxinas sintéticas têm sido analisadas por cientistas durante décadas sobre seu efeito no crescimento das plantas. Estudos como ácido diclorofenoxiacético (2,4-D), têm mostrado respostas horméticas em plantas. Desta forma, as respostas horméticas em relação a algumas características das plantas poderiam ser estudos sobre o efeito no aumento da produção pela atividade de auxinas (CEDERGREEN et al., 2007). Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do regulador de crescimento (cloreto de mepiquat) e subdoses de 2,4-D nas características vegetativas e produtivas das cultivares FMT 701 e Fibermax 966 de algodoeiro, em condição de campo no Cerrado de baixa altitude.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Algodão

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) é cultivado pelo homem há mais de dois mil anos, sendo uma das fibras vegetais mais utilizadas no mundo. No Brasil, já era cultivado pelos indígenas que utilizavam a pluma para transformá-la em tecidos e fios (CANECHIO FILHO et al., 1972). Além disso, do algodoeiro não se aproveitava apenas a pluma, mas também as sementes, que são usadas na alimentação e as folhas utilizadas como medicamento para cura de ferimentos (COELHO, 2002).

Durante as décadas de 1960, 70 e 80, o Brasil concentrava-se entre os maiores produtores e exportadores mundiais de algodão. Entretanto, com a chegada do bicudo do algodoeiro, muitas plantações foram dizimadas. O algodão surgiu como alternativa de rotação com a soja, contudo era preciso alcançar melhores níveis de produtividade. Investimentos em qualidade e pesquisas fizeram com que o setor crescesse. A ampliação do mercado de exportação fez com que o país, em menos de oito anos, deixasse de ser o segundo maior importador para integrar a lista dos maiores exportadores (MARQUES, 2008).

Na década de 90, a produção de algodão no Brasil encontrava-se nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Após esse período, houve um aumento na produção de algodão na região do cerrado, este fato foi resultante das condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura e da utilização de cultivares adaptadas, com arquitetura de planta adequada à colheita mecanizada, alta adaptação às condições edafoclimáticas do cerrado, alta produtividade, tanto em caroço quanto em fibra, aliado às modernas técnicas de cultivo (FARIAS, 2005).

No desenvolvimento de cultivares de algodoeiro para o cultivo em condições de cerrado são consideradas inúmeras características relacionadas à produção, sanidade e qualidade da fibra, as quais, quando ocorrem harmoniosamente, conferem elevado potencial de uso da cultivar. Entre essas características pode-se destacar a produtividade potencial superior a 300 arrobas por hectare; resistência à doenças (víroses, ramulose, bacteriose, complexo fusarium + nematóide, alternaria, ramulária e estemphiliun); rendimento de fibras superior a 40%; resistência de fibras; finura na faixa de 3,9 a 4,2 (micronaire); fibras de comprimento médio a longo (30 – 34 mm); ciclo médio (130 a 160 dias); arquitetura favorável à mecanização ao plantio adensado; estabilidade produtiva ao longo dos anos; responsiva à melhoria do ambiente produtivo; resistência ao acamamento e capulhos com boa retenção (MORELLO et al., 2006)

O melhoramento genético no Brasil sempre foi direcionado para a obtenção de cultivares produtivas, com resistências múltiplas à doenças, pragas e outros fatores do ambiente, com bom rendimento em fibras e características tecnológicas da fibra compatíveis com as exigências da indústria têxtil (CARVALHO, 1999). Neste processo de melhoramento, a arquitetura das plantas também se alterou, passando dos tipos piramidais ou cônicos, vigorosas, de ciclo longo e que exigem rigoroso manejo da altura com regulador de crescimento, para plantas mais cilíndricas, compactas e com maturação mais uniforme, melhores adaptadas à colheita mecanizada (PENNA et al., 2001).

A cultivar FMT 701 apresenta porte alto (1,70 m), resistência à virose e bacteriose, tolerante a nematóide, possui ciclo tardio, boa qualidade de fibra e produtividade. É altamente responsiva, adaptada a colheita mecanizada, porém bastante exigente em regulador de crescimento (FUNDAÇÃO MT, 2012). A cultivar FMX 966 apresenta arquitetura moderna, de porte baixo (0,90 a 1,20 m), ciclo precoce, fibra com ótima qualidade e rendimento industrial, menor uso de regulador de crescimento e alta resistência à Mancha Angular (BAYER CROPS SCIENCE, 2012).

Por meio de todos esses processos, hoje o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) está entre as principais culturas exploradas no Brasil, pelo seu volume e valor da produção, sendo cultivado em mais de 15 estados. Cerca de 85% da área plantada de algodão está concentrada em Mato Grosso e Bahia. Particularmente a cultura se desenvolve em regiões onde a agricultura está consolidada e com solos de alta fertilidade, concentrando as regiões produtoras (CONAB, 2014).

2.2 Regulador de crescimento

Com o intuito de melhorar os atuais níveis de produtividade e com redução dos custos de produção da cultura do algodoeiro no Brasil, novas tecnologias vêm sendo incorporadas ao sistema de produção dessa Malvaceae (LAMAS et al., 2000), sendo os reguladores de crescimento uma delas.

O algodoeiro caracteriza-se por apresentar crescimento indeterminado, o que leva à uma competição por fotoassimilados entre o crescimento e o desenvolvimento, sendo por isso necessário intervir no gerenciamento energético, mediante o uso e manejo de reguladores de crescimento (PAZZETTI; LIMA, 2010). Outros fatores que tornaram-se imprescindíveis ao o uso desse produto foi o surgimento de novas cultivares, da utilização de semeadura adensada e a adequação da cultura à colheita mecânica (ZANON, 2002).

Os reguladores ou retardantes de crescimento são compostos sintéticos que possuem efeito sobre o metabolismo vegetal, inibindo principalmente a biossíntese do ácido giberélico (BELTRÃO, 1996). São usados para reduzir o crescimento longitudinal indesejável da parte aérea das plantas, sem redução da produtividade (RADEMACHER, 2000). Assim, torna-se necessária sua aplicação quando o algodoeiro é cultivado com adequada disponibilidade de água, de nutrientes e condições climáticas favoráveis, ocorrendo desta forma um crescimento excessivo da parte vegetativa, o que pode interferir negativamente na produção (REDDY et al., 1992).

Segundo Hodges et al. (1991), os efeitos de um regulador de crescimento são altamente dependentes da temperatura, visto que o produto interfere em processos fisiológicos da planta, como fotossíntese e respiração.

No Brasil encontram-se dois produtos comerciais que são empregados como reguladores de crescimento no algodoeiro, os quais têm como ingredientes ativos: cloreto de chlormequat e cloreto de mepiquat, sendo os mesmos responsáveis por certos benefícios potenciais, tais como: redução da taxa de crescimento dos internódios e do número de nós na haste principal, da altura de plantas e do comprimento dos ramos; possibilitando uso de maior densidade de plantas por área; redução da área foliar (reduzindo tamanho de folhas) e consequentemente aumento na eficiência da aplicação de defensivos agrícolas, e maior penetração de luz no dossel (AZEVEDO et al. 2008); com aumento da retenção de frutos nas primeiras posições dos ramos frutíferos, abertura precoce dos frutos e antecipação da colheita (LAMAS, 2001).

O regulador de crescimento (cloreto 1,1-dimetil piperidíneo) é um composto orgânico muito solúvel em água, sendo, portanto, absorvido pela planta com facilidade (ROSOLEM et al., 2013). Apresenta fórmula molecular: $C_7H_{16}NCl$, com massa molecular de 149,66 mg kg⁻¹, temperatura de fusão 223° C, de pouca toxicidade, não causando mutações, aberrações ou câncer sob condições experimentais (JSMONE, 2004).

O regulador de crescimento tem sido o produto mais bem sucedido no mundo pelo seu ótimo controle do crescimento da planta de algodão (ROSOLEM et al., 2013). Aplicações agrícolas desse produto são ferramentas que compõem estratégias para maximizar a produtividade de algumas plantas cultivadas que atingiram no Brasil estágios de evolução que exigem elevado nível técnico de cultivo (CASTRO, 2006).

Segundo Beltrão et al. (1999), o regulador de crescimento reduz o porte das plantas em pelo menos 20% e aumenta a retenção dos frutos. O máximo de retenção ocorre entre o 6º e o 12º nó, com incremento de 15%, enquanto que acima deste é reduzido em até 18%.

O algodoeiro por ser uma planta com hábito de crescimento indeterminado, leva ao surgimento de frutos (drenos) junto às folhas (fontes), ou seja, órgãos vegetativos competindo com os reprodutivos ao longo da estação de crescimento pelos fotoassimilados. Portanto, para a obtenção de elevadas produtividades, dentre outros fatores é importante o equilíbrio entre o crescimento vegetativo e reprodutivo no desenvolvimento, que são de natureza sequencial (BELTRÃO et al., 1997).

Em relação a dose utilizada, o parcelamento de aplicação de regulador de crescimento tem efeito maior em relação à aplicação única sobre a altura de plantas, número de nós, comprimento dos internódios e retenção de frutos nas cultivares que apresentam excessivo crescimento vegetativo. Por outro lado, nas cultivares de porte baixo o efeito do produto não é significativo (CIA et al., 1982).

Em ensaios realizados no Estado do Mato Grosso, Lamas et al. (1995) observaram que a altura da planta, em um estudo com cinco doses de regulador de crescimento na cultura do algodoeiro, apresentou resposta quadrática, com ponto de mínimo no tratamento com 100 g de i.a. ha⁻¹ em que a altura da planta foi de 103 cm e a testemunha apresentou 135 cm de altura. Os autores citam também que não somente a altura das plantas pode ser alterada, como também outros componentes da produção, tal como o número de maçãs.

De acordo com Lamas et al. (1999), para a tomada de decisão sobre a aplicação de regulador de crescimento, deve-se considerar as características genéticas da cultivar, fertilidade do solo, condições climáticas, população de plantas e época de semeadura, sendo evidentemente recomendada a aplicação somente em condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Os autores ressaltam que existe uma melhor eficiência quando se aplica de forma parcelada o regulador de crescimento e que, em condições favoráveis de crescimento vegetativo e para cultivares de porte alto, pode ser necessária a aplicação de doses maiores que deverão ser definidas tendo-se como referencial o crescimento das plantas.

Os resultados de pesquisas com o regulador de crescimento cloreto de mepiquat permitem concluir que o produto pode auxiliar no estabelecimento de culturas mais lucrativas, já que seus benefícios são redução do crescimento vegetativo, melhoria da arquitetura das plantas, abertura precoce dos frutos e melhor eficiência na colheita mecanizada.

2.3 Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-d)

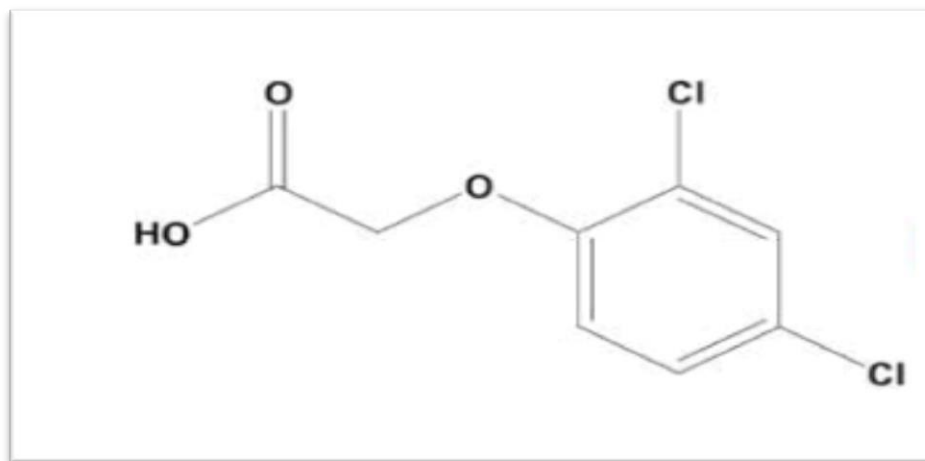
O ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) é um componente da família dos herbicidas clorofenoxiacéticos (RODRIGUES; SERRA, 1996), sendo desenvolvido na década de 1940. O 2,4-D junto com o ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T) e o pentaclorofenol (PCF), foram utilizados pela força aérea norte-americana como agente desfolhante na guerra do Vietnã, e após a guerra foi utilizado para substituir a capina manual e mecânica, reduzindo a mão-de-obra e resultando em um crescimento da produtividade agrícola (AMARANTE JUNIOR et al., 2003).

No início da década de 50, vários grupos continuaram a pesquisar o produto e estabeleceram seu uso como herbicida no controle de plantas daninhas dicotiledôneas, em colheitas de cereais, incluindo trigo, milho, arroz e sorgo, sendo principalmente utilizado no Brasil na cultura de cana-de-açúcar (VIEIRA; PRADO, 1999). Sua função é altamente seletiva e sistêmica, onde uma vez absorvido, aumenta a biossíntese e produção de etileno causando divisão celular descontrolada e danos no tecidos vasculares (PPDB, 2013).

O ingrediente ativo 2,4-D ($C_8H_6Cl_2O_3$) tem registro para uso em 10 culturas (arroz, aveia, café, cana-de-açúcar, centeio, cevada, milho, pastagens, sorgo e trigo) (BRASIL, 2010). Os produtos técnicos à base desse ingrediente ativo são classificados, de forma geral, como tóxicos ao meio ambiente (classe III). É avaliado como altamente móvel, muito persistente e muito tóxico para organismos aquáticos. É pouco tóxico para organismos do solo e para aves e abelhas (REBELO et al., 2010).

O 2,4-D é comercializado em formulações de sais, amina e éster, sendo de ação pós-emergente. Este herbicida é transportado pela planta, sendo acumulado nos tecidos em crescimento das raízes, agindo por inibição do crescimento das plantas daninhas (PPDB, 2013). Na Figura 1 encontra-se a estrutura molecular do herbicida 2,4-D.

Figura 1. Estrutura molecular do herbicida 2,4-D.



Fonte: (REBELO et al., 2010).

Segundo Machado et al. (2006), os herbicidas mimetizadores de auxina (2,4-D, picloram, triclopyr, fluroxipyr, quinclorac, etc.), em plantas dicotiledôneas sensíveis, induzem mudanças metabólicas e bioquímicas, podendo levá-las à morte. O metabolismo de ácidos nucleicos e os aspectos metabólicos da plasticidade da parede celular são seriamente danificados.

Esses produtos causam mudanças na ação da enzima RNA-polimerase e, consequentemente, na síntese de ácidos nucleicos e proteínas. Induzem intensa proliferação celular em tecidos, provocando epinastia de folhas e caule, além de interrupção do floema, bloqueando a movimentação dos fotoassimilados das folhas para o sistema radicular. O alongamento celular parece estar relacionado com a diminuição do potencial osmótico das células, provocado pelo acúmulo de proteínas e, também, mais especificamente, pelo efeito desses produtos sobre o afrouxamento das paredes celulares. Essa perda da rigidez das paredes celulares é causada pelo incremento na síntese desta enzima na célula (MACHADO et al., 2006).

Após aplicações desses produtos, em plantas sensíveis, constataram-se rapidamente aumentos significativos da enzima celulase, especialmente da carboximetilcelulase (CMC), notadamente nas raízes. Devido a esses efeitos ocorre epinastia das folhas, retorcimento do caule, engrossamento das gemas terminais, destruição do sistema radicular e morte da planta, em poucos dias ou semanas. Quando aplicado em espécies vegetais sensíveis, os herbicidas desse grupo provocam distúrbios no metabolismo dos ácidos nucleicos, aumento da atividade enzimática e destruição do floema, provocando alongamento, turgescência e rompimento das células (MACHADO et al., 2006).

O herbicida 2,4-D está em segundo lugar no ranking dos ingredientes ativos mais comercializados em 2013, permanecendo apenas atrás do glifosato e seus sais. A venda do 2,4-D representou 37131,13 toneladas de ingrediente ativo no ano (IBAMA, 2014). Na Tabela 1 encontra-se os 10 ingredientes ativos mais vendidos em 2013.

Tabela 1. Os 10 ingredientes ativos mais vendido em 2013.

OS 10 ingredientes ativos mais vendidos - 2013		
Unidade de medida: toneladas de IA		
Ingrediente Ativo	Vendas(ton. IA)	Ranking
Glifosato e seus sais	185.956,13	1º
2,4-D	37.131,43	2º
Atrazina	28.394,91	3º
Óleo mineral	28.347,06	4º
Acefato	22.355,41	5º
Óleo vegetal	14.318,35	6º
Clorpirifós	13.084,62	7º
Metomil	8.533,26	8º
Mancozebe	8.419,01	9º
Imidacloprido	7.940,82	10º

Fonte: (IBAMA, 2014).

Apesar do 2,4-D ser comercialmente vendido como herbicida, verificou-se que durante seu estudo de desenvolvimento foi constatado um potencial para afetar os processos de crescimento em plantas de um modo semelhante aos reguladores vegetais, razão pela qual o produto foi descrito posteriormente como “hormonal” (MAHALAKSHMI et al., 2003; ESTABROOKS et al., 2007; MAXWELL et al., 2007; MADHUMITA et al., 2008).

Respostas de baixas doses de auxinas sintéticas têm sido observadas por cientistas durante décadas sobre o crescimento das plantas. De fato, um dos primeiros herbicidas, o 4-cloro-2-metilfenoxiacético, uma auxina sintética, foi desenvolvido com o objetivo de aumentar a produtividade nas culturas (ALLEN et al., 1978).

As baixas concentrações de algumas substâncias fitotóxicas tem proporcionado efeitos estimuladores sobre o crescimento, a longevidade do metabolismo e mecanismos fisiológicos das plantas, ou seja, efeito hormético (CALABRESE; BALDWIN, 1998; CALABRESE; BALDWIN, 2000). Rosa et al. (2011) constataram aumento no número de estruturas reprodutivas do algodoeiro com o aumento das subdoses de 2,4-D em estudo, representando uma diferença de

aproximadamente 35% quando se compara a subdose de 2,72 g de equivalente ácido (e.a.) . ha⁻¹ com o controle.

Hariharan e Unnikrishnan (1983) observaram que sementes de *Trigonella foenum-graceum* tratadas com baixas concentrações de 2,4-D apresentaram uma maior viabilidade quando comparadas ao tratamento controle. Com isso pode-se associar que baixas concentrações de 2,4-D podem induzir efeitos horméticos em plantas.

2.4 Hormese

O termo “hormesis”, denominação utilizada na língua inglesa, foi observado por Pereira et al. (2005) com subdoses de inseticidas em inimigos naturais da *Alabama argilacea*. Nessa mesma publicação os autores utilizaram a denominação de “hormese” e “efeito hormético” como traduções para o português.

Hormese é o nome dado ao fenômeno que resulta no efeito benéfico como o aumento do crescimento de plantas, bactérias, fungos, ou insetos devido a aplicação de uma dose muito baixa de um agente radioativo ou químico (PARSONS, 1990). Apesar do fenômeno ter sido inicialmente observado no século XIX, este termo foi empregado pela primeira vez em uma publicação de 1942, que descrevia o crescimento de fungos submetidos ao tratamento com baixas concentrações de um antibiótico natural, que em altas concentrações suprimiam seu crescimento (SAGAN; LEONARD, 1991).

O fato do efeito hormético ser observado na maioria dos grupos de organismos (CALABRESE, 2005) e muitos herbicidas terem sido originalmente desenvolvidos como reguladores vegetais comprova a hipótese de hormese em plantas por estes compostos.

Um exemplo disso é o glifosato que pode ser utilizado como regulador vegetal. Este herbicida particularmente apresentou hormese em diversas plantas, como aumento da produção de matéria verde em milho (WAGNER; KOGAN, 2003), café, pinus, eucalipto, citros e trapoeraba (DUKE et al., 2006), massa seca de raiz de soja (GODOY, 2007), teor de fósforo nas folhas de eucalipto (CARBONARI et al., 2007). Estímulos ao desenvolvimento, em dosas inferiores a 36 g i.a ha⁻¹ foram verificadas na cultura da soja (não transgênica e suscetível a molécula), do milho, pinus, eucalipto, café e citros (VELINI et al., 2008).

Os mecanismos fisiológicos de hormese em plantas não são bem esclarecidos, entretanto algumas hipóteses estão relacionadas com indução hormonal provocada pela subdose de agentes químicos. Vários estudos com auxinas sintéticas (exemplo 2,4-D) têm mostrado respostas

horméticas, portanto, essas respostas em algumas características de planta poderiam ser esperadas pelo aumento na produção e atividade de auxinas (CEDERGREEN et al., 2007).

Muitos esforços vêm sendo dispensados neste assunto, por pesquisas com plantas e animais (DUKE et al., 2006). Apesar das muitas teorias sobre a causa da hormese, poucos estudos têm sistematicamente avaliado a sua frequência, magnitude e distribuição entre os diferentes produtos químicos em organismos fotossintéticos em curvas de dose-resposta comparáveis (CEDERGREEN et al., 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

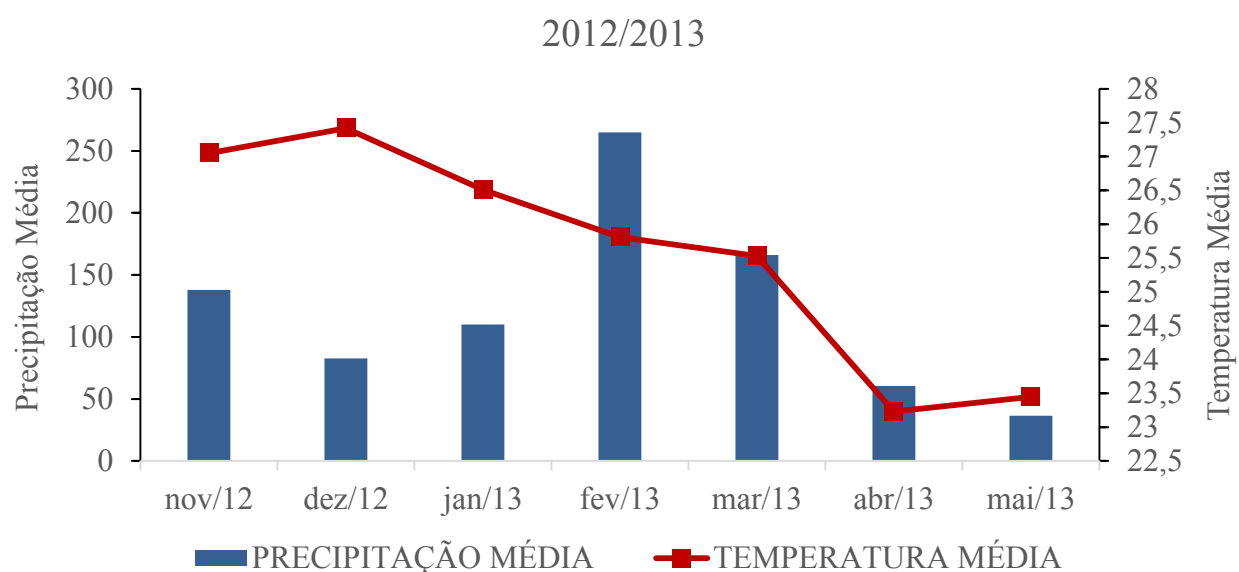
O experimento foi instalado nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14 com semeadura mecanizada do algodoeiro em área da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Universidade Estadual Paulista, campus de Ilha Solteira, situado no município de Selvíria-MS. As coordenadas geográficas correspondentes são 20°20'45" de Latitude Sul e 51°24'11" de Longitude Oeste e com altitude média de 344m.

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Apresenta temperatura média anual de 23,5 °C, precipitação média anual é de 1.370 mm com umidade relativa do ar média é de 70-80% nos meses mais chuvosos (MORETI et al., 2007).

3.2 Precipitação e temperatura para Selvíria-MS

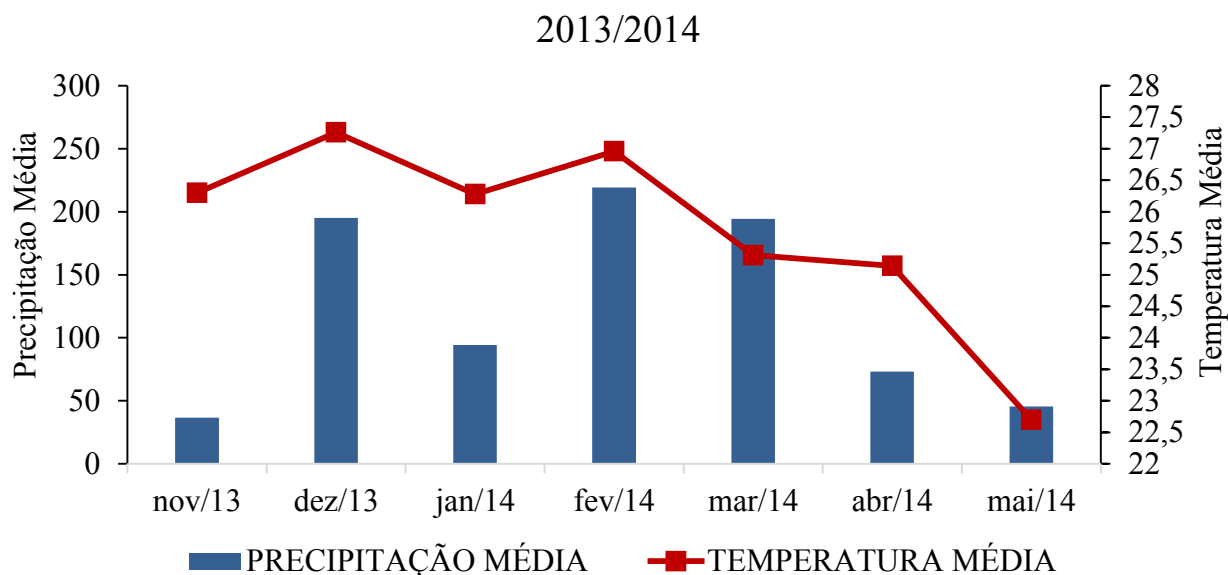
Durante o período de atividades do projeto foram obtidas informações de temperatura média mensal e precipitação pluvial média mensal para a localidade de Selvíria-MS. Tais informações são evidenciadas nas Figuras 2 e 3.

Figura 2. Temperatura (°C) e precipitação pluvial (mm) média mensal, no período de novembro a maio para o ano agrícola 2012/13. Selvíria-MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 3. Temperatura (°C) e precipitação pluvial (mm) média mensal, no período de novembro a maio para o ano agrícola 2013/14. Selvíria-MS.



Fonte: Elaboração do autor.

3.3 Características do solo

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, conforme classificação brasileira dos solos (EMBRAPA, 2013). Antes da instalação dos experimentos realizaram-se duas amostragens de solo para a caracterização dos atributos químicos de acordo com a metodologia de análise descrita por Raij et al. (2001). No primeiro ano agrícola (2012/13) a amostragem foi realizada em setembro de 2012, e no segundo ano agrícola (2013/14) em agosto de 2013. Nas Tabelas 2 e 3 encontra-se o resultado da análise química do solo.

Tabela 2. Características químicas iniciais do solo da área experimental na camada de 0,0-0,20 cm. Selvíria-MS, 2012.

P _{resina}	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
mg/dm ³	g/dm ³	(CaCl ₂)	mmol _c /dm ³						(%)
34	23	5,1	2,8	23	17	28	0	70,8	60

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 3. Características químicas iniciais do solo da área experimental na profundidade de 0,0-0,20 cm. Selvíria-MS, 2013.

P _{resina} (mg/dm ³)	M.O. (g/dm ³)	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
(mmol _c /dm ³)									(%)
29	21	5,3	3,5	38	22	29	0	92,5	65

Fonte: Elaboração do autor.

Baseado nas análises químicas do solo, no primeiro ano agrícola utilizou-se a dose de 350 kg ha⁻¹ do adubo formulado 08-28-16 para semeadura e duas aplicações em cobertura, aos 25 e 45 dias após emergência (d.a.e.), de 60 kg ha⁻¹, tendo como fonte a ureia (30 kg de nitrogênio em cada aplicação). No segundo ano agrícola, a adubação consistiu de 350 kg ha⁻¹ da formulação 04-30-10. A adubação de cobertura foi com 60 kg ha⁻¹ de N, dividida em duas aplicações (30 kg de N em cada aplicação), sendo aos 30 dias após a emergência (d.a.e.) e aos 60 d.a.e., tendo como fonte a ureia.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado, nos dois anos agrícolas (2012/13 e 2013/14), foi o de blocos ao acaso (GOMES, 2000), em um esquema fatorial 6x2x2, com 4 repetições, totalizando 96 parcelas, sendo 24 tratamentos: a testemunha, e cinco subdoses do herbicida 2,4-D: 0,68; 1,36; 2,04; 2,72 e 3,40 g equivalente ácido (e.a.) por ha⁻¹, com e sem aplicação de cloreto de mepiquat na dose 200 mL ha⁻¹, nas cultivares de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966.

Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de cultivo, com cinco metros de comprimento, espaçadas 0,9 m, sendo a área útil constituída pelas duas linhas centrais da parcela. Após a emergência e estabelecimento das plantas, houve desbaste das plantas, deixando-se 8 plantas por metro em todos os tratamentos, totalizando uma população de aproximadamente 88.900 plantas por hectare.

Nos dois anos agrícolas estudados, a aplicação das subdoses do herbicida foi por meio de pulverização foliar aos 45 d.a.e., quando as plantas estavam em estágio de desenvolvimento B₄ (MARUR; RUANO, 2001), utilizando-se pulverizador costal de pressão constante a base de CO₂ munido de pontas de pulverização modelo XR11002 calibrado a pressão de 3 bar e volume de calda aplicado de 160 litros por hectare. O produto comercial utilizado foi o DMA 806 BR (2,4-D).

O regulador de crescimento, cuja princípio ativo é o cloreto de mepiquat, que é comercializado com a denominação de PIX HC, foi aplicado aos 70 dias, quando as plantas estavam

em estágio de desenvolvimento F4, após a emergência das plantas com a dose de 50 g i.a. ha⁻¹. As pulverizações foram realizadas no período da tarde com condições climáticas de 22,1 a 35,1°C; 55 a 75% de umidade relativa do ar e 0,9 a 1,3 m s⁻¹ de velocidade do vento.

As cultivares utilizadas possuem características distintas, sendo a cultivar FMT 701 de porte alto de planta e ciclo tardio e a cultivar Fibermax 966 de porte baixo e ciclo precoce.

3.5 Preparo do solo

A área utilizada para o experimento no primeiro ano agrícola (2012/13) encontrava-se anteriormente com a cultura do algodão em plantio direto. Procedeu-se o preparo de solo pelo sistema de cultivo convencional, nas quais realizou-se uma aração e gradagem no dia 29/11/2012. Após a aração, foi realizada uma gradagem de nivelamento e, pouco antes da semeadura outra gradagem com a finalidade de eliminar plantas daninhas. No segundo ano agrícola (2013/14) foi sucedido o mesmo preparo de solo do ano anterior no dia 30/11/2013.

3.6 Instalação do experimento

No primeiro ano agrícola (2012/13) a instalação do experimento procedeu-se no dia 30/11/2012 pela semeadura mecanizada em uma densidade de 12 sementes por metro. A emergência das plantas de algodão ocorreram no dia 08/12/2012.

Aos 10 dias após a emergência, foi efetuado desbaste, deixando-se 8 plantas por metro em todos os tratamentos, totalizando uma população de aproximadamente 88.900 plantas por hectare. Para garantir a emergência e o estabelecimento das plantas foram realizadas irrigações por aspersão, com um carretel enrolador autopropelido, munido de aspersor/canhão de vazão regulável. A área experimental permaneceu em pousio entre os dois anos de cultivo do algodoeiro.

No segundo ano agrícola (2013/14), a instalação do experimento foi realizado no dia 01/12/2013, sendo também a semeadura mecanizada, com densidade de 12 sementes por metro, ocorrendo a emergências das plantas de algodão no dia 08/12/2013. Semelhante ao primeiro ano agrícola, foram realizadas irrigações por aspersão para a emergência e estabelecimento dessa cultura com um carretel enrolador autopropelido.

3.7 Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas foram controladas por meio de manejo químico e por capinas manuais. No primeiro ano agrícola (2012/13) logo após a semeadura foi realizada a aplicação de herbicidas em pré-emergência Diuron na dose $3,0 \text{ L ha}^{-1}$, posteriormente quando as plantas de algodão encontravam-se no estágio de desenvolvimento V_3 (30 dias após a emergência) e as plantas daninhas em estádios iniciais de desenvolvimento aplicou-se em pós-emergência os produtos pyriithiobac-sodium na dose de $0,3 \text{ L ha}^{-1}$ e haloxyfop-methyl na dose $0,4 \text{ L ha}^{-1}$.

No segundo ano agrícola (2013/14), um dia após a semeadura, aplicou-se o herbicida pré-emergência trifluralin na dose $2,0 \text{ L ha}^{-1}$. Aos 25 dias após a emergência do algodoeiro foi realizada uma pulverização com o herbicida pós-emergência pyriithiobac-sodium na dose $0,3 \text{ L ha}^{-1}$.

3.8 Controle fitossanitário

O manejo de pragas e doenças foi conduzido por meio de pulverizações com produtos fitossanitários registrados para a cultura do algodão, visando o bom desenvolvimento das plantas, de modo que não interferissem nos tratamentos em estudo.

As principais pragas encontradas e controladas no ano agrícola de 2012/13 foram percevejo manchador (*Dysdercus ruficollis*), ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), curuquerê (*Alabama argilacea*), bicudo (*Anthonomus grandis*) e lagarta das maçãs (*Heliothis virescens*). As doenças encontradas durante o desenvolvimento da cultura do algodoeiro foram ramulose (*Coletotrichum gossypii* pv. *cephalosporioides*) e mancha de alternaria (*Alternaria* spp.).

No segundo ano agrícola (2011/12), as principais pragas encontradas e controladas foram percevejo manchador (*Dysdercus ruficollis*), curuquerê (*Alabama argilacea*), cochonilha (*Planococcus* spp.), bicudo (*Anthonomus grandis*) e lagarta das maçãs (*Heliothis virescens*). A doença encontrada durante o desenvolvimento da cultura do algodoeiro foi a ramulose (*Coletotrichum gossypii* pv. *cephalosporioides*).

3.9 Atributos analisadas

Foram analisadas as características agronômicas em dez plantas ao acaso nas linhas centrais de cada parcela e marcadas para as avaliações.

As avaliações foram realizadas de 20 em 20 dias a partir dos 45 dias após a emergência das plantas até o final do ciclo da cultura. Os itens avaliados foram:

- **Altura de plantas:** realizada com auxílio de régua (cm), sendo medido do colo até a última ramificação do meristema apical da planta nos períodos de 45, 65, 85 e 105 dias após emergência da planta.
- **Diâmetro do caule:** executado com o auxílio de paquímetro (cm), na altura de 2 centímetros em relação ao solo nos períodos de 45, 65, 85 e 105 dias após emergência da cultura.
- **Número de estruturas reprodutivas:** realizado por contagem das flores, botões maças e capulhos aos 45, 65, 85 e 105 dias após emergência cultura.
- **Produtividade de algodão em caroço:** obtida pela colheita manual das duas linhas centrais, permanecendo uma linha de bordadura de cada lado. As linhas colhidas foram pesadas e convertidas para kg há⁻¹
- **Análise nutricional do tecido foliar:** Foram efetuadas coletas ao acaso 20 folhas por parcela experimental (limbo da 5ª folha da haste principal do ápice para a base) aos 80 dias após a emergência segundo as recomendações de Silva (1999), para avaliar o efeito dos tratamentos nos teores foliares de nutrientes. Depois da coleta, as folhas foram encaminhadas para processo de secagem em estufa com circulação e renovação de ar (65 °C), moídas e levadas ao Laboratório de Análise de Tecido Foliar do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Ilha Solteira onde seguiram a metodologia relatada por Malavolta et al. (1997) para a determinação dos teores de nutrientes: nitrogênio, fosforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre.

3.10 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey para efeito do cloreto de mepiquat os cultivares. Utilizou-se regressão polinomial ao nível de significância de 5% para avaliar o efeito de doses de 2,4-D. O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2000)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características agronômicas

Na Tabela 4 constam as médias de altura de plantas aos 45, 65, 85 e 105 dias após a emergência (d.a.e.), no primeiro ano agrícola (2012/13). Verificou-se que os tratamentos com aplicação de regulador de crescimento apresentaram diferenças nas avaliações realizadas aos 85 e 105 d.a.e., ou seja, 15 e 35 dias após a aplicação do produto.

Observou-se também que ocorreu redução na altura das plantas para o tratamento onde foi aplicado o regulador, isso porque o cloreto de mepiquat reduz a concentração giberelina das plantas por meio da inibição de sua síntese, tal fato pode ser explicado, pois a giberelina é um hormônio responsável pela divisão e expansão celular (TAIZ; ZEIGER, 2004), e o bloqueio ou diminuição de sua síntese causa redução na altura das plantas (BOGIANI; ROSOLEM, 2009).

Em relação as cultivares, verifica-se que ocorreu diferença significativa para todas as avaliações de altura de planta, sendo que as maiores médias sempre foram da cultivar FMT 701 em relação a cultivar Fibermax 966. Este resultado é devido a característica agronômica de porte da planta, onde a cultivar FMT 701 é caracterizada por plantas de porte alto e a cultivar Fibermax 966 por plantas de porte baixo (BOGIANI; ROSOLEM, 2009).

Tabela 4. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para análise altura de plantas em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2012/13.

p>F				
Tratamento	45 d.a.e.	65 d.a.e.	85 d.a.e.	105 d.a.e.
Regulador (R)	0,45	0,21	0,00*	0,00**
2,4-D (D)	0,38	0,68	0,10	0,03*
Cultivar (C)	0,00**	0,00**	0,00**	0,01**
R*D	0,63	0,83	0,30	0,00**
R*C	0,41	0,86	0,55	0,64
D*C	0,36	0,32	0,41	0,01**
R*D*C	0,87	0,94	0,16	0,50
CV(%)	4,89	4,72	3,12	1,94
Tukey para aplicação de regulador de crescimento (altura de planta, cm)				
Sem aplicação	85,16	129,67	140,24 a	151,27
Com aplicação	84,52	128,12	130,00 b	133,00
D.M.S.	1,68	2,47	1,71	1,12
Tukey para cultivares (altura de planta, cm)				
FMT 701	93,88 a	127,90 a	147,79 a	146,83 a
Fibermax 966	75,80 b	115,88 b	122,45 b	137,44 b
D.M.S	1,68	2,47	1,71	1,12
Regressão para as aplicações de subdoses de 2,4-D (altura de planta, cm)				
0	84,20	129,81	136,04	141,04
0,68	85,39	129,64	135,95	141,48
1,36	83,35	127,37	135,10	141,91
2,04	86,12	129,85	132,79	142,35
2,72	85,75	129,35	136,81	142,79
3,40	84,25	127,35	134,04	143,23
Linear ($p > F$)	0,64	0,40	0,27	0,01
Quadrática($p > F$)	0,47	0,88	0,53	0,19

Nota: *significativo ao nível de 5%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

**significativo ao nível de 1%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

Fonte: Elaboração do autor.

A altura algodoeiro aos 105 d.a.e. apresentou interação significativa entre regulador de crescimento e as subdoses de 2,4-D (Tabela 5) e também entre cultivares e subdoses de 2,4-D (Tabela 6).

De acordo com o desdobramento do regulador de crescimento dentro de subdoses de 2,4-D (Tabela 5), a aplicação de cloreto de mepiquat diminuiu a altura das plantas independente das subdoses de 2,4-D utilizadas. Quanto ao desdobramento de subdoses de 2,4-D dentro de regulador de crescimento nota-se que com o uso deste houve ajuste a função linear crescente, ou seja a medida que aumentou-se as subdoses 2,4-D ocorreu maior crescimento da planta aos 105 d.a.e., isso porque a mistura de dois ou mais bio reguladores podem alterar os processos vitais e estruturais da planta.

Essas substâncias juntas incrementam o crescimento e desenvolvimento vegetal estimulando a divisão celular e alongamento celular, podendo portanto aumentar a altura das plantas de algodão (VIEIRA; CASTRO, 2002). Na ausência do cloreto de mepiquat, o algodoeiro também apresentou significância para a altura de planta no mesmo período, respondendo de maneira quadrática ao aumento de dose do herbicida, com ponto de mínimo de 1,82 g e.a ha⁻¹ de 2,4-D, que corresponde a uma altura de 150,26 cm aos 105 d.a.e. Este resultado mostra que a aplicação de 2,4-D até a subdose 1,8 g e.a ha⁻¹ provocou nas planta de algodoeiro um efeito regulador de crescimento, porém com o aumento dessa subdose e efeito no algodoeiro foi herbicida.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e regulador de crescimento para a altura de planta aos 105 d.a.e. Selvíria-MS, ano agrícola 2012/2013.

(R)	Subdose (g e.a ha ⁻¹)						D.M.S
	0	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	
Com ⁽¹⁾	130,29 b	131,87 b	132,29 b	133,62 b	134,70 b	135,24 b	2,75
Sem ⁽²⁾	152,79 a	151,79 a	148,95 a	150,33 a	152,41 a	151,33 a	

Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5 % de probabilidade

Fonte: Elaboração do autor.

$$Y^{(1)} = 1,45x + 130,53 \quad (R^2 = 98,01\%) \quad (1)$$

$$Y^{(2)} = 0,74x^2 - 2,69x + 152,70 \quad (R^2 = 45,85\%) \quad (2)$$

Para o desdobramento da cultivar dentro de subdoses de 2,4-D (Tabela 6) constatou-se que a cultivar de algodão FMT 701 apresentou maiores médias de altura de plantas comparada a cultivar Fibermax 966, em todas as subdoses de 2,4-D utilizadas, este fato é devido as características distintas de cada cultivar, sendo o a cultivar FMT 701 de porte alto e a Fiberber max 966 de porte baixo. No que se refere a subdose de 2,4-D dentro da cultivar de algodoeiro, ocorreu ajuste a equação linear crescente para a cultivar Fibermax 966, deste modo, verificou-se que com o aumento da subdose do herbicida ocorreu maior altura das plantas de algodão.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e cultivares de algodão para a altura de planta aos 105 d.a.e. Selvíria-MS, ano agrícola 2012/2013.

(C)	Subdose (g e.a ha ⁻¹)						D.M.S
	0	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	
701	146,66 a	147,00 a	145,24 a	145,62 a	148,54 a	147,91 a	2,75
966 ⁽¹⁾	136,41 b	136,66 b	135,99 b	138,33 b	138,58 b	138,66 b	

Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5 % de probabilidade

Fonte: Elaboração do autor.

$$^{(1)} Y = 0,80x + 136,06 \quad (R^2 = 72,82\%) \quad (3)$$

Assim como no primeiro ano agrícola, no segundo ano de estudo (2013/14), foram realizadas quatro avaliações (aos 45, 65, 85 e 105 d.a.e.) da altura de planta (Tabela 7). Observou-se que os tratamentos com a aplicação do regulador de crescimento nas avaliações realizadas aos 85 e 105 d.a.e. proporcionaram redução do crescimento da planta de algodão. Segundo estudos de Wang et al. (2014), isso pode ter ocorrido porque a aplicação de cloreto de mepiquat inibe o metabolismo da giberelina, que por sua vez inibe o alongamento das células e assim reduz a altura das plantas, como hormônio auxiliar de auxinas e citocininas.

Para as cultivares de algodão notou-se diferença em todas as avaliações (45, 65, 85 e 105 d.a.e.). As maiores médias de altura de planta foram constatadas na cultivar FMT 701 em comparação a cultivar Fibermax 966. Este efeito é explicado pela característica de maior porte da planta da cultivar FMT 701.

Tabela 7. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para altura de plantas em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

$p > F$				
Tratamento	45 d.a.e.	65 d.a.e.	85 d.a.e.	105 d.a.e.
Regulador (R)	0,76	0,78	0,00*	0,00**
2,4-D (D)	0,99	0,99	0,65	0,02*
Cultivar (C)	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
R*D	0,85	0,82	0,73	0,02*
R*C	0,76	0,74	0,38	0,08
D*C	0,96	0,94	0,24	0,53
R*D*C	0,72	0,73	0,86	0,13
CV(%)	2,50	1,94	3,85	2,76
Tukey para aplicação de regulador de crescimento (altura de planta, cm)				
Sem aplicação	86,25	111,25	123,12 a	137,75
Com aplicação	86,38	111,38	113,37 b	122,45
D.M.S.	0,87	0,88	1,85	1,46
Tukey para cultivares (altura de planta, cm)				
FMT 701	88,02 a	119,62 a	123,83 a	145,59 a
Fibermax 966	84,62 b	103,02 b	112,66 b	114,61 b
D.M.S.	0,87	0,88	1,85	1,46
Regressão para as aplicações de subdoses de 2,4-D (altura de planta, cm)				
0	86,37	111,37	118,89	129,90
0,68	86,41	111,41	118,14	129,07
1,36	86,21	111,20	117,18	128,92
2,04	86,20	111,20	117,52	129,45
2,72	86,20	111,20	119,71	130,67
3,40	86,52	111,52	118,04	132,58
Linear ($p > F$)	0,98	0,98	0,93	0,01
Quadrática ($p > F$)	0,65	0,65	0,44	0,02

Nota: *significativo ao nível de 5%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey.

**significativo ao nível de 1%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaboração do autor.

A altura de planta do algodoeiro aos 105 d.a.e. evidenciou uma interação significativa entre o regulador de crescimento e as subdoses de 2,4-D (Tabela 7).

No desdobramento de interação, comparando-se a aplicação de regulador de crescimento dentro de subdoses de 2,4-D (Tabela 8), verificou-se que o uso cloreto de mepiquat reduziu a estatura da planta de algodão independente das subdoses de 2,4-D utilizadas no período de 105 d.a.e.

Tabela 8. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e regulador de crescimento para a altura de planta aos 105 d.a.e. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/2014.

(R)	Subdose (g e.a ha ⁻¹)						D.M.S.
	0	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	
Com	122,54 b	123,12 b	122,12 b	127,12 b	130,16 b	131,16 b	3,57
Sem	138,16 a	134,20 a	134,25 a	138,62 a	140,27 a	140,54 a	

Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5 % de probabilidade

Fonte: Elaboração do autor.

O diâmetro do caule das plantas de algodão no primeiro ano agrícola (Tabela 9) não foi alterado pela aplicação de subdoses de 2,4-D e regulador de crescimento nas cinco avaliações (45, 65, 85 e 105 d.a.e.) demonstrando uma característica estável em relação a utilização desses produtos.

Os resultados desse trabalho diferem dos encontrados por Ferrari et al. (2014) que constatarem menor diâmetro caulinar da cultivar delta Opal quando houve a aplicação de 1,0 L ha⁻¹, na concentração de 50 g L⁻¹ de cloreto de mepiquat em relação a testemunha.

Dentre as cultivares, verificou-se diferença para o diâmetro do caule em todas as avaliações. O que ocorreu, de um modo geral, foi que a cultivar FMT 701 apresentou maiores médias de diâmetro caulinar em relação a cultivar Fibermax 966, sendo esse parâmetro relacionado com a maior altura de planta.

Do mesmo modo que o primeiro ano agrícola, o diâmetro do caule da planta no segundo ano de estudo (Tabela 10) também não apresentou diferença pela aplicação de subdoses de 2,4-D, assim como para o uso de regulador de crescimento, constatando-se, portanto, uma característica estável em relação a utilização de manejo desses produtos. Esses resultados diferem dos obtidos por Zanon (2002) e Azevedo et al. (2004), que realizaram aplicação de regulador de crescimento verificaram menor diâmetro caulinar em relação a testemunha.

Para as cultivares ocorreu a mesma diferença significativa em relação ao primeiro ano de cultivo para o diâmetro do caule da planta em todas as avaliações. As maiores médias de diâmetro do caule foram constatados na cultivar FMT 701 em todas épocas de avaliação, sendo portanto, uma característica relacionada à cultivar

Tabela 9. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para diâmetro do caule de plantas em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2012/13.

$p > F$				
Tratamento	45 d.a.e	65 d.a.e.	85 d.a.e.	105 d.a.e.
Regulador (R)	0,90	0,56	0,22	0,24
2,4-D (D)	0,99	0,65	0,34	0,49
Cultivares (C)	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
R*D	0,98	0,94	0,90	0,49
R*C	0,59	0,29	0,60	0,72
D*C	0,34	0,23	0,51	0,83
R*D*C	0,95	0,92	0,95	0,58
CV(%)	5,70	6,36	5,69	4,92
Tukey para aplicação de regulador de crescimento (diâmetro do caule, cm)				
Sem aplicação	0,77	1,30	1,37	1,37
Com aplicação	0,77	1,29	1,35	1,36
D.M.S.	0,02	0,03	0,03	0,3
Tukey para cultivares (diâmetro do caule, cm)				
FMT 701	0,84 a	1,34 a	1,43 a	1,48 a
Fibermax 966	0,70 b	1,24 b	1,29 b	1,25 b
D.M.S	0,02	0,03	0,03	0,03
Regressão para as aplicações de subdoses de 2,4-D (diâmetro do caule, cm)				
0	0,78	1,29	1,37	1,39
0,68	0,77	1,28	1,36	1,36
1,36	0,78	1,27	1,33	1,34
2,04	0,77	1,30	1,37	1,36
2,72	0,78	1,32	1,38	1,36
3,40	0,77	1,29	1,36	1,38
Linear ($p > F$)	0,92	0,46	0,75	0,82
Quadrática ($p > F$)	0,94	0,85	0,43	0,07

Nota: *significativo ao nível de 5%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

**significativo ao nível de 1%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 10. Valores de $p>F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para diâmetro do caule de plantas em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

Tratamento	$p>F$			
	45 d.a.e.	65 d.a.e.	85 d.a.e.	105 d.a.e.
Regulador (R)	0,88	0,25	0,57	0,61
2,4-D (D)	0,99	0,97	0,52	0,78
Cultivares (C)	0,01**	0,00**	0,00**	0,00**
R*D	0,99	0,92	0,86	0,54
R*C	0,78	0,74	0,49	0,90
D*C	0,99	0,82	0,80	0,96
R*D*C	0,99	0,86	0,67	0,93
CV(%)	7,20	3,19	2,51	2,60
Tukey para aplicação de regulador de crescimento (diâmetro do caule, cm)				
Sem aplicação	0,67	0,99	1,23	1,25
Com aplicação	0,67	0,99	1,23	1,25
D.M.S.	0,01	0,05	0,01	0,01
Tukey para cultivares (diâmetro do caule, cm)				
FMT 701	0,67 a	1,18 a	1,27 a	1,29 a
Fibermax 966	0,63 b	0,80 b	1,19 b	1,21 b
D.M.S	0,02	0,02	0,03	0,01
Regressão para as aplicações de subdoses de 2,4-D (diâmetro do caule, cm)				
0	0,67	0,99	1,23	1,26
0,68	0,68	0,99	1,22	1,25
1,36	0,67	0,98	1,22	1,25
2,04	0,67	0,99	1,22	1,24
2,72	0,67	0,98	1,23	1,25
3,40	0,68	0,99	1,24	1,25
Linear ($p>F$)	0,71	0,75	0,21	0,74
Quadrática($p>F$)	0,96	0,81	0,13	0,45

Nota: *significativo ao nível de 5%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

**significativo ao nível de 1%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

Fonte: Elaboração do autor.

Quanto ao número ramos reprodutivos da planta, no ano agrícola 2012/13, não foi verificado diferença significativa para subdoses do herbicida e regulador de crescimento (Tabela 11). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Bogiani e Rosolem (2009) que não constataram efeito da aplicação de regulador vegetal (cloreto de mepiquat) no número de ramos reprodutivos.

Para as cultivares constatou-se diferença do número de ramos reprodutivos, tanto nas avaliações iniciais (45 e 65 d.a.e.) quanto nas finais (85 e 105 d.a.e.). A cultivar FMT 701 apresentou maior quantidade de ramos reprodutivos na planta do que a cultivar Fibermax 966, sendo essa característica relacionada à cultivar.

Tabela 11. Valores de $p>F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para número de ramos reprodutivos da planta em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2012/13.

$p>F$				
Tratamento	45 d.a.e.	65 d.a.e.	85 d.a.e.	105 d.a.e
Regulador (R)	0,71	0,37	0,38	0,38
2,4-D (D)	0,52	0,88	0,90	0,89
Cultivar (C)	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
R*D	0,24	0,35	0,36	0,35
R*C	0,55	0,99	0,99	0,98
D*C	0,07	0,12	0,13	0,12
R*D*C	0,89	0,26	0,26	0,25
CV(%)	7,64	9,29	8,57	8,34
Tukey para aplicação de regulador de crescimento (ramos reprodutivos)				
Sem aplicação	7,46	15,01	16,26	16,71
Com aplicação	4,42	14,76	16,01	16,46
D.M.S.	0,23	0,56	0,56	0,55
Tukey para cultivares (ramos reprodutivos)				
FMT 701	7,74 a	15,62 a	17,12 a	17,62 a
Fibermax 966	7,13 b	14,15 b	15,15 b	15,55 b
D.M.S	0,23	0,56	0,56	0,55
Regressão para as aplicações de subdoses de 2,4-D (ramos reprodutivos)				
0	7,60	14,68	15,93	16,38
0,68	7,58	15,10	16,35	16,80
1,36	7,33	14,81	16,06	16,51
2,04	7,31	14,85	16,10	16,55
2,72	7,35	14,70	15,95	16,40
3,40	7,47	15,16	16,41	16,86
Linear $p>F$	0,26	0,66	0,67	0,66
Quadrática ($p>F$)	0,14	0,80	0,80	0,79

Nota: *significativo ao nível de 5%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

**significativo ao nível de 1%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

Fonte: Elaboração do autor.

No segundo ano agrícola (2013/14) (Tabela 12), observou-se também que não ocorreu influência significativa na quantidade de ramos reprodutivos no algodoeiro pela aplicação de 2,4-D e cloreto de mepiquat. Tais resultados assemelham-se ao ano agrícola anterior (2012/13), em que não foram constatados diferenças significativas para o número de ramos reprodutivos. Para Souza (2007) e Zanon (2002), o número de ramos reprodutivos diminuiu com a aplicação de regulador de crescimento.

De modo semelhante ao ano anterior (2012/13), as cultivares de algodão demonstraram-se diferença na quantidade de ramos reprodutivos nas quatro avaliações realizadas no segundo ano

agrícola (2013/14), sendo o maior número de ramos reprodutivos na cultivar FMT 701 e os menor pela cultivar Fibermax 966.

Tabela 12. Valores de $p>F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para números de ramos reprodutivos da planta em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

p>F				
Tratamento	45 d.a.e.	65 d.a.e.	85 d.a.e.	105 d.a.e.
Regulador (R)	0,88	0,37	0,45	0,40
2,4-D (D)	0,46	0,88	0,09	0,91
Cultivar (C)	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
R*D	0,98	0,36	0,55	0,37
R*C	0,49	0,97	0,68	0,99
D*C	0,91	0,11	0,29	0,13
R*D*C	0,68	0,25	0,23	0,27
CV(%)	8,48	9,27	10,26	8,35
Tukey para aplicação de regulador de crescimento (ramos reprodutivos)				
Sem aplicação	8,66	15,10	16,26	16,75
Com aplicação	8,64	14,86	16,44	16,49
D.M.S.	0,10	0,56	0,47	0,56
Tukey para cultivares (ramos reprodutivos)				
FMT 701	9,01 a	15,93 a	11,97 a	17,63 a
Fibermax 966	8,29 b	14,24 b	10,73 b	15,52 b
D.M.S	0,29	0,55	0,47	0,55
Regressão para as aplicações de subdoses de 2,4-D (ramos reprodutivos)				
0	8,56	14,69	15,06	16,51
0,68	8,58	15,11	15,01	16,38
1,36	8,41	15,00	14,80	16,86
2,04	8,64	14,89	15,67	16,55
2,72	8,87	14,73	14,79	16,51
3,40	8,84	15,12	14,57	16,40
Linear (p>F)	0,10	0,66	0,12	0,67
Quadrática(p>F)	0,41	0,80	0,09	0,81

Nota: *significativo ao nível de 5%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

**significativo ao nível de 1%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

Fonte: Elaboração do autor.

Pela análise dos resultados apresentados na Tabela 13, com os teores foliares de macronutrientes no ano agrícola 2012/13, em função da aplicação de regulador de crescimento, subdoses de 2,4-D e duas cultivares de algodão, verificou-se que os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio e enxofre (S) foliares não apresentaram diferenças significativas por efeito dos tratamentos. Esses resultados estão de acordo com Ferrari (2009) que também não encontraram diferença estatística da aplicação de regulador de crescimento (cloreto de

mepiquat), para os teores foliares de nutrientes em algodoeiro. Os teores foliares de macronutrientes obtidos nesse experimento se enquadraram nas faixas adequadas como classificados por Silva e Raij (1997).

Tabela 13. Médias dos teores foliar de macronutrientes em algodoeiro, aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2012/13.

		Macronutrientes (g kg ⁻¹)					
p>F	Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	Regulador (R)	0,30	0,99	0,13	0,72	0,33	0,09
	2,4-D (D)	0,62	0,79	0,38	0,98	0,74	0,36
	Cultivar (C)	0,34	0,56	0,52	0,42	0,11	0,12
	R*D	0,16	0,48	0,64	0,23	0,60	0,67
	R*C	0,27	0,23	0,72	0,17	0,56	0,54
	D*C	0,24	0,53	0,74	0,29	0,71	0,43
	R*D*C	0,96	0,81	0,57	0,67	0,87	0,58
	CV(%)	18,56	15,28	20,66	8,41	6,76	17,73
Tukey para aplicação de regulador de crescimento (ramos reprodutivos)							
	Sem aplicação	40,51	3,54	10,78	33,09	5,15	7,33
	Com aplicação	39,87	3,68	11,24	33,83	5,18	7,55
	D.M.S.	3,87	1,27	1,49	1,05	0,87	0,79
Tukey para cultivares (ramos reprodutivos)							
	FMT 701	40,25	3,86	10,51	33,97	6,72	5,48
	Fibermex 966	39,78	3,53	9,99	33,73	6,62	5,08
	D.M.S	1,87	1,10	1,06	0,98	0,58	1,01
Regressão para as aplicações de subdoses de 2,4-D (ramos reprodutivos)							
	0	40,25	3,68	9,99	33,83	6,85	6,83
	0,68	39,87	3,93	9,32	33,87	6,72	6,05
	1,36	39,87	3,53	9,55	32,92	6,75	5,48
	2,04	41,51	4,24	10,79	33,01	6,63	6,62
	2,72	40,79	3,96	11,70	32,75	6,91	5,51
	3,40	40,46	3,88	11,63	33,10	6,65	5,23
	Linear (p>F)	0,65	0,17	0,16	0,10	0,35	0,78
	Quadrática(p>F)	0,98	0,13	0,91	0,31	0,54	0,74

Nota: *significativo ao nível de 5%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

**significativo ao nível de 1%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

Fonte: Elaboração do autor.

Para os teores foliares de macronutrientes no algodoeiro, no segundo ano agrícola (2013/14) (Tabela 14), notou-se que a aplicação de regulador de crescimento, subdoses de 2,4-D e as cultivares de algodão não influenciaram os teores N, P, K, Ca, Mg e S. Tais resultados assemelham-se aos obtidos no primeiro ano agrícola de estudo (2012/13), em que não ocorreu diferença para os teores de macronutrientes. Todos os teores foliares obtidos se enquadraram nas faixas adequadas recomendadas por Silva e Raij (1997).

Tabela 14. Médias dos teores foliares de macronutrientes em algodoeiro, aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

		Macronutrientes (g kg ⁻¹)					
p>F	Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	Regulador (R)	0,86	0,56	0,19	0,09	0,75	0,09
	2,4-D (D)	0,09	0,17	0,59	0,34	0,33	0,47
	Cultivar (C)	0,24	0,29	0,62	0,81	0,39	0,73
	R*D	0,71	0,63	0,53	0,89	0,71	0,71
	R*C	0,23	0,37	0,47	0,71	0,63	0,56
	D*C	0,52	0,31	0,41	0,49	0,57	0,27
	R*D*C	0,79	0,87	0,29	0,67	0,47	0,37
	CV(%)	12,67	5,71	15,02	19,12	6,78	10,13
Tukey para aplicação de regulador de crescimento (ramos reprodutivos)							
Sem aplicação		41,02	3,52	14,06	24,67	5,11	6,45
Com aplicação		41,19	3,49	14,29	23,91	5,02	6,05
D.M.S.		1,05	0,97	1,57	0,56	0,33	1,04
Tukey para cultivares (ramos reprodutivos)							
FMT 701		41,87	3,58	13,82	24,61	5,14	6,35
Fibermex 966		40,57	3,62	13,39	23,87	5,18	6,58
D.M.S		2,13	0,29	1,02	2,12	0,23	0,78
Regressão para as aplicações de subdoses de 2,4-D (ramos reprodutivos)							
0		40,23	3,55	13,33	23,79	4,98	6,51
0,68		41,02	3,59	14,69	25,15	5,01	6,83
1,36		39,07	3,53	12,86	26,43	5,00	5,43
2,04		43,31	3,49	14,01	24,56	5,19	6,54
2,72		43,12	3,58	13,84	25,19	5,08	6,05
3,40		41,15	3,41	15,29	24,51	5,00	6,08
Linear (p>F)		0,11	0,30	0,35	0,29	0,48	0,75
Quadrática(p>F)		0,09	0,41	0,46	0,91	0,68	0,74

Nota: *significativo ao nível de 5%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

**significativo ao nível de 1%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

Fonte: Elaboração do autor.

A quantidade de estruturas reprodutivas obtidas nas quatro avaliações e a produtividade de algodão em caroço no primeiro ano agrícola (2012/13) tiveram diferença significativa entre as cultivares (Tabela 15). A cultivar Fibermex 966, em comparação com os resultados da FMT 701, apresentou menor quantidade de estruturas reprodutivas e menor produtividade de algodão em caroço.

De acordo com os resultados obtidos para o número de estruturas reprodutivas, verificou-se a ocorrência de interação significativa entre subdoses de 2,4-D e as cultivares de algodoeiro para as avaliações realizadas aos 85 e 105 d.a.e., sendo que ocorreu o mesmo para produtividade de algodão em caroço (Tabela 15).

Tabela 15. Valores de $p > F$, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para estruturas reprodutivas e produtividade em caroço em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2012/13.

P>F	Estruturas reprodutivas				Produtividade
Tratamento	45 d.a.e.	65 d.a.e.	85 d.a.e.	105 d.a.e.	(kg ha ⁻¹)
Regulador (R)	0,95	0,94	0,12	0,13	0,28
2,4-D (D)	0,49	0,48	0,00**	0,00**	0,01**
Cultivares (C)	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
R*D	0,96	0,96	0,07	0,08	0,93
R*C	0,10	0,13	0,38	0,39	0,58
D*C	0,24	0,26	0,00**	0,00**	0,01**
R*D*C	0,19	0,17	0,12	0,13	0,61
CV(%)	5,39	4,95	9,98	9,76	18,53
Tukey para aplicação de regulador de crescimento					
Sem aplicação	12,63	13,75	15,42	15,77	1584,49
Com aplicação	12,62	13,74	15,92	16,27	1649,72
D.M.S.	0,27	0,28	0,63	0,64	121,99
Tukey para cultivares					
FMT 701	14,88 a	15,02 a	16,29	16,49	1753,05
Fibermax 966	10,36 b	12,47 b	15,04	15,55	1481,15
D.M.S	0,27	0,28	0,63	0,64	121,99
Regressão para as aplicações de subdoses de 2,4-D					
0	12,87	14,00	14,59	14,94	1354,16
0,68	12,79	13,91	15,40	15,75	1709,72
1,36	12,50	13,62	15,24	15,59	1787,63
2,04	12,54	13,66	15,74	16,09	1609,58
2,72	12,54	13,66	16,36	16,71	1708,74
3,40	12,52	13,64	16,67	17,02	1532,77
Linear ($p > F$)	0,09	0,09	0,00	0,00	0,26
Quadrática ($p > F$)	0,34	0,34	0,85	0,86	0,00

Nota: *significativo ao nível de 5%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

**significativo ao nível de 1%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

Fonte: Elaboração do autor.

O desdobramento da interação significativa da análise de variância referente ao número de estruturas reprodutivas nas avaliações realizadas aos 85 e 105 d.a.e encontram-se nas Tabelas 16 e 17, respectivamente. Pode-se notar um comportamento semelhante nestas duas avaliações.

Tabela 16. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e cultivares de algodoeiro para o número de estruturas reprodutivas aos 85 d.a.e. Selvíria-MS, ano agrícola 2012/2013.

(C)	Subdose (g e.a ha ⁻¹)						D.M.S.
	0	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	
701 ⁽¹⁾	14,20	15,70	15,37	15,38	17,83 a	18,29 a	1,57
966	14,98	15,11	15,11	15,17	15,06 b	15,90 b	

Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5 % de probabilidade

Fonte: Elaboração do autor.

$$^{(1)} Y = 1,17x + 14,31 \quad R^2 = 92,40 \quad (4)$$

Tabela 17. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e cultivares de algodoeiro para o número de estrutura reprodutivas aos 105 d.a.e. Selvíria-MS, ano agrícola 2012/2013.

(C)	Subdose (g e.a ha ⁻¹)						D.M.S.
	0	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	
701 ⁽¹⁾	14,40	15,90	15,57	16,53	18,03 a	18,49 a	1,56
966	15,48	15,61	15,61	15,65	15,40 b	15,56 b	

Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5 % de probabilidade

Fonte: Elaboração do autor.

$$^{(1)} Y = 1,16x + 14,50 \quad R^2 = 82,44\% \quad (5)$$

Comparando-se as cultivares dentro da subdose de 2,4-D, nas duas avaliações, observou-se que a FMT 701 e a Fibermax 966 não apresentaram diferença na quantidade de estruturas reprodutivas, nas subdoses até 2,04 g e.a. ha⁻¹ do herbicida. Contudo, os tratamentos que receberam aplicação das subdoses de 2,72 e 3,40 g e.a. ha⁻¹, apresentaram diferença significativa, onde a cultivar FMT 701 proporcionou maior número de estruturas reprodutivas diante da cultivar Fibermax 966.

No que se refere as subdoses de 2,4-D dentro das cultivares, verificou-se que para a FMT 701 houve ajuste de uma equação linear crescente, desta forma, observou-se que conforme aumenta-se as doses do herbicida, a quantidade de estruturas reprodutivas também aumenta. Portanto, a aplicação de subdoses de uma auxina sintética, como o 2,4-D, causou uma alteração no desenvolvimento reprodutivo do algodoeiro, promovendo maior quantidade de estruturas reprodutivas. Isso mostra que o herbicida 2,4-D em baixas concentrações estimula a síntese de RNA, DNA e proteínas que por sua vez influencia no desenvolvimento de gemas florais (TAIZ; ZAIGER, 2004).

Os resultados desse trabalho estão de acordo com os de Furlani Junior et al. (2011) que verificaram aumento do número estruturas reprodutivas da cultivar FMT 701 com o aumento das subdoses de 2,4-D, observando-se uma diferença de cerca de 21% quando se compara a subdose 2,72 g e.a. ha⁻¹ em relação ao controle.

Quanto ao desdobramento das cultivares dentro da subdose de 2,4-D para a produtividade de algodão em caroço (Tabela 18), verificou-se que a FMT 701 proporcionou maior produtividade de algodão em caroço em relação a Fibermax 966, nas subdoses 2,40 e 2,72 g e.a ha⁻¹ do herbicida.

Com relação ao desdobramento das subdoses de 2,4-D dentro das cultivares, observou-se que a produtividade da cultivar FMT 701 ajustou-se a uma equação quadrática ao aumento das subdoses do produto, alcançando um ponto de máxima na dose do herbicida de 1,90 g e.a ha⁻¹, o que equivale a uma produtividade de algodão em caroço de 1964,12 kg ha⁻¹.

Assim, pode-se afirmar que a aplicação das subdoses de 2,4-D incrementou a produtividade de algodão em caroço da cultivar FMT 701 até a subdose de 1,9 g e.a ha⁻¹. Subdoses superiores a 1,9 g e.a ha⁻¹, houve diminuição na produtividade de algodão em caroço, constatando-se portanto, efeito herbicida no algodoeiro. No entanto, Constantin et al. (2007) ao avaliarem o efeito de subdoses de 2,4-D em deriva simulada em algodoeiro, verificaram redução significativa na produtividade de algodão a partir da dose de 6,72 g e.a. ha⁻¹, assim como encarquilhamento das folhas mais novas.

Tabela 18. Desdobramento da interação entre subdose de 2,4-D e cultivares de algodoeiro para a produtividades de algodão em caroço kg ha⁻¹. Selvíria-MS, ano agrícola 2012/2013.

(C)	Subdose (g e.a ha ⁻¹)						D.M.S.
	0	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	
701 ⁽¹⁾	1448,33	1668,61	1933,88	1951,38 a	1923,05 a	1593,05	298,82
966	1259,99	1750,83	1641,39	1267,77 b	1494,44 b	1472,50	

Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5 % de probabilidade

Fonte: Elaboração do autor.

$$^{(1)} Y = -151,60x^2 + 578,68x + 1411,91 \quad R^2 = 85,27\% \quad (6)$$

Analisando os resultados da Tabela 19 em que estão apresentadas a quantidade de estruturas reprodutivas e produtividade do algodoeiro em caroço, no ano agrícola 2013/14, verificou-se que as subdoses de 2,4-D influenciaram significativamente no número de estruturas reprodutivas nas avaliações realizadas aos 65, 85 e 105 d.a.e. e também na produtividade do algodão em caroço.

Tabela 19. Valores de p>F, Regressão polinomial e teste de comparação de médias para estruturas reprodutivas e produtividade em caroço em função de regulador de crescimento (R), subdoses de 2,4-D (D) e cultivares (C) de algodoeiro FMT 701 e Fibermax 966, Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

P>F	Estrutura reprodutiva				Produtividade
Tratamento	45 d.a.e.	65 d.a.e. ⁽¹⁾	85 d.a.e. ⁽²⁾	105 d.a.e. ⁽³⁾	(kg ha ⁻¹) ⁽⁴⁾
Regulador (R)	0,08	0,24	0,39	0,40	0,98
2,4-D (D)	0,33	0,01**	0,00**	0,00**	0,01**
Cultivar (C)	0,00**	0,00**	0,05*	0,00**	0,00**
R*D	0,99	0,66	0,10	0,47	0,92
R*C	0,97	0,76	0,46	0,23	0,55
D*C	0,14	0,95	0,28	0,72	0,60
R*D*C	0,76	0,99	0,52	0,61	0,90
CV(%)	10,99	14,04	13,44	7,36	13,85
Tukey para aplicação de regulador de crescimento					
Sem aplicação	9,74	9,37	12,56	17,72	1889,30
Com aplicação	10,15	9,69	12,27	17,50	1890,23
D.M.S.	0,44	0,54	0,67	0,52	106,54
Tukey para cultivares					
FMT 701	12,68 a	10,85 a	12,17	18,17 a	2100,83 a
Fibermax 966	7,21 b	8,21 b	12,65	17,06 b	1678,70 b
D.M.S.	0,44	0,54	0,67	0,52	106,54
Regressão para as aplicações de subdoses de 2,4-D					
0	9,54	9,68	10,43	15,97	1689,58
0,68	9,62	10,14	12,12	16,73	1987,91
1,36	10,86	10,21	12,04	17,43	1966,38
2,04	10,19	10,08	13,12	18,62	1972,50
2,72	10,23	8,54	14,57	19,35	1972,08
3,40	10,01	9,95	12,19	17,58	1750,14
Linear (p>F)	0,07	0,01*	0,00*	0,00*	0,63
Quadrática(p>F)	0,99	0,52	0,00*	0,00*	0,01*
Equação Linear: ⁽¹⁾ Y = - 0,39x + 10,21 (R ² = 60,13%)					
Equação Quadrática: ⁽²⁾ Y = - 0,55x ² + 2,59x + 10,33 (R ² = 70,80%)					
Equação Quadrática: ⁽³⁾ Y = - 0,48x ² + 2,36x + 15,65 (R ² = 65,10%)					
Equação Quadrática: ⁽⁴⁾ Y = - 97,20x ² + 341,46x + 1721,27 (R ² = 66,13%)					

Nota: *significativo ao nível de 5%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

**significativo ao nível de 1%, letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey

Fonte: Elaboração do autor.

Observou-se que na avaliação realizada aos 65 d.a.e. ocorreu ajuste linear crescente para a quantidade de estruturas reprodutivas em função da aplicação de 2,4-D, isto é, o aumento no número de estruturas reprodutivas foi proporcionado pelo aumento das subdose de 2,4-D. Portanto, a aplicação de subdoses de 2,4-D (auxina sintética), causou uma alteração no desenvolvimento reprodutivo da planta de algodão, promovendo maior número de estruturas reprodutivas.

Na avaliação realizada aos 85 d.a.e., verificou-se que o número estruturas reprodutivas teve ajuste quadrático para as subdoses de 2,4-D, com máxima eficiência do herbicida obtida na subdose de 2,35 g e.a. ha⁻¹, o que equivale a aproximadamente 14 estruturas reprodutivas por planta. Na avaliação realizada aos 105 d.a.e., o número de estruturas reprodutivas ajustou-se a uma equação quadrática ao aumento da subdoses de 2,4-D, alcançando um ponto de máxima subdose do produto com 2,45 g e.a. ha⁻¹, que corresponde a aproximadamente 19 estruturas reprodutivas. Nessas duas avaliações pode-se inferir, a provável ocorrência do efeito hormese, ou seja, quando o herbicida utilizado em subdoses estimula o desenvolvimento da planta (SILVA et al., 2012),

A produtividade de algodão em caroço apresentou diferença, com ajuste de um equação quadrática ao aumento das subdoses do herbicida, atingindo um ponto de máxima na dose de 1,75 g e.a. ha⁻¹, o que equivale a uma produtividade de algodão em caroço de 2021,15 kg ha⁻¹. Esses resultados estão de acordo com Furlani Junior et al. (2011) que obtiveram incremento de produtividade de algodão em caroço da cultivar FMT 701 com a aplicação da subdose de 2,72 g e.a. ha⁻¹ do herbicida 2,4-D.

Para a cultivares, notou-se diferença significativa para todas as avaliações da quantidade de estruturas reprodutivas e a produtividades de algodão em caroço. A cultivar FMT 701, em comparação com a Fibermax 966, teve maior número de estruturas reprodutivas e maior produtividade de algodão em caroço.

5 CONCLUSÕES

A utilização do regulador de crescimento (cloreto de mepiquat) na dose 200 mL ha^{-1} foi eficiente no controle do crescimento da altura das plantas nos dois anos de estudo.

Para a cultivar de porte baixo, Fibermax 966, a aplicação das subdoses crescentes de 2,4-D proporciona um incremento na altura de planta.

Com o aumento das subdoses de 2,4-D, ocorre um incremento no número de estruturas reprodutivas para o cultivar FMT 701.

A aplicação de subdoses de 2,4-D na faixa de 1,75 a $1,90 \text{ g e. a. ha}^{-1}$ proporciona um aumento de produtividade de algodão em caroço para a cultivar FMT 701, enquanto que para a cultivar Fibermax 966 a subdose deve ser de $1,75 \text{ g e. a. ha}^{-1}$.

A cultivar FMT 701 apresenta maior altura de planta, diâmetro do caule, quantidade de ramos reprodutivos, capulhos por planta e produtividade de algodão em caroço comparado com a cultivar Fibermax 966, em condições de Cerrado de baixa altitude.

REFERÊNCIAS

AMARANTE JUNIOR, O. P.; SANTOS, T. C. R.; NUNES, G. S.; RIBEIRO, M. L. Breve revisão de métodos de determinação de resíduos do herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D). **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 223-229, 2003.

ALLEN, H. P.; BRIAN, R. C.; DOWNES, J. E.; MEES, G. C.; SPRINGENTT, R. H. Selective herbicides. In: PEACOCK, F.C. (Ed). **Fifty years of agricultural research: (1928-1978)**. Birmingham: The Kynoch, 1978. p. 35-41.

AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M.; NÓBREGA, L. B.; LEÃO, A. B.; CARDOSO, G. D.; VIEIRA, D. J. Reguladores de crescimento, desfolhantes e dessecantes. In: BELTRÃO, N. E.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 2, p. 130-180.

AZEVEDO, D. M. P. de.; BEZERRA, J. R. C.; SANTOS, J. W.; DIAS, J. M.; BRANDÃO, Z. N. Efeito do parcelamento do cloreto de mepiquat em algodoeiro irrigado no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 823-830, 2004.

BAYER CROPSCIENCE. **Sementes FiberMax: FMX 966**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.certificacaofibermax.com.br>>. Acesso em: 12 out. 2013.

BELTRÃO, N. E. de M. Hormônios e reguladores de crescimento e do desenvolvimento. In: SEMINÁRIO ESTADUAL COM A CULTURA DO ALGODÃO EM MATO GROSSO, 3., 1996, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Empaer-MT, 1996. p. 94-101. (Documentos, 21).

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J.; NÓBREGA L. B. da. **Recomendações técnicas e considerações gerais sobre o uso de herbicidas, desfolhantes e reguladores de crescimento na cultura do algodão**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. 32 p. (Documentos, 48).

BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J. G.; GUERRA, J. S.; TAKIZAWA, E. Manejo cultural do algodoeiro herbáceo na região do cerrado. In: BELOT, J. L.; VILELA, P. A. **Mato Grosso: liderança e competitividade**. Campina Grande: EMBRAPA - CNPA, 1999. p. 82. (Boletim, 3).

BOGIANI, J. C.; ROSOLEM, C. A. Sensibilidade de cultivares de algodoeiro ao cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 10, p. 1246-1253, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT)**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 19 fev. 2015.

CANECHIO FILHO, V.; PASSOS, S. M. G.; JOSÉ, A. Algodão. In: _____. **Principais culturas**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1972. p. 01-97.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L.A. Hormesis as a biological hypothesis. **Environmental Health Perspect**, Research Triangle Park, v. 106, p. 357-362, 1998.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L.A. Chemical hormesis: its historical foundation as a biological hypothesis. **Human Experimental Toxicology**, Hampshire, v.19, p. 2-31, 2000.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L.A. Defining hormesis. **Human Experimental Toxicology**, Hampshire, v. 21, p. 91-97, 2002.

CALABRESE, E. J. Paradigm lost, paradigm found: The reemergence of hormesis as a fundamental dose response model in the toxicological sciences. **Environment and Pollution**, Toronto, v. 138, p. 378-411, 2005.

CARBONARI, C.; MESCHEDÉ, D. K.; VELINI, E. D. Efeito da aplicação de glyphosate no crescimento inicial de mudas de eucalipto submetidas a dois níveis de adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2007. p. 68-70.

CARVALHO, L. H.; Contribuição do melhoramento ao cultivo do algodão no Brasil. In BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v. 1, p. 251-269.

CASTRO, P. R. C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba: Esalq, 2006. 46 p. (Produtor Rural, n. 32).

CEDERGREEN, N.; STREIBIG, J. C.; KUDSK, P.; MATHIASSEN, S. K.; DUKE, S. O. The occurrence of hormesis in plants and algae. **Dose-response**, Thousand Oaks, v. 5, p. 150-162, 2007.

CIA, E.; CARVALHO, L. H.; KONDO, J. I.; FUZATTO, M. G.; BORTOLETTO, N.; GALLO, P. B.; CRUZ, L. S. P.; SABINO, N. P.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; MARTINS, A. L. M.; SILVEIRA, J. C. O. Efeito de clorocolina e cloreto de mepiquat na cultura do algodoeiro. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v.5, n.1, p. 15-18, 1982.

COELHO, A. E. **A cultura do algodão e a questões da integração entre preços internos e externos**. 2002. 136 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, oitavo levantamento. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 03 de maio 2014.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S; FAGLIARI, J. R.; PAGLIARI, P. H.; ARANTES, J. G. Z.; CAVALIERI, S. D.; FRAMESQUI, V. P.; GONÇALVES, D. A. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade do algodão e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 24-29, 2007.

COTHREN, J. T.; OOSTERHUIS, D.M. **Use of growth regulators in cotton production**. In: STEWART, J. McD.; OOSTERHUIS, D. M.; HEITHOLT, J. J.; MAUNEY, J. R. (Ed.). **Physiology of cotton**. Heidelberg: Springer, 2010. p. 289-303.

DUKE, S. O.; CEDERGREEN, N.; VELINI, E. D.; BELZ, R. Hormesis: is it an important factor in herbicide use and allelopathy. New York: **Outlooks on Pest Management**, Burnham, v. 17, n. 1, p. 29-33, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cultura do algodão no Cerrado**. Campina Grande, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/index.htm>. Acesso em: 22 jan. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Brasília, 2006. 306 p.

ESTABROOKS, T.; BROWNE, R.; DONG, Z. 2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid promotes somatic embryogenesis in the rose cultivar 'Livin' Easy' (*Rosa* sp.). **Plant Cell Reports**, Heidelberg, v. 26, p.153–160, 2007.

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

FERRARI, S. **Plantas de cobertura e doses de nitrogênio em pré-semeadura em algodoeiro. Ilha Solteira**. 2009. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.

FUNDAÇÃO MT. **Cultivares convencionais: FMT 701**. Cuiabá, 2012. Disponível em: <http://www.fundacaomt.com.br/algodao/cult.php?t=1&tipo=fmt701>. Acesso em: 12 out. 2013.

FURLANI JUNIOR, E.; ROSA, C. E.; FERRARI, S.; FERRARI, J. V.; SANTOS, D. M. A.; LUQUES, A. P. P. G.; VIEIRA, H. S. S. Efeito de subdoses de 2,4-D sobre componentes da produção do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8., 2011, São Paulo. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2011. p. 599-604.

GODOY, M. C. **Efeitos do glyphosate sobre o crescimento e absorção de fósforo pela soja**. 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias, Botucatu, 2007.

GOMES, P.F. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. rev. ampl. Piracicaba: Nobel. 2000. 460p.

HARIHARAN, M.; UNNIKRISHNAN, K. 2,4-D treatment of seed of *Trigonella foenum-graecum* can enhance fruit and seed development in plants raised from them. **Seed Science Technology**, Bassersdorf, v. 11, p. 307-315, 1983.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: Unesp, 1995. 45 p. (Irrigação, 1).

HODGES, H. F.; REDDY, V. R.; REDDY, K. R. Mepiquat chloride and temperature effects on photosynthesis and respiration of fruiting cotton. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1302-1308, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**: boletim anual de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 25 fev. 2015.

JSMONE. **Summary of product**. [S. l.: s. n.], 2004. Disponível em: <<http://www.jsmonline.com/english/mepiquat.htm>>. Acesso em: 18 set. 2014.

LAMAS, F. M.; ATHAYDE, M. L. F.; FORTUNA, P. A.; BANZATTO, D. A. Aplicações de cloreto de mepiquat no algodoeiro CNPA-ITA 90: 1- efeitos sobre a biomassa. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 8., 1995, Londrina. **Resumos...** Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1995. p. 62.

LAMAS, F. M.; ATHAYDE, M. L. F.; BANZATTO, D. A.; FORTUNA, P. A. Cloreto de mepiquat, thidiazuron e ethephon aplicados no algodoeiro em Ponta Porã, MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 10, p. 1871-1880, 1999.

LAMAS, F. M.; ATHAYDE, M. L. F.; BANZATTO, D. A. Reações do algodoeiro CNPA-ITA 90 ao cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 5, p. 507-516, 2000.

LAMAS, F. M. Estudo comparativo entre cloreto de mepiquat e cloreto de chlormequat aplicados no algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, p. 265-272, 2001.

MACHADO, R. F. et al. Reflexos do mecanismo de ação de herbicidas na qualidade fisiológica de sementes e na atividade enzimática em plântulas de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 28, n. 3, p. 151-160, 2006.

MADHUMITA, J.; SUJATHA, K.; SULEKHA, H. Effect of TDZ and 2,4-D on peanut somatic embryogenesis and in vitro bud development. **Plant Cell, Tissue Organ Culture**, Dordrecht, v. 94, p. 85-90, 2008.

MAHALAKSHMI, A.; KHURANA, J. P.; KHURANA, P. Rapid induction of somatic embryogenesis by 2,4-D in leaf base cultures of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Biotechnology**, Sheffield, v. 20, p. 267-273, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

- MARQUES, F. Investimentos no setor fez com que o país se tornasse segundo maior exportador mundial de algodão. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Alta Paulista, v. 9, n. 1, p. 105-111, 2013. Disponível em: <http://www.algodao.agr.br/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=1624&Itemid=96>. Acesso em: 20 out. 2014.
- MARUR, C. A.; RUANO, O. A. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 313-317, 2001.
- MAXWELL, P. A., HIJUN YI, J. Z.; MURCH, S. J.; SAXENA, P. K. Thidiazuron-induced regeneration of *Echinacea purpurea* L.: micropropagation in solid and liquid culture systems. **Plant Cell Reports**, Heidelberg, v. 26, p. 13-19, 2007.
- MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; FILHO, J. L. S.; FREIRE, E.C. **Cultivares do algodoeiro para o cerrado**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. (Circular Técnico, 93).
- PARSONS, P. A. Radiation hormesis: an evolutionary expectation and the Evidence. **Applied Radiation Isotopes**, Kidlington, v. 41, n. 9, p. 857-860, 1990.
- PAZZETI, G.; LIMA, J. F. Bases celulares e fisiológicas do algodoeiro herbáceo para uso e manejo de reguladores, desfolhantes e maturadores no sistema adensado. In: BELOT, J-L.; VILELA, P. A. (Org.). **O sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso**: embasamento e primeiros resultados. Cuiabá: Instituto Mato-Grossense do Algodão, 2010. p. 141-165.
- PENNA, J. C. V.; MESQUITA, D.; FREIRE, E. C.; BELOT, J. L.; LANDIR, J.; LANZA, M. A.; FUZZATO, M; AGUIAR, P. A.; CANCI, P. C. Mesa redonda: sugestão de cultivares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., 2001, Campo Grande. **Livro de palestras...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p. 140-145.
- PEREIRA, A. I. A.; COELHO, R. R.; RAMALHO, F. S., ZANUNCIO, J. C. Efeito hormético de doses subletais de Gamma Cyhalothrin na reprodução de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), predador do curuquerê-do-algodoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, p. 1-6, 2005.
- PESTICIDE PROPERTIES DATA BASE (PPDB). **Agriculture and Environment Research United (AERU)**. Hertfordshire: University of Hertfordshire, 2013. Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2015.
- REBELO, R. M.; VASCONCELOS, R. A.; BUYS, B. D. M. C.; REZENDE, J. A.; MORAES, K. O. C.; OLIVEIRA, R. P. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil**: uma abordagem ambiental. Brasília, DF: IBAMA, 2010. 84 p.
- RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.
- RADEMACHER, W. Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, p. 501-531, 2000.

REDDY, V. R.; TRENT, A.; ACOCK, B. Mepiquat chloride and irrigation versus cotton growth and development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 930-933, 1992.

RODRIGUES, M. V. N.; SERRA, G. E. Determinação de resíduos de 2,4D em amostras vegetais. **Pesticidas**, Curitiba, v. 6, p.99-104, 1996.

ROSA, C. E.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, S.; LUQUES, A. P. G.; FERRARI, J. V.; SANTOS, D. M. A.; QUEIROZ, A. C. P.; MELLO, T. F. Aplicação subdoses de 2,4-D e características vegetativas e produtivas do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8., São Paulo. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2011, p. 618-624.

ROSOLEM, C. A.; OOSTERHUIS, D. M.; SOUZA, F. S. de. Cotton response to mepiquat chloride and temperature. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 2, p. 82-87, 2013.

SILVA, N. M. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do Algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. p. 57-92.

SILVA, R. A.; MATSUMOTO, S. N.; BARBOSA, G. M.; COSTA, R. Q.; OLIVEIRA, M. N. Aplicação de subsodes de glyphosate na fase de estabelecimento da cultura da soja e do milho. **Enciclopédia Biosfera**, Goiania, v. 8, n. 15, p. 140-149, 2012.

SAGAN, L. A.; LEONARD, A., Radiation hormesis: evidence for radiation stimulation and speculation regarding mechanisms. **Radiation Physics Chemistry**, Kidlington, v. 37, n. 2, p. 313 – 317, 1991.

SILVA, N. M.; RAIJ, B. van. Fibrasas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p. 107-111. (Boletim Técnico, 100).

SOUZA, F. S. **Ação de reguladores de crescimento no algodoeiro em função da ocorrência de chuvas, temperatura e adjuvante**. 2007. 104 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução Eliane Romanato Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VELINI, E. D.; ALVES, E.; GODOY, M. C.; MESCHÉDE, D. K.; SOUZA, R. T.; DUKE, S. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, Chichester, v. 64, p. 489-489, 2008.

VIEIRA, E. M.; PRADO, A. G. S. Estudo da adsorção/dessorção do ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4D) em solo na ausência e presença de matéria orgânica. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 305-308, 1999.

VIEIRA, E. L., CASTRO, P. R. C. **Ação de estimulante no desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. Piracicaba: USP. Departamento de Ciências Biológicas, 2002. 3 p.

ZANON, G. D. **Manejo de cultivares de algodoeiro em densidade populacional variável com o uso de regulador de crescimento**. 2002. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

WAGNER, R.; KOGAN, A. M. Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays* L.). **Weed Biology Management**, Richmond, v. 3, p. 228-232, 2003.

WANG, L.; MU, C.; DU, C.; MINGWEI, D.; CHEN, Y.; TIAN, X.; ZHANG, M.; LI, Z. The effect of mepiquat chloride on elongation of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) internode is associated with low concentration of gibberellic acid. **Plant Science**, Shannon, v. 225, p. 15-23, 2014.