

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LUCAS MEROLA DE SOUSA SOARES

DESENVOLVIMENTO DA ABÓBORA MANTEIGA (*Cucurbita moschata* Duchesne) EM  
RESPOSTA A DOSES CRESCENTES DE ETHREL®720.

Monte Carmelo  
2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LUCAS MEROLA DE SOUSA SOARES

DESENVOLVIMENTO DA ABÓBORA MANTEIGA EM RESPOSTA A DOSES  
CRESCENTES DE ETHREL®720.

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de  
Agronomia da Universidade Federal de  
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como  
requisito necessário para a obtenção do grau de  
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Edson Simão

Monte Carmelo  
2026

LUCAS MEROLA DE SOUSA SOARES

DESENVOLVIMENTO DA ABÓBORA MANTEIGA (*Cucurbita moschata Duchesne*) EM  
RESPOSTA A DOSES CRESCENTES DE ETHREL®720.

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de  
Agronomia da Universidade Federal de  
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como  
requisito necessário para a obtenção do grau de  
Engenheiro Agrônomo.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Edson Simão

---

Prof. Dr. Jair Rocha do Prado  
Membro da Banca

---

Profª. Dra. Juliana Aparecida Povh  
Membro da Banca

Monte Carmelo  
2026

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1- INTRODUÇÃO</b> .....              | 1  |
| <b>2- OBJETIVOS</b> .....               | 2  |
| <b>3-REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....      | 3  |
| <b>4- MATERIAL E MÉTODOS</b> .....      | 7  |
| 4.1. <b>ÁREA EXPERIMENTAL</b> .....     | 7  |
| <b>5- RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 10 |
| <b>6- CONCLUSÃO</b> .....               | 18 |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> ..... | 19 |

## RESUMO

A abóbora manteiga destaca-se entre as cucurbitáceas cultivadas no Brasil devido à ampla adaptação edafoclimática, elevado valor nutricional e importância socioeconômica. A cultura apresenta limitações fisiológicas relacionadas à expressão sexual, caracterizada pela predominância de flores masculinas, especialmente em condições de clima quente, o que compromete a frutificação e produtividade. Assim, a diferenciação floral e emissão de flores femininas em cucurbitáceas torna-se um desafio. Nesta linha, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de Ethrel 720® sobre o crescimento vegetativo, a expressão floral e características produtivas da abóbora manteiga. O experimento foi conduzido com aplicação de doses crescentes do regulador: 0, 150, 300, 450, 600 e 750ml/ha em duas aplicações sequenciais estabelecidas aos 30 e 45 dias após plantio das mudas no campo com rega por gotejamento a cada 2 dias com volume suficiente para o encontro do bulbo úmido. As plantas foram monitoradas com relação ao desenvolvimento de ramos e unidades produtivas. Os resultados evidenciaram respostas não lineares às doses de ethephon, com doses intermediárias promovendo maior equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo, enquanto doses elevadas ocasionaram efeitos fisiológicos limitantes. Conclui-se que o uso racional do ethephon pode ser uma estratégia eficiente para o manejo da expressão sexual da abóbora manteiga contribuindo tanto para crescimento vegetativo em doses baixas como para ampliação de flores potencialmente produtivas (Tratamento 450 mL/ha) e por consequência ampliação do número de frutos por planta (Tratamento 450 mL/ha) e com qualidade superior (15 %Brix do tratamento entre 450 mL/ha).

Palavras-Chave: Cucurbitaceae; regulador vegetal; etileno; expressão sexual.

## ABSTRACT

Butternut squash stands out among cucurbits cultivated in Brazil due to its wide edaphoclimatic adaptation, high nutritional value, and socioeconomic importance. However, the crop presents physiological limitations related to sexual expression, characterized by the predominance of male flowers, especially under hot climate conditions, which compromises fruit set and productivity. Therefore, floral differentiation and the induction of female flowers in cucurbits remain a major challenge. In this context, the present study aimed to evaluate the effects of different doses of Ethrel 720® on vegetative growth, floral expression, and productive characteristics of butternut squash. The experiment was conducted using increasing doses of the growth regulator (0, 150, 300, 450, 600, and 750 mL ha<sup>-1</sup>), applied in two sequential applications at 30 and 45 days after transplanting the seedlings to the field. Irrigation was performed by drip irrigation every two days, supplying sufficient water to ensure the formation of a wetted soil bulb. Plants were monitored for vegetative development, branching, and productive units. The results showed non-linear responses to ethephon doses, with intermediate doses promoting a better balance between vegetative and reproductive growth, whereas higher doses resulted in limiting physiological effects. It is concluded that the rational use of ethephon can be an efficient strategy for managing sexual expression in butternut squash, contributing both to vegetative growth at lower doses and to an increase in potentially productive flowers (450 mL ha<sup>-1</sup> treatment), consequently increasing the number of fruits per plant (450 mL ha<sup>-1</sup> treatment) and improving fruit quality, as indicated by higher soluble solids content (15% Brix) in treatments between 450 mL ha<sup>-1</sup>.

Keywords: Cucurbitaceae; plant growth regulator; ethylene; sexual expression.

## 1- INTRODUÇÃO

A abóbora manteiga (*Cucurbita moschata Duchesne*) pertencente à família botânica Cucurbitaceae, destaca-se entre as hortaliças cultivadas no Brasil devido à sua ampla adaptação edafoclimática, elevado valor nutricional e relevância socioeconômica, especialmente em sistemas de produção familiares e comerciais (NASCIMENTO, 2007). Apesar de seu potencial produtivo, a cultura apresenta limitações fisiológicas relacionadas à diferenciação floral. A planta é monoica, produzindo flores masculinas (estaminadas) e flores femininas (pistiladas) na mesma planta. A proporção entre esses tipos florais exerce influência direta sobre o rendimento final da cultura, visto que apenas flores pistiladas originam frutos comerciais (LI et al., 2019).

A expressão sexual em cucurbitáceas resulta da interação entre fatores genéticos, ambientais e hormonais (MARTÍNEZ et al., 2021). Em regiões de clima tropical, como o Cerrado brasileiro, condições como temperaturas elevadas, alta intensidade luminosa e variações de disponibilidade hídrica tendem a favorecer a emissão de flores masculinas, promovendo um desbalanço na razão sexual e reduzindo a proporção de flores femininas potencialmente capazes de originar frutos. Esse comportamento tem sido amplamente relatado para espécies da família Cucurbitaceae e representa um dos principais entraves à obtenção de altos rendimentos em campo (SILVA et al., 2020, LI et al., 2019).

Além dos fatores ambientais, os estímulos hormonais exercem papel central na diferenciação floral. O etileno destaca-se como um dos principais reguladores da feminilidade em cucurbitáceas, atuando na modulação de vias metabólicas e na regulação da expressão gênica relacionada ao desenvolvimento e à determinação do sexo floral (MARTÍNEZ et al., 2021). O aumento da concentração de etileno está associado ao incremento na emissão de flores pistiladas, enquanto sua redução favorece a formação de flores estaminadas (LI et al., 2021).

Neste contexto, a aplicação exógena de compostos indutores da síntese de etileno tem sido utilizada para alterar a razão floral e modular a expressão sexual das plantas.

O ethephon, princípio ativo do Ethrel®720, é amplamente empregado na agricultura por sua capacidade de liberar etileno após absorção e decomposição nos tecidos vegetais. Seus efeitos abrangem desde a indução floral até alterações no crescimento vegetativo, no balanço hormonal e na alocação de fotoassimilados (LI et al., 2021). Entretanto, a resposta das plantas ao ethephon depende da dose aplicada, do estágio fenológico e das condições ambientais, sendo

que aplicações excessivas podem comprometer o desenvolvimento vegetativo e reduzir o desempenho agrônômico (SILVA et al., 2020).

Diante deste cenário, torna-se necessário avaliar de forma integrada os estímulos fisiológicos envolvidos na formação de flores pistiladas potencialmente capazes de originar frutos na abóbora manteiga, considerando não apenas o uso do regulador vegetal, mas também a interação com práticas de manejo nutricional, hídrico e fitossanitário.

## **2- OBJETIVOS**

Analisar as respostas de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de um acesso de abóbora manteiga (*Cucurbita moschata Duchesne*) em resposta à aplicação de doses crescentes do regulador de crescimento à base de ethephon (Ethrel®720) em condições edafoclimáticas do Cerrado.

### 3-REFERENCIAL TEÓRICO

A abóbora manteiga (*Cucurbita moschata Duchesne*) é uma espécie originária da América tropical, com provável centro de domesticação na América Central e norte da América do Sul, sendo atualmente amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais do mundo. Destaca-se entre as cucurbitáceas cultivadas no Brasil devido à sua ampla adaptação às condições edafoclimáticas e ao elevado valor nutricional de seus frutos. A cultura apresenta relevância econômica crescente, sendo amplamente utilizada na alimentação humana e na agroindústria, além de possuir importância social em sistemas de produção familiar (AMARO et al., 2021).

Do ponto de vista agrônomo, a espécie apresenta rusticidade e boa resposta a diferentes manejos, porém seu desempenho produtivo está diretamente relacionado ao sucesso reprodutivo. A frutificação eficiente depende da adequada proporção entre flores masculinas e femininas, tornando a expressão sexual um fator determinante para a produtividade da cultura (NASCIMENTO et al., 2007).

Em cucurbitáceas, a expressão sexual é caracterizada pela presença de flores unissexuais masculinas e femininas na mesma planta, sendo classificada como monoica. A proporção entre esses tipos florais é determinada geneticamente e influenciada por fatores ambientais, como temperatura, fotoperíodo, disponibilidade hídrica e nutrição mineral (RUDICH et al., 1970; ASHOK et al., 2020).

Temperaturas elevadas e condições de estresse favorecem a emissão de flores masculinas, enquanto ambientes mais equilibrados tendem a estimular a formação de flores femininas. O predomínio de flores masculinas é um dos principais entraves à produtividade, pois reduz o potencial de frutos (NASCIMENTO et al., 2007) e canaliza recursos para drenos vegetativos.

Os hormônios vegetais são compostos orgânicos que atuam em baixas concentrações, regulando processos fisiológicos como crescimento, desenvolvimento e diferenciação de órgãos (TAIZ et al., 2017). A diferenciação floral em cucurbitáceas está associada ao balanço hormonal interno da planta, especialmente à interação entre auxinas, giberelinas e etileno (RUDICH et al., 1970).

As giberelinas estão relacionadas à indução de flores masculinas, enquanto o etileno atua favorecendo a formação de flores femininas. Alterações nesse balanço hormonal, seja por condições ambientais ou pela aplicação exógena de reguladores vegetais, podem modificar significativamente o padrão de florescimento (ASHOK et al., 2020).

O etileno é um fito hormônio gasoso envolvido em diversos processos fisiológicos, incluindo amadurecimento de frutos, senescência e diferenciação floral. Em cucurbitáceas, o etileno exerce papel fundamental na indução de flores femininas (RUDICH et al., 1970; PANDEY et al., 2019).

O Ethrel®720 é um regulador vegetal que, ao ser absorvido pelos tecidos da planta, decompõe-se liberando etileno. Sua aplicação tem sido utilizada como ferramenta para o manejo da expressão floral, promovendo o aumento da proporção de flores pistiladas. Entretanto, doses elevadas podem resultar em efeitos fisiológicos indesejáveis, como redução do crescimento vegetativo e abortamento floral, o que evidencia a necessidade de estudos que avaliem respostas da cultura à diferentes concentrações e condições de aplicação (PANDEY et al., 2019; KHATRIWALDA, 2019).

A resposta das plantas ao etileno não ocorre de forma linear, sendo fortemente influenciada pela dose aplicada, pelo estágio fenológico no momento da aplicação e pelas condições ambientais. Em concentrações adequadas, o etileno atua como regulador positivo da feminilização floral; contudo, em níveis elevados, pode induzir respostas de estresse fisiológico, comprometendo o crescimento vegetativo e o desenvolvimento reprodutivo das plantas (PANDEY et al., 2019).

Estudos realizados com pepino, abobrinha, melancia e abóbora demonstram que a aplicação de ethephon nos estádios iniciais de desenvolvimento promove aumento do número de flores femininas e antecipação do florescimento, ampliando o período reprodutivo da cultura (NASCIMENTO et al., 2007; ASHOK et al., 2020).

Entretanto, o aumento da emissão de flores femininas não garante, necessariamente, incremento proporcional da produtividade comercial, uma vez que a formação de frutos viáveis depende do equilíbrio fisiológico da planta e da capacidade de sustentação do enchimento e da maturação da qualidade dos frutos ao longo do ciclo (MAROUELLI et al., 2017).

Além disso, como efeito secundário do excesso de etileno, estudos indicam que aplicações excessivas de reguladores vegetais podem antecipar processos de senescência foliar, reduzindo o período efetivo de enchimento dos frutos e comprometendo características físicas e qualitativas, como massa fresca, espessura de polpa e teor de sólidos solúveis (PANDEY et al., 2019).

No caso específico da abóbora manteiga e de híbridos interespecíficos do tipo Tetsukabuto, o uso de reguladores vegetais tem sido amplamente estudado, tanto para a indução da feminilização floral, quanto para o aumento da eficiência produtiva e da produção de sementes. A aplicação de ethephon pode reduzir a necessidade de eliminação manual de flores

masculinas e melhorar o pegamento de frutos, desde que utilizada dentro de uma faixa de concentração fisiologicamente adequada, que não comprometa o equilíbrio vegetativo e reprodutivo da planta (NASCIMENTO et al., 2007).

De forma geral, a literatura demonstra que o ethephon constitui uma ferramenta relevante no manejo da expressão sexual em cucurbitáceas. Contudo, seu uso deve considerar os limites fisiológicos da cultura, a variabilidade genética dos materiais cultivados e as condições ambientais, de modo a maximizar os efeitos positivos sobre a feminilização floral sem comprometer o crescimento vegetativo e o desempenho produtivo das plantas (PANDEY et al., 2019; KHATRIWALDA, 2019).

Além da influência direta sobre a diferenciação floral, o etileno exerce efeitos indiretos sobre a arquitetura da planta, interferindo no alongamento celular, no desenvolvimento de entrenós e na expansão foliar. Esses efeitos estão relacionados à modulação da atividade de enzimas associadas à dinâmica da parede celular, resultando em alterações na plasticidade dos tecidos vegetais e no padrão de crescimento das ramas (TAIZ et al., 2017).

Em cucurbitáceas, modificações na arquitetura da planta podem afetar significativamente a eficiência fotossintética, uma vez que a disposição das folhas e das ramas influencia a interceptação de radiação solar. Alterações excessivas no crescimento vegetativo, especialmente aquelas induzidas por reguladores vegetais em doses elevadas, podem reduzir a área foliar ativa e comprometer a produção de fotoassimilados necessários ao desenvolvimento dos frutos (MAROUELLI et al., 2017).

O balanço entre crescimento vegetativo e reprodutivo é considerado um dos principais determinantes da produtividade em hortaliças frutíferas. Plantas com crescimento vegetativo insuficiente apresentam limitações na sustentação do enchimento de frutos, enquanto plantas excessivamente vegetativas tendem a apresentar atraso reprodutivo e menor eficiência na conversão da biomassa em produção comercial (PANDEY et al., 2019).

Estudos conduzidos com diferentes espécies de cucurbitáceas indicam que a aplicação de ethephon pode promover alterações temporárias na dominância apical, favorecendo a redistribuição de assimilados para estruturas reprodutivas. No entanto, esse efeito depende da dose e do momento de aplicação, sendo observado que aplicações tardias ou em concentrações elevadas podem intensificar a competição interna por assimilados e comprometer o equilíbrio fonte-dreno da planta (ASHOK et al., 2020).

Outro aspecto relevante associado ao uso de reguladores vegetais refere-se à interação com o estado nutricional da planta. A disponibilidade de nutrientes, especialmente de nitrogênio, fósforo e potássio, influencia diretamente a resposta fisiológica ao etileno. Plantas

bem nutridas tendem a responder de forma mais equilibrada à aplicação de ethephon, enquanto deficiências nutricionais podem potencializar efeitos fisiológicos adversos. Comprometendo o crescimento vegetativo, a diferenciação floral e a frutificação (NASCIMENTO et al., 2007).

A interação entre etileno e nitrogênio é particularmente importante em cucurbitáceas, uma vez que elevados níveis de nitrogênio favorecem a emissão de flores masculinas. A aplicação de ethephon em ambientes com excesso de nitrogênio pode não resultar em feminilização eficiente, pode demandar doses mais elevadas para alcançar respostas satisfatórias, aumentando o risco de efeitos fisiológicos indesejáveis (ASHOK et al., 2020).

Além da nutrição, a disponibilidade hídrica exerce papel fundamental na resposta das plantas ao etileno. Condições de déficit hídrico podem alterar a sensibilidade dos tecidos vegetais ao hormônio, intensificando respostas de estresse e reduzindo a eficiência da feminilização floral. Dessa forma, o manejo adequado da irrigação é considerado essencial para o sucesso do uso de reguladores vegetais em cucurbitáceas (MAROUELLI et al., 2017).

A variabilidade genética existente entre espécies, cultivares e híbridos de abóbora também influencia significativamente a resposta ao ethephon. Diferentes materiais genéticos apresentam sensibilidade distinta ao etileno, refletindo-se em variações quanto à intensidade da feminilização, à duração do efeito hormonal e ao impacto sobre o crescimento vegetativo (OLIVEIRA et al., 2016).

Assim, o referencial teórico evidencia que a aplicação de ethephon na cultura da abóbora manteiga apresenta elevado potencial agrônômico, porém exige compreensão aprofundada dos mecanismos fisiológicos envolvidos e dos fatores que modulam a resposta da planta. A definição de doses adequadas e estratégias de aplicação constitui elemento fundamental para maximizar a feminilização floral e o desempenho produtivo, minimizando efeitos fisiológicos adversos (ASHOK et al., 2020).

## 4- MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido entre agosto e dezembro de 2025, abrangendo final do inverno e o período de primavera, na área demonstrativa do Jardim Experimental da Botânica da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo-MG, Unidade Araras, situada no endereço km 1, LMG-746, Monte Carmelo - MG. A cidade de Monte Carmelo se encontra nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude 18° 44' 5" Sul, Longitude 47° 29' 47" Oeste, com altitude de 890 m.

De acordo com a classificação climática de Köppen (1936), Monte Carmelo é classificada como AW, clima tropical, apresentando maior pluviosidade no verão em comparação ao inverno. A temperatura média da cidade é de 21,2 °C e a pluviosidade média anual de 1444 mm.

### PREPARO DA ÁREA E MATERIAL VEGETAL

Inicialmente foram coletadas na camada de 0-20 cm uma amostra de solo representativa da área para realização de análise química. A partir da interpretação dos resultados da análise, as quantidades de fertilizantes foram definidas, levando em consideração também a exigência nutricional da cultura. Na adubação de plantio, foi aplicado via solo o fertilizante de tecnologia de fósforo protegido Top Phos 280 Hp (28% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na quantia de 120 g/cova, foi adicionado 200 g do fertilizante Yorin Master e 5 litros de substrato plantmax. Em cobertura, 30 dias após plantio das mudas no Campo, foram aplicados 50g/planta do fertilizante Sufammo meta 29 (fonte de N) e 30g de KUP-500 (48% de K<sub>2</sub>O). As covas foram abertas com cavadeira a 20x20 cm e os fertilizantes e a matéria orgânica homogeneizados antes do plantio das mudas.

### DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, TRATAMENTOS E ESPAÇAMENTO

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e cinco repetições, totalizando 30 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram na aplicação sequencial de seis doses de Ethrel®720: 0 (controle), 150, 300, 450, 600 e 750 mL/ha. As aplicações foram realizadas por pulverização foliar aos 30 e 45 dias após o transplante das

mudas, utilizando pulverizador costal de 20L, com volume de calda ajustado para proporcionar cobertura uniforme da parte aérea.

As linhas de plantio foram estruturadas com sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se tubos gotejadores autocompensantes (com 30 cm de espaçamento entre os gotejadores, despejando uma vazão de 1,5 L/h. Cada linha apresentou 36 metros de comprimento e dispostas 5 metros uma da outra, representando um bloco e uma repetição. A população utilizada foi de 18 plantas por bloco, distribuídas em cinco linhas de plantio distanciadas em 5 metros e uma densidade de uma planta a cada 2 metros (Figura 4).

O manejo da cultura incluiu irrigação por gotejamento, controle fitossanitário preventivo e práticas culturais adequadas para assegurar condições favoráveis ao desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas.

As mudas foram obtidas a partir da sementeira das sementes em tubete contendo substrato Plantmax e transferidas para o campo 15 dias após a emergência e completarem a emissão do primeiro eufilo.

## CONTROLE FITOSSANITÁRIO NA ÁREA

O controle fitossanitário de pragas e doenças na área experimental foi realizado por meio de aplicações via foliar com o auxílio de um pulverizador costal com capacidade de 20 L de água, adicionando-se à dose de 100 ml do inseticida natural Óleo de Neem – Nim Brasil, 100 gramas de ProtectSil – GLOBOFÉRTIL (fonte de silício). Ademais, foi realizada uma aplicação do fertilizante foliar e bactericida MaxBlue – Nim Brasil. Os produtos foram colocados na bomba costal com o auxílio de dosadores próprios para defensivos químicos, seguindo as orientações do fabricante. Para todos os preparos e aplicações de calda, utilizou-se o equipamento de proteção individual adequado (EPI). Foram realizadas duas aplicações 30 e 60 dias após plantio das mudas. As aplicações foram realizadas no fim da tarde nas parcelas correspondentes, de modo que todas as folhas recebessem o produto na superfície. Para o controle de plantas daninhas, foram realizadas capinas manuais com enxada e na entrelinha o mato foi roçado com roçadeira costal.

## COLETA DE DADOS

### Parâmetros coletados:

Ao longo do ciclo da cultura, foram avaliadas variáveis vegetativas (Número e comprimento de ramificações e comprimento de entrenós), fisiológicas (índice SPAD, temperatura foliar, umidade relativa do ar e luminosidade) avaliadas a cada 15 dias para todas as plantas. Foram coletados os dados da fenofase reprodutiva: número de flores masculinas e potencialmente produtivas (flores com pistilo e flores hermafroditas) semanalmente nas três primeiras semanas a partir do início do florescimento. A partir dessas avaliações, foram obtidos, para cada tratamento, os valores médios de flores femininas por planta, conforme apresentado na Tabela A. No final foram analisadas com relação a produção, fazendo jus à classificação comercial: número de frutos por planta, massa média, comprimento do fruto e o teor de sólidos Solúveis, – Brix com utilização de um refratômetro para leitura da solução liberada do fruto ao se destacar o pedúnculo. Os valores de número de frutos por planta foram obtidos a partir da soma dos frutos colhidos em cada tratamento, sendo posteriormente divididos pelo número de tratamentos avaliados (seis) e pelo número de plantas por parcela (três), de modo a expressar os resultados como média por planta.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Para a análise estatística dos dados, utilizou-se o R Core Team (2025), realizando análises de variâncias e avaliando os efeitos da interação entre os fatores e dos efeitos principais, fatores qualitativos com efeito significativo. E para fatores quantitativos com efeito significativo, fez-se comparações via análise de regressão.

## 5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fase vegetativa dado acesso de abóbora em estudo foi impactada pela concentração do regulador de crescimento utilizado. A resposta não linear do número de ramificações às doses de Ethrel®720 (Figura 1-A) indica que a aplicação exógena do etileno interfere diretamente na arquitetura vegetativa da planta. Em doses iniciais, o aumento das ramificações sugere um efeito inibitório do regulador exacerbando a dominância apical, o que resulta em alocação de biomassa prioritariamente para ramos principais e retardo ou inibição da formação de ramificações.

Em doses intermediárias, observa-se estabilização e posterior recuperação parcial do número de ramificações, indicando um ajuste fisiológico da planta ao estímulo hormonal, no qual ocorre reorganização do balanço entre o crescimento vegetativo e reprodutivo. Em doses mais elevadas, a tendência de aumento das ramificações pode estar associada à perda de dominância apical resultado do aumento de sensibilidade dos tecidos a auxina desencadeado pelo aumento do etileno. A resposta final é traduzida em desorganização do crescimento e desenvolvimento. Sugere-se que a auxina percebida passa ser excessiva de forma a inibir a resposta de crescimento dos meristemas principais. Essas condições são indutivas para o desenvolvimento dos meristemas laterais que podem direcionar seu crescimento para formação de novas ramificações ou para o florescimento a depender da continuidade da exposição ao regulador e as condições do ambiente.

Resultados semelhantes ao observado nesse estudo foram relatados por NASCIMENTO et al., (2007), ao avaliarem a aplicação de ethephon em abóboras do tipo Tetsukabuto, nos quais as doses intermediárias do regulador (300, 400 mg/L) promoveram alterações na arquitetura vegetativa, associadas à modulação da dominância apical e à redistribuição do crescimento entre ramos principais e laterais. Em outras cucurbitáceas, como abobrinha (*Cucurbita pepo*), COSTA E SILVA et al., (2020) observaram que o ethephon promoveu aumento do número de ramificações em doses **intermediárias**, enquanto doses elevadas induziram o crescimento desorganizado, evidenciando que a resposta vegetativa ao etileno apresenta caráter dose-dependente e está fortemente associada ao balanço hormonal endógeno. Do ponto de vista estatístico, o ajuste por modelo cúbico apresentou coeficiente de determinação  $R^2 = 0,82$ , indicando que 82% da variabilidade observada no número de ramificações é explicada pelas doses de Ethrel®720. Esse valor caracteriza bom ajuste do modelo, especialmente para dados biológicos, e justifica a escolha da regressão de maior ordem, a qual permite descrever

adequadamente a resposta não linear e a presença de pontos críticos ao longo da faixa experimental.

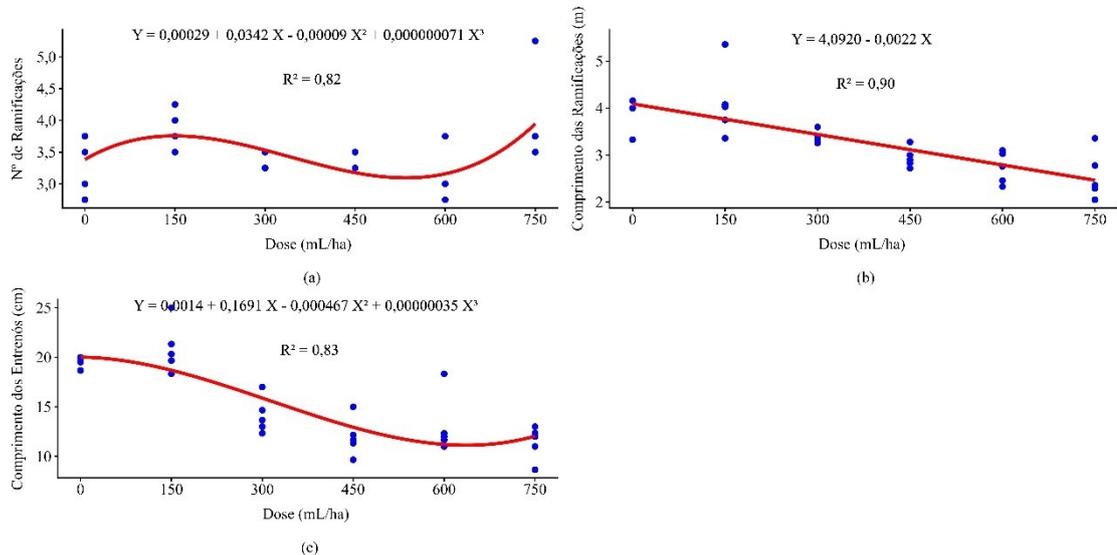


Figura 1- Parâmetros de desenvolvimento vegetativo significativamente afetados em respostas as doses crescentes de aplicação do regulador de crescimento Ethrel®720 com precursor para formação de etileno nas plantas. A- Número de ramificações, B- Comprimento da maior ramificação e C- Comprimento do entrenó da maior ramificação.

A relação negativa e linear entre dose de Ethrel®720 e comprimento das ramificações (Figura 1-B) evidencia que o regulador exerce efeito direto sobre o alongamento celular. O encurtamento progressivo das ramificações com o aumento da dose (Figura 1-B) indica redução da expansão celular, possivelmente associada à inibição da ação das auxinas e giberelinas, hormônios diretamente ligados ao crescimento longitudinal. Segundo a literatura de TAIZ et al., (2017), a sensibilidade aumentada nos tecidos em resposta ao regulador faz com que a percepção das células para as auxinas seja percebida como excessiva e a resposta refletida é negativa para o crescimento, configurando um estresse.

O crescimento mais compacto da planta é uma característica frequentemente observada em tratamentos com reguladores vegetais. O maior controle do desenvolvimento vegetativo possibilita a partição e alocação de assimilados para órgãos reprodutivos em detrimento do crescimento vegetativo excessivo. A redução do alongamento das ramificações em resposta ao aumento das doses de ethephon é amplamente descrita na literatura para cucurbitáceas. PANDEY et al., (2019), avaliando pepino (*Cucumis sativus*), relataram encurtamento significativo dos ramos e redução do crescimento longitudinal das plantas tratadas com

ethephon, atribuindo esse efeito à inibição da ação das giberelinas e à interação negativa entre etileno e auxinas. Estatisticamente, o modelo linear analisado por regressão linear simples, ajustando-se uma equação do tipo  $y = ax + b$ , em que X representa as doses de etileno aplicadas e Y a variável resposta avaliada, apresentou elevado coeficiente de determinação ( $R^2=0,90$ ), evidenciando forte associação negativa entre dose e comprimento das ramificações ao longo de toda a faixa avaliada.

O comprimento dos entrenós (Figura 1-C) reforça a atuação da dose-dependente do etileno sobre o crescimento vegetativo. No gráfico evidencia-se uma distribuição um comportamento cúbico na resposta de crescimento. Em doses iniciais os entrenós ficaram menores que na dose controle com resposta positiva ao regulador. As doses maiores promoveram redução do comprimento dos entrenós com inibição do alongamento celular refletindo em menor crescimento da planta como um todo. Em doses intermediárias, a atenuação dessa redução sugere um ponto de equilíbrio fisiológico, no qual a planta ajusta seu metabolismo hormonal frente ao estímulo exógeno. Já em doses mais elevadas, a leve retomada do crescimento dos entrenós pode estar relacionada à saturação dos sítios de resposta ao regulador ou à ativação de mecanismos compensatórios, evidenciando que a resposta morfológica resulta da interação dinâmica entre regulador vegetal, estágio fenológico e ambiente.

Comportamentos não lineares, incluindo respostas cúbicas do comprimento de entrenós, também foram observados em estudos com outras cucurbitáceas submetidas à aplicação de ethephon. KHATRIWALDA et al., (2019), avaliando pepino, relataram aumento inicial do comprimento dos entrenós em doses baixas do regulador, seguido de redução em doses mais elevadas, indicando que a resposta morfológica resulta do ajuste fisiológico da planta frente ao estímulo hormonal. Esses resultados corroboram os dados obtidos neste estudo e reforçam que a atuação do etileno sobre o crescimento vegetativo depende da dose, do estágio fenológico e das condições ambientais. O ajuste por regressão cúbica apresentou coeficiente de determinação  $R^2= 0,83$ , indicando que o modelo explica grande parte da variabilidade observada no comprimento dos entrenós. A presença de pontos críticos e mudanças de curvatura reforça a adequação do modelo linear para descrever a resposta dessa variável às doses de Ethrel®720.

O Ethrel®720 ao induzir a liberação de etileno nas plantas, pode acelerar determinados processos fisiológicos, incluindo modificações no crescimento e, em doses elevadas, antecipar mecanismos associados à senescência. A temperatura foliar é um importante indicativo do estado fisiológico da planta, estando diretamente relacionada ao balanço energético, à transpiração e à condução estomática. A ausência de variações expressivas na temperatura foliar (Figura 1-B) em função das doses aplicadas indica que o uso de Ethrel®720 não promoveu aumento significativo do estresse térmico das folhas. A leve tendência de redução na temperatura foliar observada com incremento das doses sugere possível intensificação do fluxo transpiratório, resultando na maior dissipação de calor latente. Esse comportamento pode estar associado a ajustes fisiológicos no controle estomático, favorecendo a manutenção do equilíbrio térmico foliar, mesmo diante da ação do regulador vegetal. A ausência de alterações expressivas na temperatura foliar observada neste estudo está de acordo com relatos da literatura, que indicam que a aplicação de ethephon nem sempre resulta em aumento de estresse fisiológico nas plantas. TAIZ et al., (2017).

PANGENI et al., (2024), avaliando melancia (*Citrullus lanatus*), observaram que doses moderadas de ethephon não promoveram elevação da temperatura foliar, sendo associadas a ajustes no controle estomático e à manutenção do balanço térmico. Esses resultados indicam que o uso adequado do regulador pode modular processos fisiológicos sem comprometer a homeostase térmica das folhas. Do ponto de vista estatístico, o ajuste linear apresentou coeficiente de determinação  $R^2 = 0,69$  (Figura 2-A) indicando a associação moderada entre as doses aplicadas e a temperatura foliar, compatível com a maior influência de fatores ambientais sobre essa variável fisiológica.

A qualidade dos frutos produzidos foi impactada pela ação do regulador. Na Figura 2-B, as avaliações de Brix representadas no gráfico reflete o ajuste cúbico do teor de sólidos solúveis. A resposta evidência que o regulador influencia diretamente o metabolismo de carboidratos e a alocação de fotoassimilados nos frutos. Em doses iniciais, a redução do Brix sugere que a planta prioriza crescimento vegetativo e doses crescentes induzem ajustes fisiológicos relacionados à diferenciação floral e ao desenvolvimento reprodutivo.

A partir das doses intermediárias, observa-se elevação do Brix (Figura 2-B), indicando maior eficiência na translocação e acúmulo de açúcares nos frutos, possivelmente em função do melhor equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo. Em doses elevadas, a redução do Brix sugere que o excesso de etileno produzido pode comprometer o enchimento dos frutos ou acelerar processos de senescência, reduzindo a eficiência metabólica. A influência do etileno sobre o teor de sólidos solúveis em frutos de cucurbitáceas tem sido amplamente reportada.

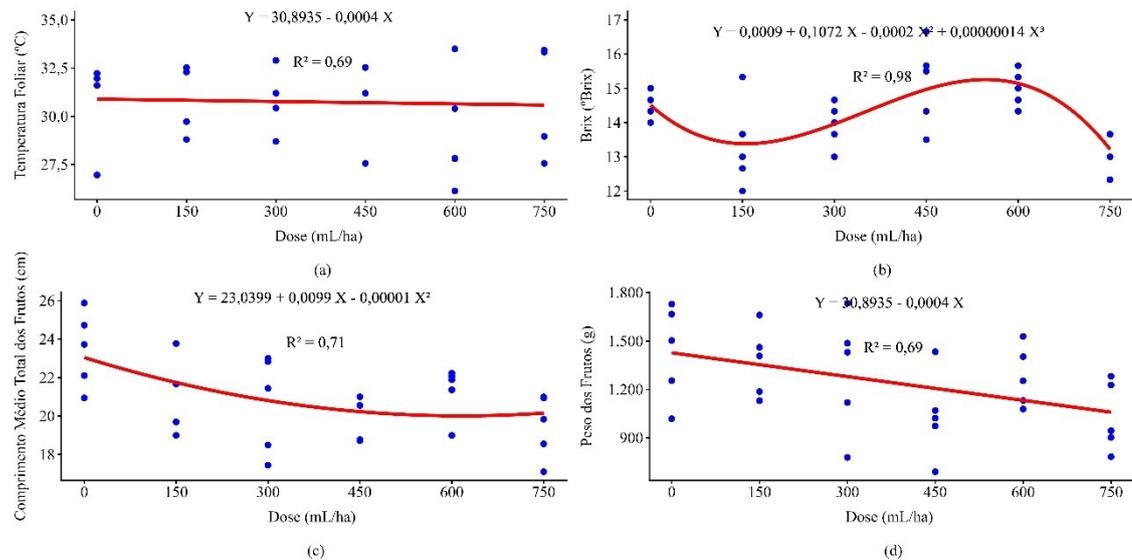


Figura 2– Avaliação da condição nutricional e de desenvolvimento reprodutivo apresentados em respostas as doses crescentes de aplicação do regulador de crescimento Ethrel®720 como precursor para formação de etileno nas plantas. A- Temperatura Foliar °C, B- Teor de sólidos solúveis- Brix, C- Comprimento médio dos frutos, D- Peso médio dos frutos.

QUEIROGA et al., (2017) destacam que a modulação hormonal afeta diretamente a partição de foto assimilados e o enchimento dos frutos, refletindo alterações no teor de açúcares. Em abóboras do tipo Tetsukabuto, a literatura indica que o equilíbrio entre o crescimento vegetativo e reprodutivo é determinante para o acúmulo de sólidos solúveis, sendo que doses excessivas de reguladores podem antecipar processos de maturação ou senescência, comprometendo a qualidade final dos frutos. O modelo cúbico, ajustado para variável dos tratamentos, apresentou coeficiente de determinação  $R^2 = 0,98$ , caracterizando excelente ajuste estatístico. Esse valor indica elevada capacidade explicativa de regressão e confere alta confiabilidade aos pontos de mínimo e máximo identificados, sustentando estatisticamente a resposta não linear do teor de sólidos solúveis às doses de Ethrel®720.

O comprimento médio total dos frutos (Figura 2-C), foi afetado pelo regulador. Os frutos ficaram menores sobre o efeito de doses maiores. O comprimento médio total dos frutos foi reduzido (Figura 2-C), com o aumento da dose de Ethrel®720, sugerindo novamente que o etileno, em concentrações mais elevadas, pode limitar a expansão celular durante o desenvolvimento inicial dos frutos. Em doses intermediárias, a estabilização do comprimento sugere que a planta atinge um ponto de equilíbrio fisiológico, no qual o estímulo hormonal

favorece a frutificação sem comprometer excessivamente o crescimento dos frutos. Esse comportamento indica que o regulador atua não apenas na indução floral, mas também na definição do padrão de crescimento dos frutos, refletindo a sensibilidade dessa fenofase ao balanço hormonal. Estatisticamente, o ajuste quadrático apresentou coeficiente de determinação  $R^2 = 0,71$ , indicando que 71% da variabilidade do comprimento dos frutos é explicada por doses aplicadas, valor considerado adequado para variáveis produtivas com elevada variabilidade biológica.

O número de frutos foi crescente (Figura 3) em resposta a ampliação da dose, acompanhado de um peso médio dos frutos menor (Figura 2-D). A relação linear negativa entre dose de Ethrel®720 e peso médio dos frutos evidencia que doses elevadas do regulador reduzem o acúmulo de biomassa dos frutos. Esse efeito pode estar associado à redistribuição de assimilados, ao aumento do número de estruturas reprodutivas ou à antecipação de processos de maturação, reduzindo o tempo efetivo de enchimento dos frutos. Por outro lado, essa resposta reflete a menor estrutura de planta com a redução de biomassa vegetativa e aporte de carboidratos resultado da restrição de crescimento imposta pelo regulador na fenofase de desenvolvimento vegetativo. Esse resultado reforça que, embora o etileno induzido pelo regulador possa favorecer as ramificações e a expressão de flores potencialmente produtivas, doses excessivas podem comprometer componentes importantes de produtividade. A relação inversa entre número de frutos e peso médio observada neste estudo está de acordo com o padrão descrito para cucurbitáceas submetidas à regulação hormonal. NASCIMENTO et al., (2007) relatam que o aumento da feminização floral promovido pelo ethephon pode levar o número de frutos por planta, porém com redução da massa individual quando o aporte de assimilados se torna limitante. Estudos com pepino e melancia também evidenciam esse trade-off produtivo, reforçando que o manejo adequado da dose do regulador é essencial para maximizar o desempenho agrônomico sem comprometer a qualidade dos frutos. O modelo de regressão linear foi ajustado para a variável peso médio dos frutos em função das doses de Ethrel® 720, apresentando coeficiente de determinação  $R^2 = 0,64$ , o que indica que 64% da variação observada nessa variável pode ser explicada pela variação nas doses aplicadas.

Nesta pesquisa observa-se que doses intermediárias para o padrão de resposta da abobora manteiga pode maximizar o desempenho agrônomico da cultura.

Tabela 1- Número médio por planta em função das doses de Ethrel®720.

| Dose de Ethrel®720<br>(mL ha <sup>-1</sup> ) | Flores femininas<br>(nº/planta) | Frutos por planta<br>(nº) | Fruto Classe A*<br>(nº) | Fruto Classe B*<br>(nº) | Fruto Classe<br>C*<br>(nº) |
|--|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Controle (0)                                 | 4                               | 4                         | 1                       | 1                       | 2                          |
| 150  | 11                              | 4                         | 2                       | 1                       | 2                          |
| 300  | 8                               | 3                         | 2                       | 1                       | 1                          |
| 450  | 25                              | 5                         | 2                       | 2                       | 1                          |
| 600  | 12                              | 4                         | 2                       | 1                       | 1                          |
| 750  | 11                              | 3                         | 1                       | 1                       | 1                          |

\*Classes de frutos definidas com base em critérios de massa, tamanho e padrão comercial, conforme metodologia descrita no item Materiais e Métodos.

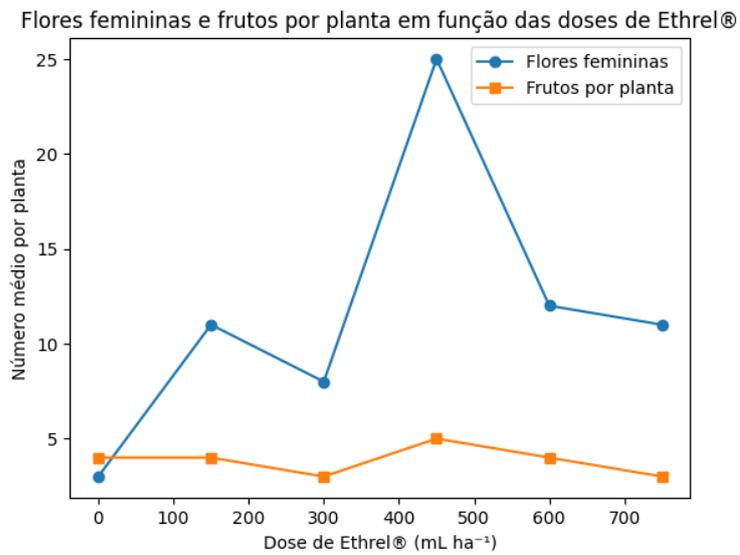


Figura 3- Esta apresenta a relação entre as doses de Ethrel®720 e o número de botões florais femininos, sendo a interpretação do gráfico auxiliada pela tabela, que discrimina o número de flores femininas, frutos por planta e classificação comercial dos frutos de abóbora.



Figura 4- Nesta, mostra-se através de imagens aéreas, via drone, a arquitetura das plantas de abóboras, juntamente aos frutos em suas classificações iniciais.

De forma geral, quanto aos valores de  $R^2$  observados nas figuras 1 e 2, eles indicam que os modelos de regressão adotados apresentaram ajuste estatístico adequado, variando de moderado a excelente conforme a variável analisada, conferindo robustez estatística às interpretações fisiológicas discutidas neste estudo.

## 6- CONCLUSÃO

O regulador de crescimento Ethrel®720 como precursor para formação de Etileno mostrou-se como uma ferramenta de manejo promissora para adequação da arquitetura de planta e aumento de potencial produtivo para o acesso de abobora manteiga.

O produto foi efetivo na regulação do crescimento das plantas e no dimorfismo sexual com uma resposta positiva para ampliação de flores potencialmente produtivas (pistiladas) e por consequência ampliação do número de frutos por planta o que certamente oferece ganhos de produtividade.

Fica evidente que o produto oferece diferentes interações hormonais direcionadas ao estímulo de crescimento em doses baixas, redução do crescimento e antecipação de fenofase em doses elevadas e equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo em doses intermediárias.

Conclui-se que o uso racional do ethephon pode ser uma estratégia eficiente para o manejo da expressão sexual da abóbora manteiga contribuindo tanto para crescimento vegetativo em doses baixas como para ampliação de flores potencialmente produtivas. A dose de 450 mL/ha proporcionou maior número de flores com pistilo (25) e por consequência maior número de frutos (5 frutos por planta em média) e frutos com tamanho e qualidade superior, evidenciado pela leitura do teor de sólidos solúveis superior a 15% de Brix.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARO, G. B.; PINHEIRO, J. B.; LOPES, J. F.; SILVA, D. J. H. Recomendações técnicas para o cultivo de abóboras e morangas. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2021.

ASHOK, K.; PANDEY, A. K.; SINGH, V. Effect of growth regulators and stages of spray on growth, fruit set and seed yield of ridge gourd (*Luffa acutangula* Roxb.). *International Journal of Chemical Studies*, v. 8, n. 1, p. 2276–2280, 2020.

KHATRIWALDA, S. Plant growth regulators: their impact on cucurbits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 8, n. 5, p. 131–138, 2019.

LI, D.; SHI, Q.; ZHANG, X.; YU, J. Gene interactions regulating sex determination in cucurbits: recent advances and prospects. *Plants*, Basel, v. 8, n. 9, p. 1–18, 2019. DOI: 10.3390/plants8090321. <https://doi.org/10.3390/plants8090321>

LI, Q.; ZHANG, C.; LIU, Y.; WANG, Y.; LIU, X. Transcriptional and hormonal responses in ethephon-treated *Cucurbita moschata*: implications for floral sex differentiation. *Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v. 12, p. 715487, 2021. DOI: 10.3389/fpls.2021.715487. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.715487>

MARTÍNEZ, C.; MANZANO, S.; MEGÍAS, Z.; GARCÍA, A.; JAMILÉNA, M. To be a male or a female flower, a question of ethylene in sex expression in cucurbits: hormonal and genetic control of sex determination. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 8, no. 2, pp. 2350–2355, 2019.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; OLIVEIRA, R. A. Resposta do híbrido de abóbora Tetsukabuto a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 2, p. 242–249, 2017.

NASCIMENTO, W. M. Utilização do ethephon para a produção de sementes e expressão sexual em abóbora tipo tetsukabuto (*Cucurbita* spp.). *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 29, n. 3, p. 55–61, 2007. DOI: 10.1590/S0101-31222007000300008. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000300008>

OLIVEIRA, E. J.; COSTA, J. L. S.; SILVA, A. S. Divergência genética entre variedades crioulas de abóbora (*Cucurbita* spp.). *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 778–786, 2016.

PANDEY, A. K.; SINGH, V.; YADAV, R. Effect of foliar spray of ethephon doses and pruning intensities on growth, flowering and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 8, n. 2, p. 2350–2355, 2019.

R Core Team (2025). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

SILVA, E. H. C.; FERREIRA, R. L.; SOUZA, R. J.; PEREIRA, G. M. Doses and number of applications of ethephon in sex expression of zucchini (*Cucurbita pepo* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, Chapingo, v. 26, n. 1, p. 1–10, 2020. DOI: 10.5154/r.rchsh.2019.03.007. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2019.03.007>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

PANGENI, A.; KATHAYAT, S.; DHOLI, P. K.; KHANAL, S.; PARAJULI, G.; BIMARSA, B. Efficacy of ethephon doses on vegetative and reproductive attributes of watermelon (*Citrullus lanatus*). *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, v. 12, n. 6, p. 1039–1045, 2024. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i6.1039-1045.6794>

QUEIROGA, R. C. F.; PEREIRA, A. M.; SOUSA, G. G.; et al. Ethephon no florescimento e produção de cucurbitáceas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 12, n. 3, p. 320–326, 2017.