

MARIA CLARA LELLES MOREIRA BEGUELINE

**TRINEXAPAC-ETHYL COMO REGULADOR DE CRESCIMENTO DAS GRAMAS
ZOYSIA ESMERALDA, SÃO CARLOS PLUS, ZOYSIA ZEON E BERMUDAS
CELEBRATION**

Botucatu

2025

MARIA CLARA LELLES MOREIRA BEGUELINE

**TRINEXAPAC-ETHYL COMO REGULADOR DE CRESCIMENTO DAS GRAMAS
ZOYSIA ESMERALDA, SÃO CARLOS PLUS, ZOYSIA ZEON E BERMUDAS
CELEBRATION**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientador(a): Leandro José Grava de
Godoy

Botucatu

2025

B418t

Begueline, Maria Clara Lelles Moreira

Trinexapac-ethyl como regulador de crescimento
das gramas Zoysia Esmeralda, São Carlos Plus,
Zoysia Zeon e Bermudas Celebration

/ Maria Clara Lelles Moreira Begueline. --

Botucatu, 2026

60 p. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Botucatu

Orientador: Leandro José Grava de Godoy

1. gramados. 2. qualidade. 3. crescimento. 4.
manejo. 5. corte. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: TRINEXAPAC-ETHYL COMO REGULADOR DE CRESCIMENTO DAS GRAMAS ZOYSIA ESMERALDA, SÃO CARLOS PLUS, ZOYSIA ZEON E BERMUDAS CELEBRATION

AUTORA: MARIA CLARA LELLES MOREIRA BEGUELINE

ORIENTADOR: LEANDRO JOSÉ GRAVA DE GODOY

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Engenharia Agrícola, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LEANDRO JOSÉ GRAVA DE GODOY (Participação Virtual)
Engenharia Agrônoma / Unesp - Campus de Registro



Documento assinado digitalmente
LEANDRO JOSÉ GRAVA DE GODOY
Data: 30/10/2025 12:31:51-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. PATRICK LUAN FERREIRA DOS SANTOS (Participação Virtual)
Agronomia / AgroPós



Documento assinado digitalmente
PATRICK LUAN FERREIRA DOS SANTOS
Data: 04/11/2025 00:06:41-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. LÍVIA SANCINETTI CARRIBEIRO (Participação Virtual)
Coordenação / Associação Nacional Grama Legal



Documento assinado digitalmente
LÍVIA SANCINETTI CARRIBEIRO
Data: 04/11/2025 09:43:24-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. ADRIELLE RODRIGUES PRATES (Participação Virtual)
. / .



Documento assinado digitalmente
ADRIELLE RODRIGUES PRATES
Data: 04/11/2025 09:29:51-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. VITOR CARVALHO RIBEIRO DE ARAUJO (Participação Virtual)
Fitossanidade / Sumitomo Chemical



Documento assinado digitalmente
VITOR CARVALHO RIBEIRO DE ARAUJO
Data: 04/11/2025 11:39:34-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Botucatu, 23 de outubro de 2025.

Às minhas amadas filhas,
Olivia e Júlia,
Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu marido, João Victor Costa, que se fez presente em toda essa jornada, pelo apoio incondicional, por acreditar em mim e por ser sempre o meu porto seguro.

Às minhas filhas, Olívia e Júlia, que são minha alegria e motivação diária.

À minha mãe, Bianca, e aos meus pais, Sebastião e Fernando, que não mediram esforços para me ajudar, apesar da distância que tivemos que enfrentar.

À minha querida amiga Kamila Assis por todo o apoio e parceria ao longo dos anos de pós-graduação.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Leandro, que não mediu esforços para me ajudar, transmitindo todo seu conhecimento e experiência.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

E, por fim, e não menos importante, agradeço a Deus por mais essa vitória e por todas as experiências que vivi.

“Resilience determines the persistence of relationships within a system and is a measure of the ability of these systems to absorb changes of state variables, driving variables, and parameters, and still persist.”

HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 4, p. 1-23, 1973. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>

RESUMO

Com o crescimento do mercado e o interesse por novas espécies de grama, torna-se necessário estudar práticas que promovam a redução dos custos de manutenção e produção. O uso de reguladores de crescimento (Trinexapac-ethyl) surge como uma alternativa para o controle da parte aérea dos gramados. O experimento foi instalado em vasos, em casa de vegetação, com um delineamento experimental fatorial, com o objetivo de avaliar o desenvolvimento de quatro espécies de grama (Esmeralda, São Carlos, Zeon e Celebration), submetidas a aplicações de quatro doses de Trinexapac-ethyl (0, 80, 160 e 240 g i.a.ha⁻¹) com quatro repetições, totalizando 64 parcelas experimentais. Foram realizadas análises de massa seca das aparas, índice de reflectância da folha (NDVI), taxa de cobertura verde do gramado (TCV), altura do gramado, índice de cor verde (ICV) e massa seca das folhas. Os resultados indicaram que o trinexapac-ethyl reduziu significativamente a altura das plantas, massa seca das aparas, NDVI e TCV confirmando sua eficiência no controle do crescimento vertical e na diminuição da necessidade de cortes. Enquanto o ICV demonstrou menor sensibilidade às doses, mas foi eficiente em refletir diferenças genéticas entre cultivares e atributos de coloração foliar. O trinexapac-ethyl foi eficiente no controle do crescimento das gramas, sendo a dose de 240 g i.a. ha⁻¹ a mais eficaz na redução do crescimento vegetativo, enquanto a dose de 80 g i.a. ha⁻¹ apresentou o melhor equilíbrio entre redução da necessidade de cortes e manutenção da qualidade visual da grama.

Palavras-chave: inibidor; giberelinas; Trinexapac-ethyl; crescimento vegetativo; manejo de gramados.

ABSTRACT

With the growth of the turfgrass market and the increasing interest in new grass species, it has become necessary to investigate practices that can reduce maintenance and production costs. The use of growth regulators, such as Trinexapac-ethyl, has emerged as an alternative for controlling turfgrass shoot growth. The experiment was conducted in pots under greenhouse conditions using a factorial experimental design, with the objective of evaluating the development of four turfgrass species (Esmeralda, São Carlos, Zeon, and Celebration) subjected to four rates of Trinexapac-ethyl (0, 80, 160, and 240 g a.i. ha⁻¹), with four replications, totaling 64 experimental units. Evaluations included clipping dry mass, normalized difference vegetation index (NDVI), turfgrass cover rate (TCR), turfgrass height, green color index (GCI), and leaf dry mass. The results showed that Trinexapac-ethyl significantly reduced plant height, clipping dry mass, NDVI, and TCR, confirming its effectiveness in controlling vertical growth and reducing mowing requirements. In contrast, GCI showed lower sensitivity to the applied rates but was effective in reflecting genetic differences among cultivars and leaf color attributes. Trinexapac-ethyl was efficient in controlling turfgrass growth, with the rate of 240 g a.i. ha⁻¹ being the most effective in reducing vegetative growth, while the rate of 80 g a.i. ha⁻¹ provided the best balance between reducing mowing requirements and maintaining turfgrass visual quality.

Keywords: growth inhibitor; gibberellins; Trinexapac-ethyl; vegetative growth; turfgrass management.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo utilizado no experimento - Botucatu, SP, 2024.....	28
Tabela 2 - Resultado da análise física do solo utilizado no experimento - Botucatu, SP, 2024.....	28
Tabela 3 – Índice de reflectância (NDVI) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em diferentes datas de avaliações realizadas no gramado (Botucatu-SP, 2025)	35
Tabela 4 – Taxa de cobertura verde (TCV) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em diferentes datas de avaliações realizadas no gramado (Botucatu-SP, 2025)	40
Tabela 5 – Índice de cor verde (ICV) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em diferentes datas de avaliações realizadas no gramado (Botucatu-SP, 2025)	44
Tabela 6 – Altura (cm) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em diferentes datas de avaliações realizadas no gramado (Botucatu-SP, 2025).....	47
Tabela 7 – Massa seca (g) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em diferentes datas de avaliações realizadas no gramado (Botucatu-SP, 2025).....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	Produção de grama.....	21
2.2	Espécies de grama.....	22
2.3.	Regulador de crescimento.....	23
2.3.1	Trinexapac-ethyl.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1	Localização da área experimental.....	27
3.2	Caracterização do clima.....	27
3.3	Caracterização do solo.....	28
3.4	Delineamento experimental e tratamentos.....	29
3.5	Implantação e condução do experimento.....	29
3.6	Sistema de irrigação.....	30
3.7	Características avaliadas.....	31
3.7.1	Altura do gramado.....	31
3.7.2	Taxa de cobertura verde (TCV).....	31
3.7.3	Índice de reflectância da folha (NDVI).....	32
3.7.4	Índice de cor verde (ICV).....	33
3.7.5	Massa acumulada de matéria seca das aparas.....	33
3.8	Tratamento estatístico.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1	Índice de reflectância da grama (NDVI).....	35
4.2	Taxa de cobertura verde (TCV).....	39
4.3	Índice de cor verde (ICV).....	43
4.4	Altura.....	47
4.5	Massa seca das folhas.....	50
5	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura da grama já abrange mais de 24.000 hectares de produção, e a partir de 2010, essa produção foi impulsionada para atender à demanda da construção civil, devido à Copa do Mundo (2014) e às Olimpíadas (2016) (Antoniolli, 2015). Com a expansão da cultura e sua ampla utilização em rodovias e aeroportos, em 2020, a produção estimada de grama ultrapassava 25.000 hectares (Associação Nacional Grama Legal, 2020).

Esse aumento das áreas de produção está diretamente relacionado ao crescimento da demanda do mercado interno. Não apenas pela questão estética, mas uma área gramada confere funções vitais, como a estabilização do solo, a redução da erosão e a melhoria da qualidade do ar (Villas Bôas *et al.*, 2020). Para atender a essas demandas, o mercado oferece uma ampla variedade de espécies, cada uma com suas características e exigências específicas.

Dentre essas características estão a forma de crescimento, a resistência dos tapetes ao pisoteio, as operações de manejo e a adaptabilidade às condições ambientais. As espécies comumente utilizadas incluem a grama São Carlos (*Axonopus spp.*) e a grama Esmeralda (*Zoysia japonica*). Recentemente, também tem surgido interesse por novas espécies, como a Zeon (*Zoysia matrella*) e Celebration (*Cynodon dactylon*) (Christians.; Patton; Law, 2016).

Com o crescimento do mercado e o interesse em novas espécies, torna-se necessário o estudo de práticas que promovam a redução dos custos de manutenção e produção. Tanto na produção quanto na manutenção de áreas gramadas, as operações de corte representam aproximadamente 40 a 50% dos custos operacionais de manutenção, sendo uma das atividades de maior impacto econômico devido ao elevado consumo de mão de obra, combustível, manutenção de máquinas e frequência de execução.

O crescimento excessivo do gramado, que muitas vezes é submetido a altas doses de nitrogênio, resulta em um maior número de operações de corte, aumentando o custo final de produção dos tapetes (Quiroga-Garza *et al.*, 2001). Nesse contexto, o uso de reguladores de crescimento surge como alternativa para o controle da parte aérea dos gramados, consequentemente reduzindo as operações de corte (Wherley; Sinclair, 2009).

O trinexapac-ethyl é um produto conhecido por sua utilização para redução dessas operações de manejo. Esse regulador de crescimento atua na redução da biossíntese do ácido giberélico (Rademacher, 2000). Esse produto é responsável por reduzir o alongamento celular, produzindo células mais curtas e espessas, aumentando o perfilhamento do gramado, e promovendo mudanças no comprimento total da raiz (Freitas *et al.*, 2002).

Com isso, o objetivo do estudo foi avaliar o desenvolvimento das espécies de grama Esmeralda, São Carlos, Zeon e Celebration quando submetidas a aplicações do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de grama

A produção de grama no Brasil teve início com a prática do extrativismo, e a principal espécie utilizada foi a Batatais (*Paspalum notatum*). Essa espécie era retirada de áreas sem um padrão específico e comercializada de forma informal (Souza; Cavallari; Gusmao, 2020). A partir de 1966, uma família de produtores iniciou a produção de grama com uma área de *Axonopus affinis*, e com o passar dos anos, a produção de novas espécies foi se popularizando, chegando hoje a uma estimativa de aproximadamente 25.000 hectares (Villas Bôas *et al.*, 2020).

A região de Itapetininga no Estado de São Paulo é responsável pela maior produção de grama do território nacional (Zanon, 2015).

Com essa expansão do mercado, a cada ano novas espécies surgem, e de acordo com o MAPA (2024), o registro nacional de espécies conta com 19 variedades de grama. Essas variedades são divididas em cultivares de clima quente e cultivares de clima frio (Emmons; Rossi, 2016). A grama Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud), uma grama classificada como clima quente, é a cultivar mais popular e mais vendida no Brasil totalizando 74% a 81% do mercado nacional (Zanon; Pires, 2010).

Mesmo com uma grande variedade de espécies, o manejo para a produção de grama se baseia em operações básicas: preparo do solo, plantio, adubações, irrigação, uso de defensivos, operações de corte do gramado, entre outras. Cada produtor segue uma linha de cultivo, mas, de forma geral, as operações de corte são responsáveis por parte dos custos de produção.

As operações de corte necessitam de mão-de-obra especializada para a execução, de maquinário específico, além de combustível e manutenção desses equipamentos. Todos esses processos geram um custo que afeta diretamente o preço final do tapete (Busey; Parker, 1992).

Uma área gramada leva em torno de 12 meses para a formação do tapete para a comercialização. Isso varia de acordo com o manejo utilizado na área. Sabe-se que a grama responde rapidamente a adubação nitrogenada. Essa resposta ocorre com o crescimento da parte aérea. Com isso, as operações de corte são realizadas muitas vezes ao longo do ciclo de cultivo (Godoy *et al.*, 2012).

2.2 Espécies de grama

Existem diversas variedades de grama disponíveis no mercado. A escolha da cultivar ideal depende do local de plantio, que inclui sombreamento, disponibilidade de água e tipo de solo. As formas de crescimento também influenciam nessa escolha, podendo as gramas se desenvolverem com hábito rizomatoso, estolonífero, rizomatoso-estolonífero e cespitoso (Christians; Patton; Law, 2016).

As gramas com hábito rizomatoso possuem essas estruturas de forma subsuperficial, permitindo a colheita em área total. Isso ocorre porque os rizomas permanecem em parte no solo após a colheita, permitindo que a grama volte a brotar. Nas gramas com hábito estolonífero, é necessário deixar uma faixa de tapete no solo durante a colheita, pois suas estruturas de crescimento (estolões) são superficiais e são retiradas junto com o tapete (Godoy *et al.*, 2012).

As espécies comumente utilizadas incluem a grama São Carlos (*Axonopus spp.*) e a grama Esmeralda (*Zoysia japonica*). Recentemente, também tem surgido interesse por novas espécies, como a Zeon (*Zoysia matrella*) e Celebration (*Cynodon dactylon*).

A grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) é a espécie mais utilizada no paisagismo devido as suas características e adaptabilidade. É uma espécie de grama adaptada à estação quente com crescimento rizomatoso-estolonífero. Suas folhas possuem textura fina a média com coloração verde intensa e alta densidade (Christians; Patton; Law, 2016; Backes *et al.*, 2017).

Devido as condições climáticas do Brasil, essa espécie possui bom desenvolvimento em grande parte do território nacional. Possuindo bom desenvolvimento em diferentes tipos de solos e com média exigência nutricional. Outra característica importante da grama Esmeralda é sua resposta ao pisoteio. Essa variedade possui boa resistência, sendo assim, indicada para áreas de grande circulação (Godoy *et al.*, 2012).

A espécie de grama conhecida como Zeon corresponde a uma *Zoysia matrella*. Possui crescimento rizomatoso-estolonífero, assim como a grama Esmeralda, entretanto, suas folhas são de aspecto mais fino e de coloração mais escura. Em relação à sua aplicabilidade, é recomendada tanto para campos esportivos como para residências devido à sua boa tolerância ao sombreamento e

pisoteio, além da baixa manutenção, devido ao seu desenvolvimento mais lento (Ntoulas; Nektarios; Nydrioti, 2013).

A grama São Carlos (*Axonopus spp.*), conhecida por sua coloração verde brilhante e apelidada de "sempre verde", mantém sua cor intensa mesmo em baixas temperaturas devido à sua origem na região sul do Brasil. Ela se adapta bem a solos com variações de pH e tem baixa exigência nutricional (Gurgel, 2003).

Contudo, possui menor resistência ao pisoteio devido ao seu desenvolvimento ser por estolões, sendo assim, mais superficial. Suas folhas largas permitem o desenvolvimento em áreas semi-sombreadas, compensando a falta de luz (Gurgel, 2003; Greene *et al.*, 2008).

A grama Celebration (*Cynodon dactylon*) é correspondente a uma espécie de bermuda. Essa cultivar é recomendada para regiões com elevadas temperaturas, sendo assim, com baixa tolerância ao sombreamento. Possui boa resistência ao déficit hídrico, entretanto é exigente em relação a nutrição. Essa bermuda demanda de uma frequência maior de cortes devido a sua rápida recuperação, sendo amplamente indicada para gramados esportivos que necessitam dessa recuperação (Silva, 2008).

2.3 Regulador de crescimento

No manejo de gramados, recomenda-se que a remoção da parte aérea não ultrapasse um terço da altura total das plantas. Tal prática assegura a manutenção de área foliar ativa para a fotossíntese, prevenindo o enfraquecimento do tapete e o estresse fisiológico. Além disso, cortes frequentes podem favorecer o acúmulo de resíduos vegetais, como raízes, estolões, rizomas e fragmentos de folhas, originando o chamado thatch, camada densa que se forma logo abaixo da superfície do solo, especialmente em gramados submetidos a manejo intensivo (Christians; Patton; Law, 2017).

Independentemente da finalidade do gramado ou da espécie utilizada, o corte constitui-se no principal componente do custo de manutenção, uma vez que sua frequência está diretamente relacionada ao crescimento vegetativo e ao florescimento das plantas, intensificados sobretudo entre os meses de outubro e março (March; Martins; Mcelroy, 2013).

Estima-se que as operações de corte possam representar de 40 a 60% dos custos totais de manutenção em gramados esportivos e ornamentais (Turgeon,

2002). Para mitigar essa demanda, o uso de reguladores de crescimento tem se consolidado como ferramenta eficiente, uma vez que sua aplicação pode reduzir em até 30 a 50% a frequência de cortes, além de favorecer a uniformidade estética e a qualidade visual do gramado (Fidanza *et al.*, 2006).

Os reguladores de crescimento vegetal são compostos de origem natural (fitohormônios) ou sintética, empregados para promover ou inibir o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como modificar processos fisiológicos e metabólicos específicos (Castro; Sena; Kluge, 2002).

Entre eles, destaca-se o trinexapac-ethyl, que atua como inibidor da biossíntese de giberelinas, reduzindo o alongamento celular e favorecendo maior compactação do dossel sem afetar significativamente a taxa de perfilhamento (Rademacher, 2015).

De acordo com a literatura, os reguladores são classificados em cinco categorias: (A) inibidores do alongamento celular na via tardia da biossíntese de giberelinas; (B) inibidores do alongamento celular na via inicial da biossíntese de giberelinas; (C) inibidores da divisão celular; (D) herbicidas com propriedades reguladoras de crescimento; e (E) fitohormônios (March; Martins; McElroy, 2013; Turgeon, 2002).

Do ponto de vista fisiológico, a frequência de corte influencia diretamente a dinâmica de carboidratos de reserva, afetando rizomas e raízes, o que pode comprometer a tolerância ao estresse hídrico e biótico. Adicionalmente, a presença de thatch excessivo favorece o surgimento de doenças como *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia homoeocarpa*, ampliando os custos de manejo.

Em contrapartida, cortes adequados estimulam o perfilhamento lateral, aumentando a densidade do dossel e melhorando a cobertura do solo. Ferramentas de agricultura de precisão como sensores de clorofila (SPAD, CM1000) e índices espectrais (NDVI), têm sido utilizadas para monitorar o vigor do gramado e auxiliar na tomada de decisão quanto à intensidade e frequência de cortes, bem como na aplicação de reguladores de crescimento (Spectrum Technologies, 2017).

Sob a ótica da sustentabilidade, o ajuste na frequência de corte e o uso de reguladores de crescimento contribuem para a redução do consumo de combustível e das emissões de CO₂. Nesse contexto, o manejo integrado, aliado ao uso de ferramentas de precisão, representa uma tendência para a manutenção eficiente, sustentável e economicamente viável dos gramados modernos.

2.3.1 Trinexapac-ethyl

O trinexapac-ethyl (TE) é um dos reguladores de crescimento mais utilizados no manejo de gramados, pertencente à Classe A, uma vez que atua como inibidor da etapa final da biossíntese de giberelinas ativas, especialmente na conversão de GA20 em GA1 (Erwin; Heins, 1995; Mccann; Huang, 2007). Esse bloqueio limita o alongamento celular, reduz a taxa de crescimento dos colmos e resulta em plantas com dossel mais compacto e porte reduzido.

A absorção do TE ocorre predominantemente via folhas e gemas terminais, com rápida translocação, permitindo que os efeitos de redução do crescimento sejam observados em até 48 horas após a aplicação; já a absorção radicular é pouco significativa (Freitas, 2002). Ao restringir o alongamento vertical, o regulador reduz a altura das plantas, diminui as taxas de evapotranspiração e pode contribuir para a economia de água, chegando a reduções de até 25% no consumo hídrico (Zhou; Lambrides; Fukai, 2014).

Além de limitar o crescimento em altura, o trinexapac-ethyl pode influenciar diversos atributos do gramado. Em concentrações moderadas, promove aumento da densidade do tapete, da intensidade da cor verde e da produção de carboidratos de reserva, sem comprometer a qualidade visual; em alguns casos, chega a melhorá-la (Goss *et al.*, 2002; Pornaro *et al.*, 2017). O efeito positivo sobre o perfilhamento e o crescimento radicular contribui para a formação de um tapete mais uniforme e resiliente (Rademacher, 2015).

Pesquisas demonstram que o TE está associado ao aumento da tolerância a estresses ambientais, como déficit hídrico, sombreamento, salinidade e pisoteio, além de modificar processos ligados à fotossíntese e ao metabolismo foliar (Rademacher, 2015; Reasor; Brosnan, 2020).

Heckman *et al.* (2002) reportaram incremento nas taxas fotossintéticas em gramados tratados com TE, favorecendo a tolerância ao sombreamento. Da mesma forma, Steinke e Stier (2003) observaram aumento da rigidez foliar, resultando em maior resistência ao pisoteio e melhor desenvolvimento de estruturas reprodutivas.

Estudos específicos com *Zoysia japonica* 'Esmeralda' indicam que a aplicação de 96 g i.a. ha⁻¹ de trinexapac-ethyl elevou em 97% o número de perfilhos, mesmo sob condições de 77% de sombreamento (Ervin; Fresenburg; Dunn, 2002). Resultados semelhantes foram descritos por Sattar *et al.* (2019) e Williams, Burrus e

Cropper (2010), que verificaram maior capacidade de defesa das plantas sob condições de estresse biótico e abiótico. Assim, o trinexapac-ethyl representa uma ferramenta eficaz no manejo de gramados, proporcionando equilíbrio entre qualidade estética, sustentabilidade e redução da frequência de cortes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no município de Botucatu, SP (22°51' S, 48°26' W; 810 m de altitude média). A estrutura apresentava dimensões de 7,0 × 30,0 m, composta por estrutura metálica e revestida com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 100 µm de espessura, estando situada no Departamento de Ciência do Solo.

3.2 Caracterização do clima

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como Cwa (mesotérmico subtropical úmido), caracterizado por inverno seco e concentração das precipitações entre novembro e abril, com média anual de 1.433 mm. Considerando que o experimento foi conduzido entre dezembro e maio, abrangendo as estações de verão e outono, a casa de vegetação foi manejada de modo a evitar elevação excessiva da temperatura interna, por meio de aberturas laterais na estrutura (Figuras 1 e 2).

Figura 1 – Dados de temperatura mínima, média e máxima da cidade de Botucatu de Dezembro/2024 a Maio/2025 (Botucatu – SP, 2025) (Fonte: Inmet, 2025)

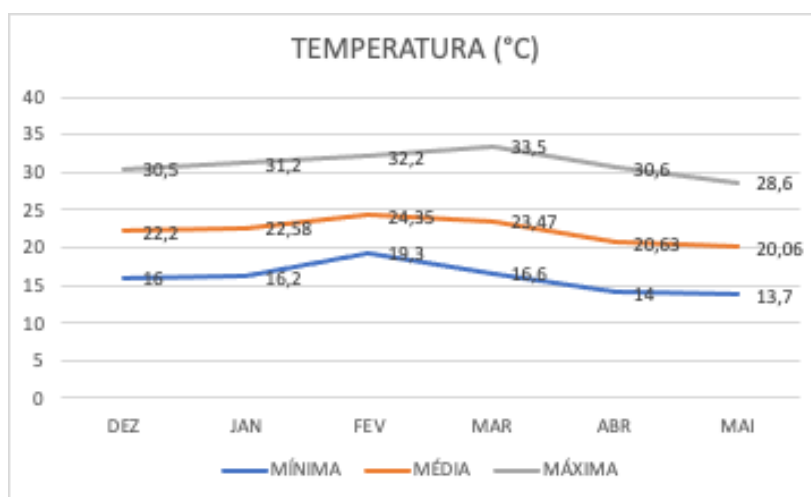
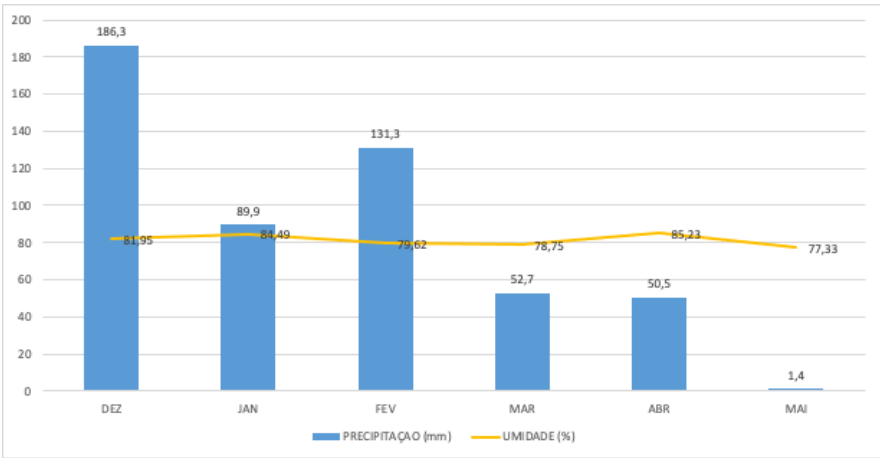


Figura 2 – Dados de precipitação (mm) e umidade (%) da cidade de Botucatu de Dezembro/2024 a Maio/2025 (Botucatu – SP, 2025) (Fonte: Inmet, 2025)



3.3 Caracterização do solo

O experimento foi composto por 64 vasos plásticos de 5 litros. O solo utilizado foi coletado na cidade de Botucatu e classificado como Latossolo Vermelho. Foi utilizado na extremidade inferior do vaso uma tela para auxiliar na drenagem e evitar perda de solo. Uma amostra do solo utilizado para enchimento dos vasos foi encaminhada para determinação das características químicas (Tabela 1) e granulométricas (Tabela 2), de acordo com a Raji *et al.* (2001).

O solo foi peneirado e corrigido com base na análise química foi realizada a aplicação de calcário dolomítico para a elevação do V(%) para 70%, de acordo com o recomendado por Godoy *et al.* (2012) para implantação de gramados.

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo utilizado no experimento - Botucatu, SP, 2025

pH	M.O.	P resina	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmolc/dm ³						
4,9	18	4	9	70	0,4	9	1	80	13

Tabela 2 - Resultado da análise física do solo utilizado no experimento - Botucatu, SP, 2025

Areia	Silte	Argila	Textura
g Kg ⁻¹			
485	72	443	Argilo-arenoso

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento possui delineamento em esquema fatorial de 4 espécies de grama (Esmeralda, São Carlos, Zeon e Celebration) e 4 doses de Trinexapac-ethyl (0, 80, 160 e 240 g i.a.ha⁻¹) com 4 blocos totalizando 64 parcelas experimentais.

Os tratamentos foram aplicados com o auxílio de pulverizador de forma individual em cada vaso uma vez ao mês até o fechamento completo do vaso com a espécie de grama. O produto utilizado foi o Trinexapac-ethyl, dosado com auxílio de seringa graduada em ml.

3.5 Implantação e condução do experimento

O experimento foi instalado em dezembro de 2024. A coleta das mudas foi realizada simultaneamente ao plantio, visando evitar a perda de vigor do material vegetal. Para a obtenção das mudas, utilizou-se um trado do tipo sonda, que permitiu a coleta de material vegetal em áreas gramadas das espécies utilizadas no experimento. Cada muda foi retirada com dimensões de 5 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento (Figura 3).

Figura 3 – Muda de grama retirada com trado tipo sonda (Botucatu – SP, 2025)



Fonte: Maria Clara L. M. Bégueline

As aplicações de trinexapac-ethyl foram realizadas mensalmente, e as avaliações foram realizadas quatro vezes ao longo do cultivo da grama. As adubações de manutenção foram realizadas ao longo do período experimental, com

o objetivo de evitar a perda de vigor das plantas em decorrência de deficiências nutricionais, seguindo o manejo nutricional comumente adotado em áreas comerciais de produção de gramados. O adubo utilizado foi Fosfato Monoamônico (MAP) na dose de 1,5 g/vaso.

3.6 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi por gotejamento. Esse sistema foi constituído por linha principal em PVC, registros, linhas de derivação com mangueiras de polietileno do tipo “cega”, com diâmetro de 16 mm e microtubos para distribuição centralizados em cada vaso. Utilizaram-se gotejadores de botão autocompensante, com vazão de $2,0 \text{ L h}^{-1}$ com pressão de serviço de 15 psi. O sistema de irrigação foi alimentado por uma caixa d'água contendo 1.000L (Figura 4).

Figura 4 – Sistema de irrigação por gotejamento (Botucatu – SP, 2025)



3.7 Características avaliadas

3.7.1 Altura do gramado

As medidas de altura do gramado foram realizadas em três pontos dentro de cada parcela com o auxílio de régua graduada (Figura 5).

Figura 5 - Medição de altura da grama com auxílio de régua graduada (Botucatu – SP, 2025)



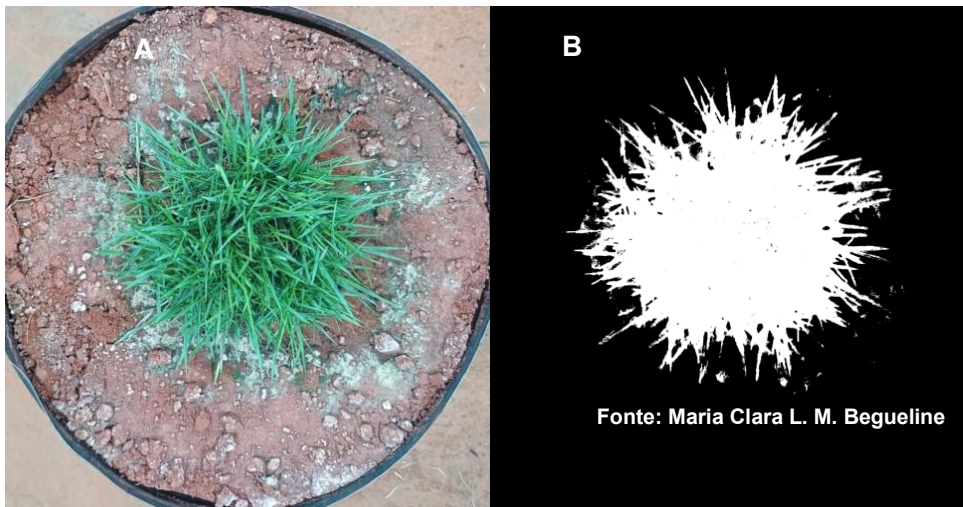
Fonte: Maria Clara L. M. Beguelin

3.7.2 Taxa de cobertura verde (TCV)

A taxa de cobertura verde pela grama foi avaliada através da análise de imagem digital, modificada de Richardson, Karcher e Purcell (2001). As imagens digitais foram obtidas a partir de um smartphone, com câmera de 12 MP, alojada em uma extremidade de uma caixa fechada com iluminação controlada denominada “light box”, semelhante a produzida por Peterson, Arnold e Bremer (2011), assim, evitando qualquer tipo de sombra que comprometa a imagem.

As imagens foram descarregadas em um computador e determinada a TCV por meio do software Canopeo. Esse software permite que seja feita a contagem dos pixels verdes das imagens para contabilizar somente a área verde. Ele identifica os pixels na tonalidade verde, distinguindo-os das demais cores. Com isso, foi possível diferenciar as áreas gramadas daquelas com solo exposto (Figura 6).

Figura 6 – Imagem original (A) e imagem após a determinação da taxa de cobertura verde através do software Canopeo (B) (Botucatu – SP, 2025)



3.7.3 Índice de reflectância da folha (NDVI)

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foi avaliado mensalmente, com o auxílio do aparelho portátil Greenseeker Handheld Crop Sensor (Trimble®), que determina a reflectância das folhas. As leituras foram realizadas a uma altura de 0,6 m da superfície gramada (Figura 7).

Figura 7 - Aferição do Índice de vegetação por diferença normalizada com aparelho portátil Greenseeker (Botucatu – SP, 2025)



3.7.4 Índice de cor verde (ICV)

O Field Scout Chlorophyll Meter é um dispositivo portátil desenvolvido para avaliar, de maneira rápida e sem danificar o tecido vegetal, a quantidade relativa de clorofila nas folhas. No manejo de gramados, é especialmente útil para diagnosticar o estado nutricional, com destaque para o nitrogênio, cuja disponibilidade influencia diretamente a síntese de clorofila.

O princípio de funcionamento baseia-se na emissão de luz em dois comprimentos de onda: vermelho (aproximadamente 660 nm) e infravermelho próximo (cerca de 940 nm). Durante a medição, a luz atravessa a lâmina foliar e é captada por um sensor óptico posicionado do lado oposto.

Como a clorofila absorve grande parte da radiação vermelha e praticamente não retém a luz no infravermelho próximo, o aparelho registra a intensidade de cada feixe transmitido/refletido. A relação entre essas leituras é processada para gerar um índice relativo de clorofila, um valor numérico, sem unidade, que normalmente varia entre 0 a 999, permitindo comparar rapidamente o vigor foliar entre diferentes plantas ou áreas (Spectrum Technologies, 2017).

3.7.5 Massa acumulada de matéria seca das aparas

As avaliações foram realizadas mensalmente, onde a grama dos vasos foi aparada, utilizando tesoura elétrica Makita, mantendo uma altura mínima de 25 mm. Essas aparas foram coletadas e armazenadas em sacos de papel, e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, na temperatura de 65°C, e após seca, foi pesada em balança de precisão para determinação da fitomassa seca.

Ao término do experimento, as gramas foram retiradas dos vasos e submetidas à lavagem para a remoção do solo. Em seguida, com o auxílio de uma tesoura, realizou-se a separação da parte aérea. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa para a pesagem e determinação da massa (Figura 8).

Figura 8 – Parcela experimental após a retirada do vaso e após a lavagem do solo (Botucatu – SP, 2025)



Fonte: Maria Clara L. M. Begueline

3.8 Tratamento estatístico

Os resultados foram submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade para comparação entre as espécies de grama, e regressão para as doses quando significativo, utilizando o programa estatístico “Sisvar” para análise dos dados e “Sigma Plot” para confecção dos gráficos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Índice de reflectância da grama (NDVI)

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) apresentou elevada sensibilidade às variações impostas pelo uso do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e pelas diferenças morfofisiológicas entre as espécies avaliadas. De modo geral, os resultados para o fator espécie foram consistentes e altamente significativos em todas as datas, indicando que a variabilidade genética entre os cultivares (Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon) exerceu papel determinante sobre a resposta do dossel (Tabela 3).

Tabela 3 – Índice de reflectância (NDVI) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em diferentes datas de avaliações realizadas no gramado (Botucatu-SP, 2025)

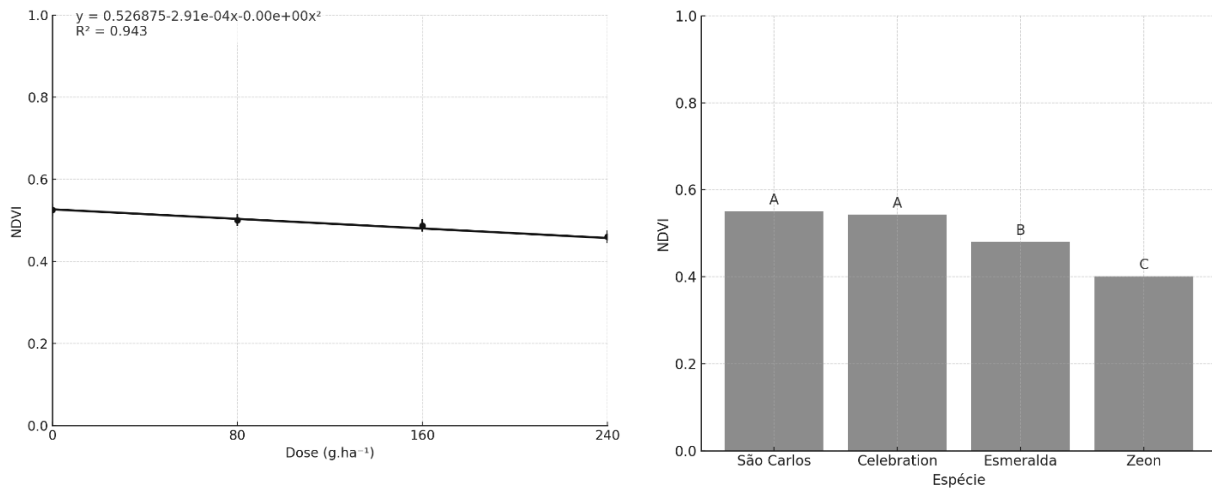
Datas	-----NDVI-----				
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
	avaliação 20/02/2025	avaliação 10/03/2025	avaliação 27/03/2025	avaliação 14/04/2025	avaliação 03/05/2025
F dose	56,43**	90,82**	12,93**	28,90**	22,42**
F espécie	159,59**	332,28**	44,14**	46,54**	85,86**
F (dose x espécie)	1,71 ^{ns}	5,48**	1,38 ^{ns}	2,57*	4,18**
Bloco	2,96*	5,35**	2,15 ^{ns}	2,48*	4,31**
C.V. (%)	10,91	6,74	19,82	10,59	7,47

*- significativo a 5% pelo teste F. **-significativo a 1% pelo teste F. ns- Não significativo.

Esse resultado corrobora estudos prévios que apontam diferenças intrínsecas na reflectância de gramíneas, relacionadas à arquitetura foliar, densidade de perfilhos e concentração de pigmentos fotossintéticos (Bremer *et al.*, 2011).

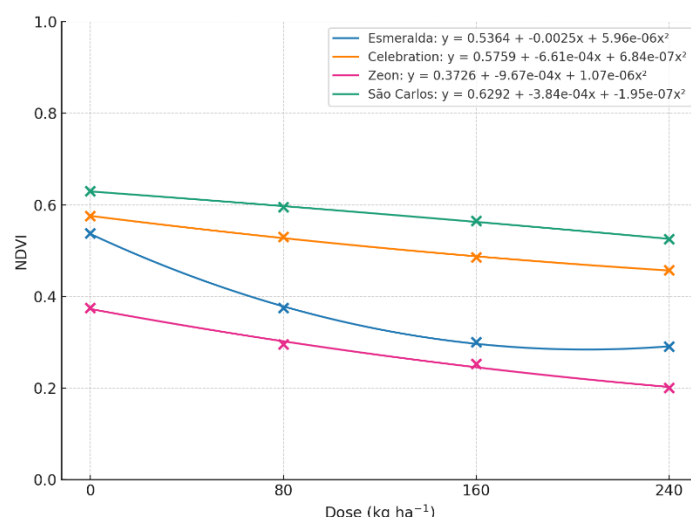
Para a primeira avaliação, não houve interação entre os fatores, entretanto, as espécies demonstraram resposta decrescente quando submetidas ao regulador de crescimento. As espécies São Carlos e Celebration apresentaram as maiores médias de NDVI, evidenciando um maior desenvolvimento inicial dessas espécies (Figura 9).

Figura 9 - Análise de regressão e teste de Tukey do índice de reflectância (NDVI) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon submetidas ao regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 20/02/2025



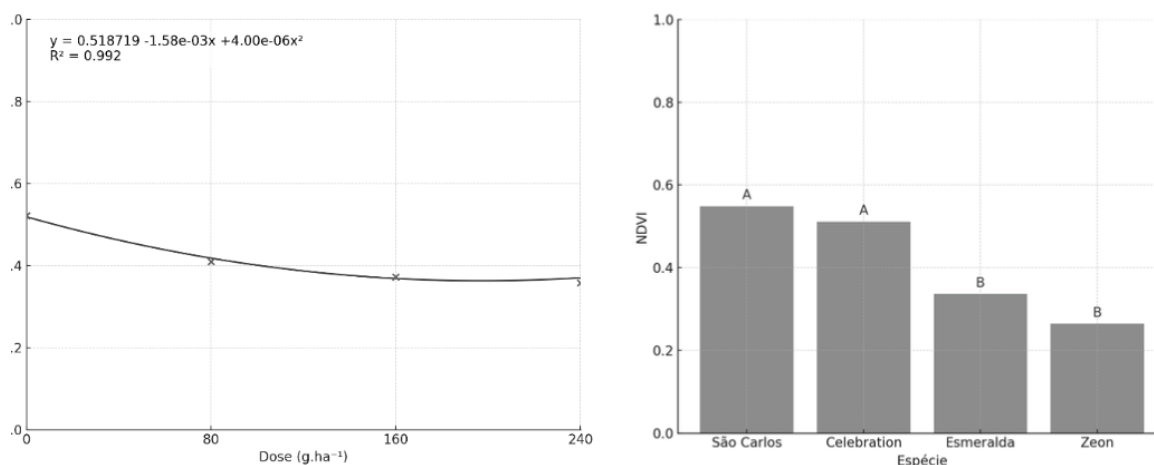
Observou-se significância estatística na maioria das avaliações, com destaque para a segunda data (10/03). Esse comportamento sugere que, em estádios intermediários de ação do regulador, o NDVI é capaz de discriminar de forma mais clara os efeitos fisiológicos decorrentes da inibição da biossíntese de giberelinas, tais como menor alongamento celular e maior compactação do dossel (Bremer *et al.*, 2011). As espécies São Carlos e Celebration apresentaram os melhores resultados de NDVI, sendo estes decrescentes com o aumento da dose do regulador (Figura 10).

Figura 10 - Análise de regressão do índice de reflectância (NDVI) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 10/03/2025



Em contrapartida, na terceira avaliação (27/03) o efeito foi reduzido, o que pode estar associado à recuperação parcial das plantas ou à estabilização temporária do efeito do trinexapac-ethyl (Figura 11).

Figura 11 - Análise de regressão e teste de Tukey do índice de reflectância (NDVI) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon submetidas ao regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 27/03/2025



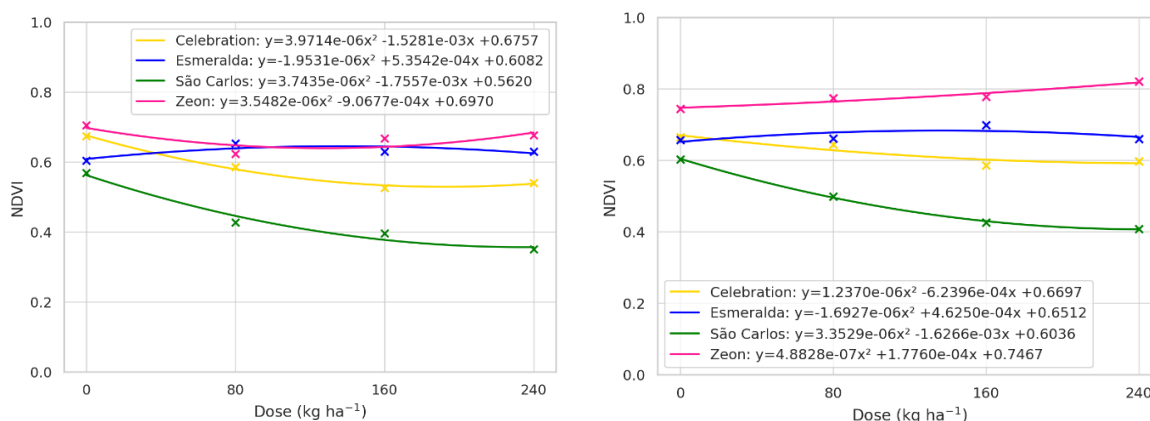
A interação dose × espécie mostrou-se significativa em determinadas datas (10/03, 14/04 e 03/05), indicando que a resposta ao regulador não é uniforme entre as gramas. As espécies São Carlos e Celebration apresentaram os maiores resultados nas primeiras avaliações, enquanto Zeon e Esmeralda os menores. Já nas avaliações finais, as espécies com o desenvolvimento reduzido apresentaram

melhora nos valores de NDVI (Zeon e Esmeralda) (Figura 12). Isso acontece devido a uma recuperação no desenvolvimento dessas plantas quando submetidas ao regulador.

Esse comportamento indica que as espécies Esmeralda e Zeon foram mais suscetíveis no início do desenvolvimento ao Trinexapac-ethyl quando comparadas a São Carlos e Celebration que só apresentaram essa suscetibilidade ao produto quando seu desenvolvimento estava avançado.

As espécies Celebration e São Carlos ainda apresentaram desenvolvimento decrescente com o aumento da dose mesmo na última avaliação, demonstrando seu potencial de controle do desenvolvimento com o aumento da dose do regulador de crescimento (Figura 12).

Figura 12 - Análise de regressão e teste de Tukey do índice de reflectância (NDVI) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon submetidas ao regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 14/04/2025 e 03/05/2025



Do ponto de vista fisiológico, o aumento do NDVI em determinados tratamentos está relacionado à maior absorção de radiação no vermelho ($\lambda \approx 660$ nm) e maior reflectância no infravermelho próximo ($\lambda \approx 800$ nm), fenômeno diretamente vinculado à integridade foliar, teor de clorofila e densidade de tecido fotossintético (Haboudane *et al.*, 2004). Assim, o NDVI se confirma como ferramenta robusta para monitoramento de gramados, permitindo detectar efeitos sutis de reguladores de crescimento e auxiliar em recomendações específicas de manejo para cada cultivar.

Em síntese, os resultados demonstram que o NDVI não apenas discriminou diferenças inerentes às espécies, como também refletiu os efeitos do trinexapac-ethyl ao longo do tempo. A interação significativa em determinados momentos

evidencia a necessidade de manejo diferenciado entre cultivares, reforçando a importância do monitoramento remoto como aliado na tomada de decisão em gramados de alta exigência.

Schwartz *et al.* (2020) verificaram que híbridos de grama bermuda sob sombreamento severo apresentaram maiores índices de NDVI quando tratados com TE, demonstrando que o regulador auxilia na manutenção da qualidade visual e da atividade fotossintética, mesmo em situações de limitação de luz.

De forma semelhante, Serena *et al.* (2018) e Schiavon *et al.* (2019) observaram que, em gramados submetidos a déficit hídrico, o TE atuou em conjunto com outras práticas de manejo para reduzir a perda de qualidade, contribuindo para valores de NDVI mais estáveis. Esses achados sustentam que, ao inibir o alongamento celular e direcionar recursos para manutenção de tecidos foliares mais compactos e funcionais, o trinexapac-ethyl não apenas reduz a frequência de cortes, mas também favorece a retenção da coloração verde e da cobertura fotossinteticamente ativa, atributos diretamente capturados pelo NDVI.

4.2 Taxa de cobertura verde (TCV)

A taxa de cobertura verde (TCV) apresentou forte sensibilidade às variações impostas pelo trinexapac-ethyl, especialmente a partir da segunda avaliação (20/02). Os valores de F indicaram que o efeito de dose foi altamente significativo em quase todas as datas, com exceção da primeira (07/02), na qual ainda não havia tempo suficiente para manifestação dos efeitos fisiológicos do regulador (Tabela 4).

Esse padrão demonstra que a TCV é uma variável robusta para monitorar mudanças na densidade e fechamento do dossel ao longo do tempo, uma vez que responde de maneira direta à arquitetura foliar e à capacidade de ocupação do solo pelas gramíneas.

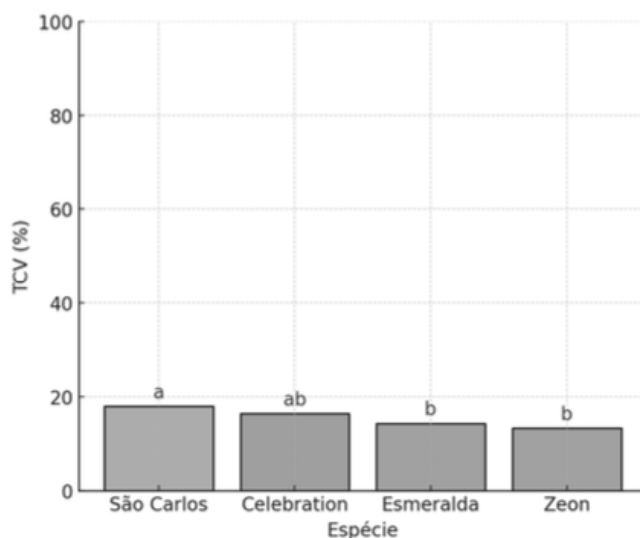
Tabela 4 – Taxa de cobertura verde (TCV) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em diferentes datas de avaliações realizadas no gramado (Botucatu-SP, 2025)

-----TCV-----						
Datas	1 ^a av.	2 ^a av.	3 ^a av.	4 ^a av.	5 ^a av.	6 ^a av.
	07/02	20/02	10/03	27/03	14/04	03/05
F dose	1,58 ^{ns}	50,88**	51,26**	27,89**	31,69**	35,93**
F espécie	6,35**	84,76**	228,34**	290,61**	206,04**	237,76**
F (dose x esp)	0,65 ^{ns}	5,08**	9,54**	9,26**	6,85**	4,17**
Bloco	3,50*	1,51 ^{ns}	12,50**	1,20 ^{ns}	1,93 ^{ns}	3,51*
C.V. (%)	21,27	21,66	13,35	12,53	11,32	9,52

*- significativo a 5% pelo teste F. **-significativo a 1% pelo teste F. ns- Não significativo.

Na primeira avaliação, a cobertura das mudas sobre os vasos ainda era incipiente, resultando em valores reduzidos de taxa de cobertura verde. Entretanto, a espécie São Carlos, em função da maior largura foliar característica, apresentou médias iniciais superiores em relação às demais gramíneas (Figura 13) (Samarakoon; Wilson; Shelton, 2009).

Figura 13 - Teste de Tukey da taxa de cobertura verde (TCV) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon submetidas ao regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 07/02/2025



A interação dos fatores foi significativa em todas as avaliações a partir da segunda data (20/02), sugerindo que o efeito do regulador não foi uniforme entre os cultivares. Esse resultado é fisiologicamente coerente, visto que a resposta ao

trinexapac-ethyl depende não apenas da dose aplicada, mas também da plasticidade morfológica e da taxa de alongamento celular de cada cultivar (Xu; Huang; Ervin, 2010). Enquanto cultivares de maior vigor podem manter altos níveis de cobertura mesmo sob doses elevadas, espécies de crescimento mais lento podem ter sua cobertura reduzida em função da menor produção de tecidos foliares.

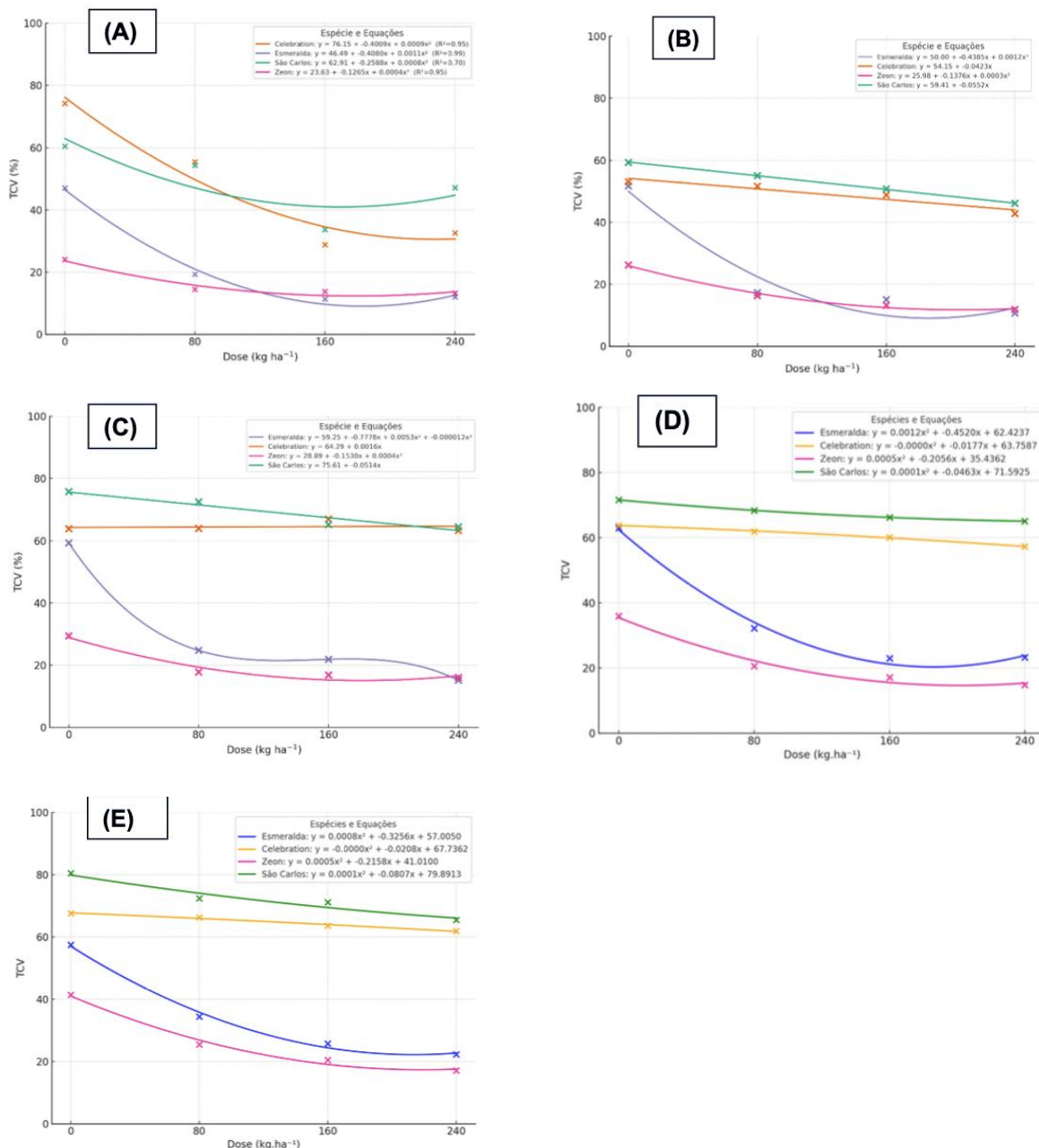
O comportamento das espécies foi parecido ao longo do experimento. As espécies Celebration e São Carlos apresentaram os maiores resultados de cobertura verde, se mostrando de forma decrescente com o aumento das doses do regulador de crescimento. A espécie Esmeralda demonstrou comportamento altamente suscetível a aplicação do regulador de crescimento (Figura 11).

A grama Esmeralda tem se mostrado responsiva à aplicação de trinexapac-ethyl, sobretudo em doses sequenciais ou únicas mais elevadas. Estudos demonstraram que aplicações acima de 226 g ha⁻¹ ou em dose única de 678 a 904 g ha⁻¹ reduziram de forma consistente a altura de plantas, a massa seca da parte aérea e a emissão de inflorescências, sem comprometer a qualidade visual do gramado. Esse comportamento evidencia que a Esmeralda apresenta boa tolerância ao regulador, possibilitando o manejo de crescimento sem prejuízo estético (Queiroz, 2016).

Para a grama São Carlos, o trinexapac-ethyl também promoveu reduções expressivas no crescimento vegetativo. Aplicado em dose de 250 g ha⁻¹, o regulador reduziu em cerca de 56,5% o desenvolvimento da parte aérea, tanto em ambiente de sol pleno quanto sob 50% de sombreamento. Esse resultado indica que, embora eficaz, o trinexapac-ethyl apresenta efeito menos seletivo nessa espécie em comparação a outros reguladores, como o ethephon ou o metsulfuron-methyl, os quais mostraram maior eficiência em reduzir altura e massa radicular sob condições de luminosidade restrita (Maciel *et al.*, 2011).

Ainda assim, o trinexapac-ethyl representa uma ferramenta útil para manejo do crescimento da São Carlos, especialmente quando o objetivo é reduzir cortes frequentes em áreas extensas ou sombreadas.

Figura 14 - Análise de regressão da taxa de cobertura verde (TCV) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 20/02 (A), 10/03 (B), 27/03 (C), 14/04 (D) e 03/05/2025 (E)



Do ponto de vista fisiológico, a TCV reflete não apenas a presença de área foliar verde, mas também a capacidade do gramado de ocupar os espaços do solo, reduzindo falhas e aumentando a uniformidade visual (Bremer *et al.*, 2011). A ação do trinexapac-ethyl, ao limitar o alongamento celular sem reduzir significativamente a

taxa de perfilhamento, pode favorecer maior compactação do dossel e maior cobertura em determinados cultivares (Radenmacher, 2000). Essa característica é desejável em gramados esportivos e ornamentais, nos quais a uniformidade e a densidade visual são atributos de qualidade fundamentais.

Do ponto de vista fisiológico, a TCV reflete não apenas a presença de área foliar verde, mas também a capacidade do gramado de ocupar os espaços do solo, reduzindo falhas e aumentando a uniformidade visual (Bremer *et al.*, 2011). A ação do trinexapac-ethyl, ao limitar o alongamento celular sem reduzir significativamente a taxa de perfilhamento, pode favorecer maior compactação do dossel e maior cobertura em determinados cultivares (Xu, Huang, Ervin, 2010). Essa característica é desejável em gramados esportivos e ornamentais, nos quais a uniformidade e a densidade visual são atributos de qualidade fundamentais.

Em síntese, a TCV mostrou-se altamente eficiente para discriminar tanto diferenças intrínsecas entre espécies quanto respostas ao regulador de crescimento. Os resultados confirmam que o manejo do trinexapac-ethyl deve ser ajustado de acordo com a espécie, visando otimizar a cobertura verde e, conseqüentemente, a qualidade estética e funcional do gramado.

4.3 Índice de cor verde (ICV)

O índice de cor verde (ICV) apresentou comportamento diferenciado em relação ao NDVI e à TCV, revelando menor sensibilidade às doses de trinexapac-ethyl. Os resultados mostram que o fator dose foi significativo apenas na primeira (20/02) e última avaliação (03/05), indicando que os efeitos diretos do regulador sobre a coloração foliar foram pontuais e menos consistentes ao longo do tempo. Esse padrão sugere que as gramas mantiveram a coloração verde mesmo quando submetidas aos tratamentos de trinexapac-ethyl (Tabela 5).

O fator espécie foi significativo em quatro das cinco avaliações (20/02, 10/03, 14/04 e 03/05), reforçando que diferenças genéticas influenciam a intensidade da coloração verde. Gramíneas como Celebration e São Carlos apresentaram maiores valores de ICV nas datas significativas, corroborando sua maior densidade de tecido foliar e pigmentação mais intensa. Já cultivares como Esmeralda e Zeon mostraram-se mais suscetíveis a variações de coloração, especialmente em estágios iniciais.

Tabela 5 – Índice de cor verde (ICV) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em diferentes datas de avaliações realizadas no gramado (Botucatu-SP, 2025)

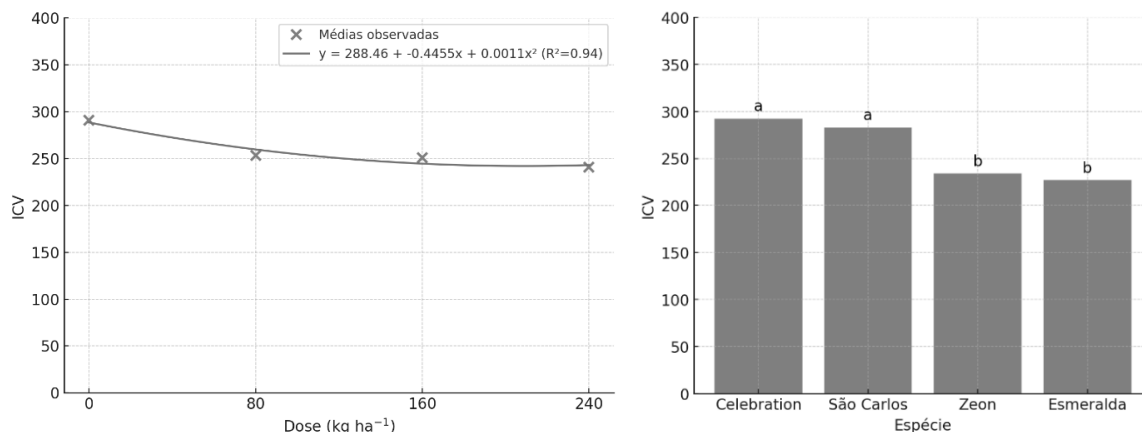
Datas	-----ICV-----				
	1^a	2^a	3^a	4^a	5^a
	avaliação 20/02/2025	avaliação 10/03/2025	avaliação 27/03/2025	avaliação 14/04/2025	avaliação 03/05/2025
F dose	6,02**	1,23 ^{ns}	2,08 ^{ns}	0,99 ^{ns}	4,03*
F espécie	14,03**	3,70*	1,21 ^{ns}	7,16**	13,85**
F (dose x espécie)	1,73 ^{ns}	5,13**	1,50 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,05 ^{ns}
Bloco	6,03**	0,98 ^{ns}	1,33 ^{ns}	2,11 ^{ns}	1,63 ^{ns}
C.V. (%)	13,74	13,53	12,91	9,29	9,57

*- significativo a 5% pelo teste F. **-significativo a 1% pelo teste F. ns- Não significativo.

Na primeira avaliação de ICV as espécies demonstraram comportamento de médias decrescentes com o aumento da dose de trinexapac-ethyl. Sendo que as espécies Celebration e São Carlos apresentaram os maiores valores de ICV (Figura 15).

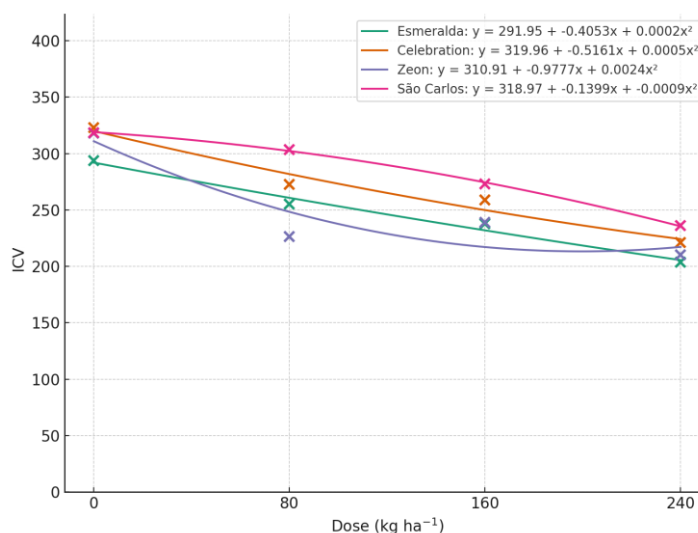
Do ponto de vista fisiológico, o trinexapac-ethyl pode favorecer indiretamente o aumento da intensidade verde por mecanismos relacionados à manutenção da clorofila e ao maior adensamento do dossel, sem comprometer o perfilhamento (Severmutlu *et al.*, 2012). No entanto, esses efeitos são menos consistentes no ICV quando comparados ao NDVI, o que indica que esse índice deve ser utilizado de forma complementar, sobretudo para avaliação da qualidade estética final do gramado.

Figura 15 - Análise de regressão e teste de Tukey do índice de cor verde (ICV) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon submetidas ao regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 20/02/2025



A interação dose $\times$ espécie foi significativa apenas na segunda avaliação (10/03), momento em que se observou maior discriminação entre os cultivares quanto à resposta do ICV ao regulador (Figura 16). Essa ocorrência pontual indica que, diferentemente da TCV e do NDVI, a cor verde das lâminas foliares não é tão diretamente modulada pela limitação do alongamento celular, mas pode sofrer influência indireta do trinexapac-ethyl sobre o metabolismo da clorofila e a integridade foliar (Ervin; Zhang, 2008; Xu; Huang; Ervin, 2010).

Figura 16 - Análise de regressão do índice de cor verde (ICV) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 10/03/2025



Em síntese, o ICV demonstrou menor sensibilidade que a TCV e o NDVI às variações de dose do trinexapac-ethyl, mas foi eficiente em discriminar diferenças entre espécies e em refletir parcialmente os efeitos estéticos do regulador. Dessa forma, sua utilização deve ser voltada principalmente ao acompanhamento da percepção visual e estética do gramado, em conjunto com índices espectrais mais responsivos, para subsidiar o manejo de cultivares sob diferentes condições de crescimento.

Figura 17 - Teste de Tukey da taxa do índice de cobertura verde (ICV) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon submetidas ao regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 14/04/2025

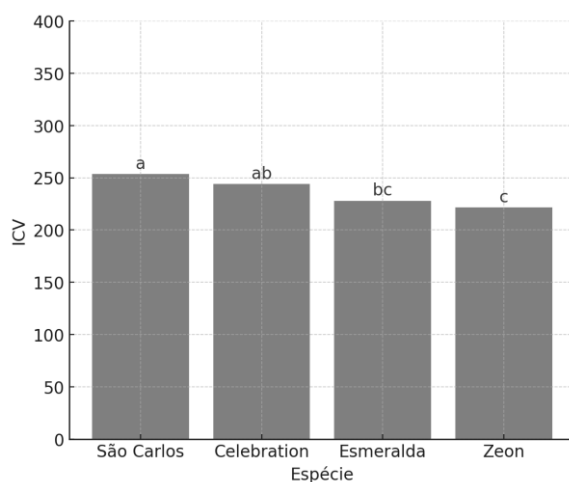
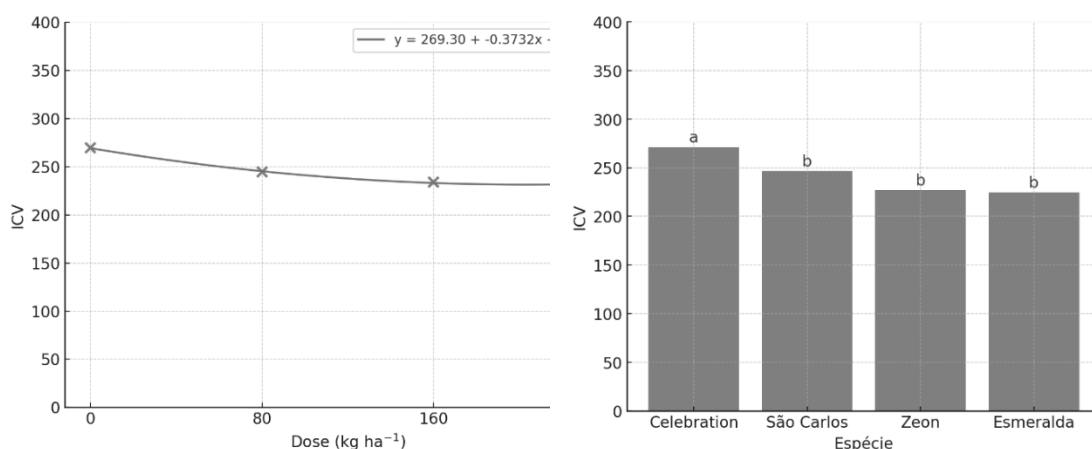


Figura 18 - Análise de regressão e teste de Tukey do índice de cor verde (ICV) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon submetidas ao regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 03/05/2025



A grama Celebration apresentou desempenho superior para o índice de cor verde (ICV) em comparação aos demais cultivares avaliados. Esse resultado está

associado à sua coloração naturalmente mais intensa e à elevada densidade foliar característica do cultivar, o que favorece maior reflexão nas faixas espectrais relacionadas ao verde.

Além disso, a Celebration responde positivamente à aplicação de trinexapac-ethyl, mantendo coloração verde mais uniforme e intensa ao longo do tempo, mesmo em condições de manejo restritivas. Tais atributos reforçam o potencial desse cultivar para uso em gramados esportivos e ornamentais, nos quais a qualidade estética e a uniformidade visual são determinantes de desempenho (Xu; Huang; Ervin, 2010; Severmutlu *et al.*, 2012).

4.4 Altura

Os resultados de altura do gramado evidenciam de forma consistente a eficácia do Trinexapac-ethyl na redução do alongamento celular e, consequentemente, no controle da parte aérea das quatro espécies avaliadas (Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon).

O fator dose foi altamente significativo em todas as datas de avaliação, confirmando que o aumento da concentração do regulador levou a reduções progressivas na altura. Esse comportamento é fisiologicamente esperado, pois o trinexapac-ethyl bloqueia etapas da biossíntese de giberelinas, hormônios responsáveis pelo alongamento celular.

Além disso, cada espécie obteve comportamento diferente quando submetidas às doses do regulador. Sendo que as interações foram significativas para quase todas as avaliações com exceção da última (Tabela 6).

Tabela 6 – Altura (cm) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em diferentes datas de avaliações realizadas no gramado (Botucatu-SP, 2025)

Datas	-----Altura-----				
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
	avaliação 20/02/2025	avaliação 10/03/2025	avaliação 27/03/2025	avaliação 14/04/2025	avaliação 03/05/2025
F dose	45,23**	32,06**	24,20**	56,65**	10,06**
F espécie	9,69**	22,94**	68,30**	31,92**	81,00**
F (dose x espécie)	2,87**	4,72**	4,19**	3,15**	1,40 ^{ns}
Bloco	1,26 ^{ns}	1,47 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,16 ^{ns}
C.V. (%)	27,16	19,67	15,63	12,88	14,23

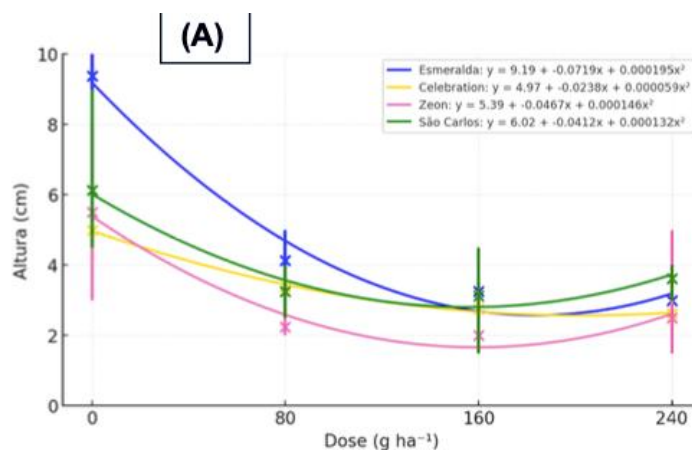
*- significativo a 5% pelo teste F. **-significativo a 1% pelo teste F. ns- Não significativo.

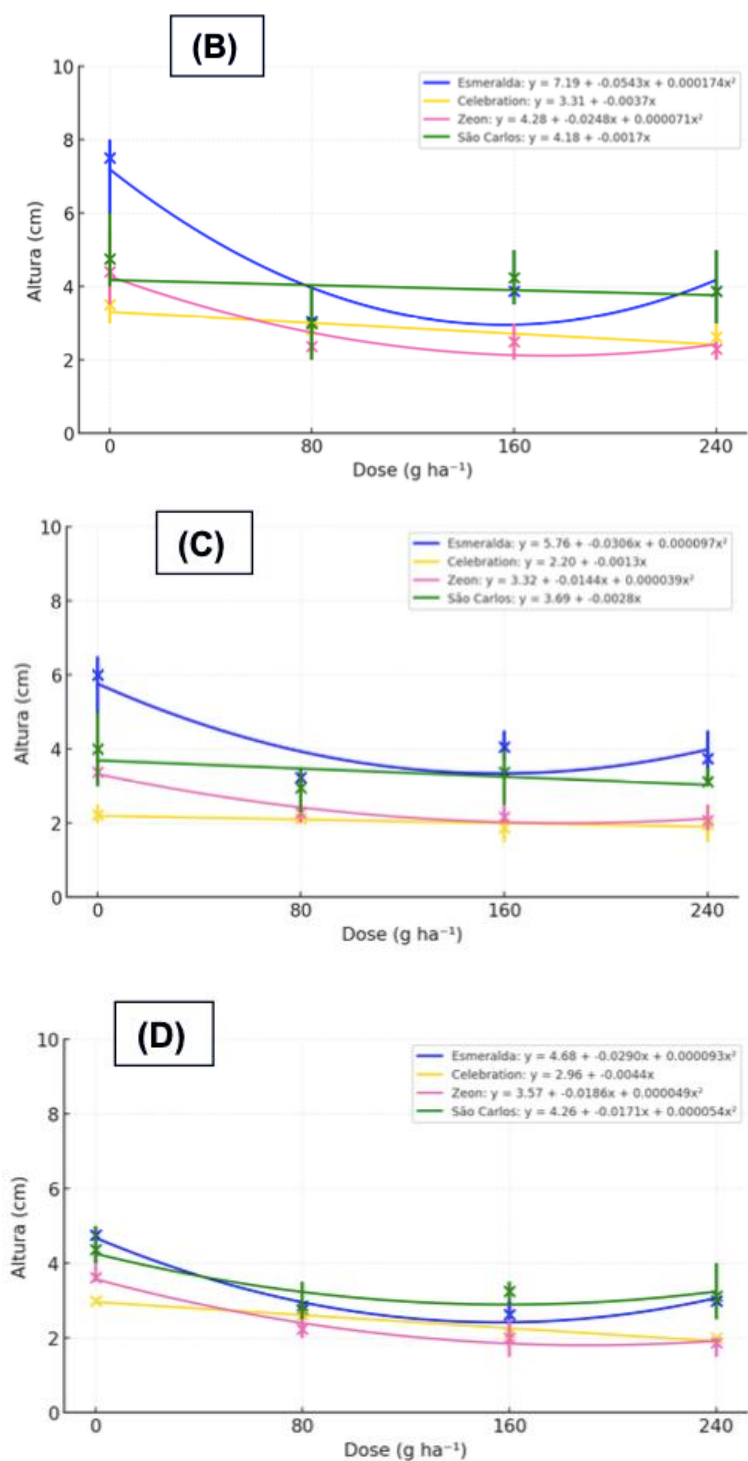
Na primeira avaliação as espécies demonstraram alta suscetibilidade ao trinexapac-ethyl na altura das plantas. A dose de 160 e 240 g.ha⁻¹ reduziu a altura das plantas principalmente no início do desenvolvimento. Nas avaliações seguintes à altura das plantas foi menor devido ao corte das aparas realizado. A grama Esmeralda apresentou maior resposta de redução da altura das plantas com o aumento da dose.

Devido aos cortes realizados na sequência, as respostas aos tratamentos com trinexapac-ethyl foram reduzidas nas avaliações finais (Figura 19).

Resultados semelhantes foram observados por Costa *et al.* (2009) ao avaliarem o efeito do trinexapac-ethyl em diferentes espécies de gramíneas tropicais, incluindo a grama Esmeralda (*Zoysia japonica*) e a grama São Carlos (*Axonopus compressus*). Os autores verificaram redução significativa da altura da parte aérea em todas as espécies estudadas, sendo o efeito mais acentuado em cultivares de maior porte, como São Carlos e Santo Agostinho, enquanto na Esmeralda a redução foi consistente, porém menos expressiva devido ao crescimento naturalmente mais contido.

Figura 19 - Análise de regressão da altura (cm) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 20/02 (A), 10/03 (B), 27/03 (C) e 14/04 (D)



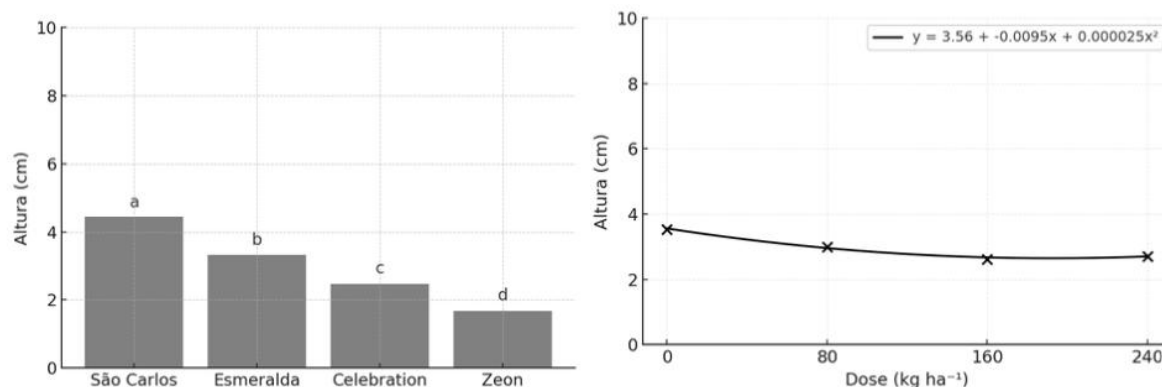


De forma complementar, Santos *et al.* (2024) também verificaram a eficiência do regulador em gramas de uso ornamental, destacando que o trinexapac-ethyl promoveu contenção do crescimento da parte aérea e manutenção da qualidade visual, favorecendo a uniformidade dos tapetes.

Na avaliação final não houve interação entre os fatores dose e espécie evidenciando comportamento similar entre as espécies quando submetidas as doses

do regulador de crescimento. A grama São Carlos apresentou as maiores médias de altura no final do experimento (Figura 20).

Figura 20 - Análise de regressão e teste de Tukey da altura (cm) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon submetidas ao regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 03/05/2025



4.5 Massa seca das folhas

Na primeira avaliação (07/02), o fator dose foi altamente significativo, confirmando que a aplicação do trinexapac-ethyl reduziu a produção inicial de biomassa aérea. Esse resultado é coerente com a literatura, já que o regulador atua inibindo a biossíntese de giberelinas, reduzindo o alongamento celular e, consequentemente, a produção de tecidos foliares.

Em avaliações subsequentes, a significância do fator dose foi menos consistente (não significativa em 10/03; significativa em 14/04 e 03/05), sugerindo que o efeito inibitório inicial pode ter sido parcialmente compensado pelo rebrote das plantas e pelo manejo de cortes ao longo do tempo. Esse padrão é semelhante ao observado por Pornaro *et al.* (2017), que destacaram redução inicial da biomassa aérea em gramíneas submetidas ao regulador, seguida de estabilização (Tabela 7).

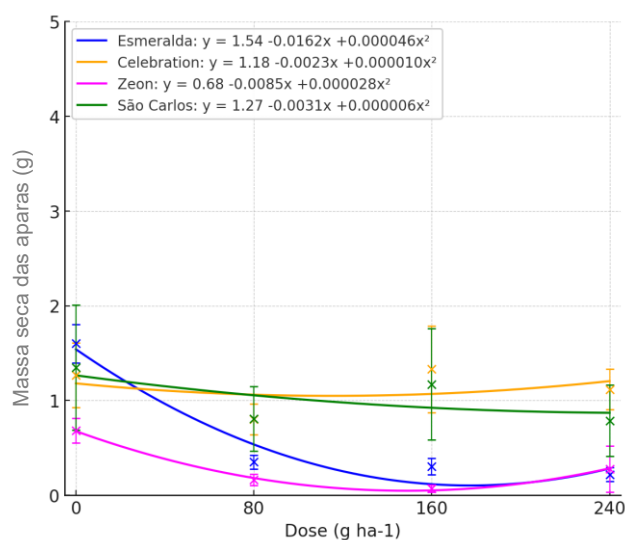
Tabela 7 – Massa seca (g) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em diferentes datas de avaliações realizadas no gramado (Botucatu-SP, 2025)

Datas	-----Massa-----			
	1ª avaliação 07/02/2025	2ª avaliação 10/03/2025	3ª avaliação 14/04/2025	4ª avaliação 03/05/2025
F dose	18,50**	1,32 ^{ns}	8,13**	6,94**
F espécie	27,56**	2,25 ^{ns}	54,99**	8,50**
F (dose x espécie)	3,80**	0,81 ^{ns}	1,50 ^{ns}	1,96 ^{ns}
Bloco	3,46*	1,21 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,21 ^{ns}
C.V. (%)	38,01	17,6	33,62	35,12

*- significativo a 5% pelo teste F. **-significativo a 1% pelo teste F. ns- Não significativo.

A interação foi significativa apenas na primeira avaliação, indicando que a resposta inicial ao regulador foi distinta entre cultivares. Isso sugere que gramíneas mais suscetíveis, como Esmeralda, sofreram maior supressão de biomassa logo após a aplicação, enquanto espécies mais vigorosas, como Celebration, mantiveram maior produção inicial. Nos períodos seguintes, a ausência de interação significativa demonstra que os cultivares tenderam a responder de forma semelhante ao aumento das doses (Figura 21).

Figura 21 - Análise de regressão da massa seca (g) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon em função das doses de regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 07/02/2025



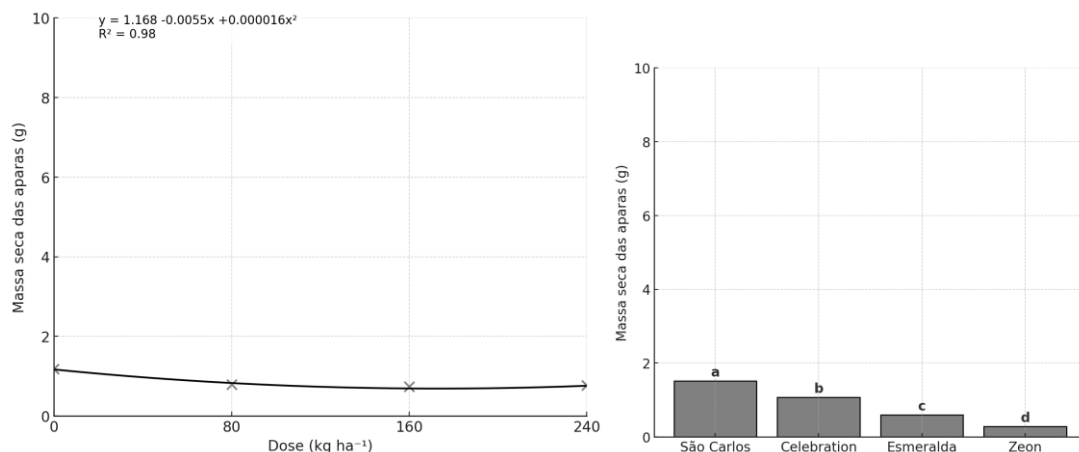
Do ponto de vista fisiológico, a redução da massa seca das aparas é um dos principais objetivos da aplicação de reguladores em gramados, pois implica menor

necessidade de cortes e redução de custos operacionais. O comportamento observado confirma a eficiência do regulador de crescimento em controlar a produção de biomassa, especialmente nas avaliações iniciais.

Além disso, a consistência das diferenças entre espécies evidencia a necessidade de manejo diferenciado: cultivares como São Carlos e Celebration podem demandar doses mais elevadas ou aplicações mais frequentes para atingir reduções equivalentes às obtidas naturalmente em Esmeralda e Zeon.

Estudos anteriores corroboram esses achados. Wherley e Sinclair (2009) reportaram que doses de trinexapac-ethyl em grama bermuda reduziram significativamente a biomassa aérea, sem comprometer a qualidade visual do gramado. De forma semelhante, Zanon (2015) observou que a aplicação do regulador em Esmeralda e Celebration promoveu redução consistente da massa seca, embora a magnitude do efeito tenha variado entre cultivares.

Figura 22 - Análise de regressão e teste de Tukey da altura (cm) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon submetidas ao regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 14/04/202

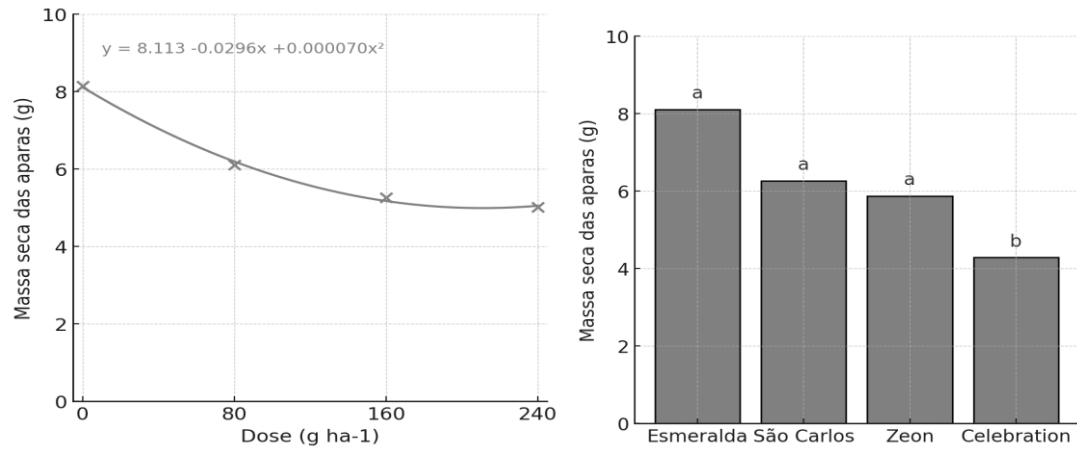


Na última avaliação, a quantidade de massa seca obtida foi superior em relação às anteriores em função da finalização do experimento, ocasião em que todas as estruturas vegetais foram coletadas e quantificadas, e não apenas as aparas provenientes dos cortes periódicos.

De modo geral, observou-se comportamento consistente entre as espécies submetidas às doses de trinexapac-ethyl, evidenciando redução progressiva da produção de biomassa com o incremento das doses aplicadas (Figura 23). Espécies

caracterizadas por lâminas foliares mais largas apresentaram maior acúmulo de massa seca total, refletindo sua maior capacidade de produção vegetativa.

Figura 23 - Análise de regressão e teste de Tukey da altura (cm) das gramas Esmeralda, Celebration, São Carlos e Zeon submetidas ao regulador de crescimento (trinexapac-Ethyl) em 03/05/2025



5 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que a aplicação de trinexapac-ethyl promoveu redução significativa da altura das plantas e da massa seca das aparas, confirmando a eficiência do regulador em limitar o crescimento vertical, evidenciada também pela diminuição dos valores de NDVI e da taxa de cobertura verde. Entretanto, observou-se que as plantas mantiveram sua coloração, em razão da baixa resposta do trinexapac-ethyl sobre o índice de cor verde (ICV), corroborando a indicação de que, mesmo com a supressão do crescimento, os gramados preservaram um padrão estético satisfatório.

De modo geral, o uso do trinexapac-ethyl mostrou-se eficiente na redução do crescimento das espécies de grama avaliadas, promovendo diminuição da altura, da produção de massa seca, do NDVI e da taxa de cobertura verde. Observou-se que o aumento das doses intensificou o controle do crescimento vegetativo, sendo a dose de 240 g i.a. ha⁻¹ a mais eficaz para reduzir a necessidade de cortes.

Entretanto, considerando o equilíbrio entre a contenção do crescimento e a manutenção da qualidade visual do gramado, a dose de 80 g i.a. ha⁻¹ apresentou o melhor desempenho geral, proporcionando redução satisfatória do crescimento sem comprometer de forma acentuada os índices relacionados ao vigor e à cobertura das plantas. Dessa forma, a utilização de doses moderadas de trinexapac-ethyl constitui uma estratégia promissora para reduzir os custos de manutenção dos gramados, mantendo características estéticas e funcionais adequadas.

REFERÊNCIAS

- ANTONIOLLI, D. **Produção, regularização e conquistas do mercado de gramas cultivadas no Brasil**. In: MATEUS, C. M. D.; VILLAS BÔAS, R. L.; ANDRADE, T. F.; OLIVEIRA, M. R. (org.). *Tópicos atuais em gramados V*. Botucatu: FCA/UNESP, 2015. Disponível em: <https://infograma.com.br/wp-content/uploads/2023/04/To%CC%81picos-atuais-em-gramados-V.pdf>. Acesso em: 12 set. 2025.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL GRAMA LEGAL. **Sobre nós**. 2020. Disponível em: <https://gramalegal.com/sobre>. Acesso em: 07 abr. 2024.
- BACKES, C.; SANTOS, A. J. M.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R.; BESSA, S. V. Efeito residual do lodo de esgoto e de manejos mecanizados na produção de tapetes e na extração de nutrientes pela grama esmeralda. **Espacios**, v. 38, n. 14, p. 3, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/41d4bdbe-a6c5-4a5a-b7c4-7ed5dce40345>. Acesso em: 26 jun. 2025.
- BUSEY, P.; PARKER, J. H. Energy conservation and efficient turfgrass maintenance. In: WADDINGTON, D. V.; CARROW, R. N.; SHEARMAN, R. C. (eds.). **Turfgrass**. Agronomy Monograph, v. 32, p. 473-500, Madison, WI: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 1992. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronmonogr32.c13>.
- CASTRO, P. R. C.; SENA, J. O. A.; KLUGE, R. A. M. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002. p. 79-104. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001291223>. Acesso em: 14 fev. 2025.
- CHRISTIANS, N. E.; PATTON, A. J.; LAW, Q. D. **Fundamentals of Turfgrass Management**. 5. ed. Ames: Wiley, 2017. 480 p.
- COSTA, N. V.; MARTINS, D.; RODELLA, R. A.; RODRIGUES, A. C. P.; CARDOSO, L. A. Morphological characteristics of turf grasses in response to trinexapac-ethyl application. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 527–534, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000300007>.
- COSTA, N. V.; MARTINS, D.; RODELLA, R. A.; RODRIGUES, A. C. P.; CARDOSO, L. A. Efeito do trinexapac-ethyl na anatomia foliar de quatro espécies de grama. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 551–560, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000300012>.
- EMMONS, R.; ROSSI, F. **Turfgrass Science and Management**. 5. ed. Stanford CT: Cengage Learning, 2016. 608 p.
- ERVIN, E. H.; FRESENBURG, C. H.; DUNN, J. H. Trinexapac-ethyl restricts shoot growth and prolongs stand density of 'Meyer' zoysiagrass fairway under shade. **HortScience**, v. 37, p. 502-505, 2002. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.3.502>.

ERWIN, J. E.; HEINS, R. D. Thermomorphogenic and photomorphogenic regulation of stem elongation in *Chrysanthemum × morifolium*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 120, n. 3, p. 474-482, 1995.

ERVIN, E. H.; ZHANG, X.; ROBERTS, J. C. Improving root development with foliar humic acid applications during Kentucky bluegrass sod establishment on sand. **Acta Horticulturae**, n. 783, p. 317–322, 2008. Disponível em: https://www.ishs.org/ishs-article/783_33. Acesso em: 12 set. 2025.

FIDANZA, M. A.; WETZEL III, H. C.; AGNEW, M. L.; KAMINSKI, J. E. Evaluation of fungicide and plant growth regulator tank-mix programmes on dollar spot severity of creeping bentgrass. **Crop Protection**, v. 25, p. 1032-1038, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.01.011>.

FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; BARBOSA, J. G.; MIRANDA, G. V. Efeitos do trinexapac-ethyl sobre o crescimento e florescimento da grama-batatais. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 477-486, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582002000300020>.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M. **Nutrição, adubação e calagem para produção de gramas**. 1. ed. Botucatu: FEPAF, 2012. 146 p.

GOSS, R. M.; BAIRD, J. H.; KELM, S. L.; CALHOUN, R. N. Trinexapac-ethyl and nitrogen effects on creeping bentgrass grown under reduced light conditions. **Crop Science**, v. 42, p. 472-479, 2002. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.4720>.

GREENE, N. V.; KENWORTHY, K. E.; QUESENBERRY, K. H.; UNRUH, J. B.; SARTAIN, J. B. Diversity and relatedness of common carpetgrass germplasm. **Crop Science**, v. 48, n. 6, p. 2298, 2008. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.01.0022>.

GURGEL, R. A. G. Principais espécies e variedades de grama. In: SIGRA – *Simpósio sobre Gramados*, 2003, Botucatu, SP. Produção, implantação e manutenção: **anais...** Botucatu: UNESP, FCA, Departamento de Recursos Naturais, 2003. Disponível em: <http://infograma.com.br/wpcontent/uploads/2015/10/PRINCIPAIS-ESP%C3%89CIES-E-VARIEDADES-DE-GRAMAS.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2024.

HABOUDANE, D.; MILLER, J. R.; PATTEY, E.; ZARCO-TEJADA, P. J.; STRACHAN, I. B. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: modeling and validation in the context of precision agriculture. **Remote Sensing of Environment**, v. 90, n. 3, p. 337–352, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.009>.

HECKMAN, N. L.; ELTHON, T. E.; HORST, G. L.; GAUSSOIN, R. E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, v. 42, p. 423-427, 2002. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.4230>.

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

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **CultivarWeb**. 2024. Disponível em:

http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php.

Acesso em: 07 mar. 2024.

MARCH, S. R.; MARTINS, D.; McELROY, J. S. Growth inhibitors in turfgrass. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 733-747, 2013. DOI:

<https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000300025>.

McCANN, S. E.; HUANG, B. R. Effects of trinexapac-ethyl foliar application on creeping bentgrass responses to combined drought and heat stress. **Crop Science**, v. 47, p. 2121-2128, 2007. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.09.0614>.

NTOULAS, N.; NEKTARIOS, P. A.; NYDRIOTI, E. Performance of *Zoysia matrella* 'Zeon' in shallow green roof substrates under moisture deficit conditions.

HortScience, v. 48, n. 7, p. 929-937, 2013. DOI:

<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.7.929>.

PETERSON, K.; ARNOLD, K. S.; BREMER, D. Custom Light Box for Digital Image Turfgrass Analysis. **K-State Turfgrass Research**, p. 89-91, 2011.

PORNARO, C.; FIORIO, S.; MACOLINO, S.; RICHARDSON, M. Growth and quality responses of low-maintenance turfgrasses to trinexapac-ethyl. **Crop Protection**, v. 98, p. 236-242, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.04.007>.

QUEIROZ, L. M.; SANTOS, O. S. N.; TEIXEIRA, M. B.; FADIGAS, F. S.; PAZ, V. P. S.; SILVA, A. J. P.; KIPERSTOK, A. Reciclagem de nitrogênio pela adubação de grama bermuda usando urina humana diluída em água. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 11, n. 3, p. 164-171, 2016. Disponível em:

<https://tic.msu.edu/tgif/flink/AUTH/Queiroz%2C%20Luciano%20Matos>. Acesso em: 12 set. 2025.

QUIROGA-GARZA, H. M.; PICCHIONI, G. A.; REMMENG, M. D. Bermudagrass fertilized with slow-release nitrogen sources. I. Nitrogen uptake and potential leaching losses. **Journal of Environment Quality**, v. 30, n. 2, p. 440, 2001. DOI:

<https://doi.org/10.2134/jeq2001.302440x>.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 501-531, 2000. DOI:

<https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.501>.

RADEMACHER, W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 34, n. 4, p. 845-872, 2015. DOI:

<https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

REASOR, E. H.; BROSANAN, J. T. Trinexapac-ethyl applications and light-weight rolling on ultradwarf bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. × *C. transvaalensis* Burt-Davy) putting greens. **Crop, Forage & Turfgrass Management**, v. 6, n. 1, e20036, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/cft2.20036>.

SANTOS, P. L. F. dos; OLIVEIRA, R. H.; MENDONÇA, T. G.; LOPES, L. C.; FIGUEIREDO, M. A.; SILVA, D. F.; FERREIRA, T. C. Bioestimulante na produção de mudas de gramados e plantas ornamentais: revisão. **Ornamental Horticulture**, v. 30, 2024. Disponível em: <https://ornamentalthorticulture.com.br/rbho/article/view/2793>. Acesso em: 12 set. 2025.

SATTAR, A.; CHEEMA, M. A.; SHER, A.; ABBAS, T.; IJAZ, M. Exogenously applied trinexapac-ethyl improves photosynthetic pigments, water relations, osmoregulation and antioxidants defense mechanism in wheat under salt stress. **Cereal Research Communications**, v. 47, n. 3, p. 430-441, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1556/0806.47.2019.20>.

SCHIAVON, M.; ORLINSKI, P.; PETELEWICZ, P.; PUDZIANOWSKA, M.; BAIRD, J. H. Effects of Trinexapac-Ethyl, Surfactant, and Nitrogen Fertilization on Bermudagrass Water Use. **Agronomy Journal**, v. 111, p. 3057–3066, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2019.03.0225>.

SCHWARTZ, B.; ZHANG, J.; FOX, J.; PEAKE, J. Turf performance of shaded ‘TifGrand’ and ‘TifSport’ hybrid bermudagrass as affected by mowing height and trinexapac-ethyl. **HortTechnology**, v. 30, n. 3, p. 391–397, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04596-20>.

SERENA, M.; SCHIAVON, M.; SALLENAVE, R. M. Combining Trinexapac-Ethyl with a Soil Surfactant Reduces Irrigation Requirements and Improves Bermudagrass Quality. **Agronomy Journal**, v. 110, p. 1–11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.03.0148>.

SERENA, M.; SCHIAVON, M.; SALLENAVE, R. M. Drought avoidance of warm-season turfgrasses affected by irrigation system, soil surfactant revolution, and plant growth regulator trinexapac-ethyl. **Crop Science**, v. 60, p. 485–498, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/csc2.20063>.

SEVERMUTLU, S.; MUTLU, N.; GURBUZ, E.; SHEARMAN, R. C.; RIORDAN, T. P. Effects of seasonal trinexapac-ethyl application on warm-season turfgrass colour, quality and spring green-up under Mediterranean environment. **European Journal of Horticultural Science**, v. 77, n. 6, p. 281–290, 2012. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/ejhs.2012/3575358>. Acesso em: 12 set. 2025.

SILVA, C. M. K. **Morfofisiologia de gramas ornamentais e esportivas: aspectos anatômicos**. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SOD SOLUTIONS. **Innovation Zoysia**. Disponível em: <https://sodsolutions.com/brand/innovation-zoysia/>. Acesso em: 18 set. 2024.

SOUZA, F. H. D.; CAVALLARI, M. M.; GUSMAO, M. R. **Produção comercial de sementes de *Paspalum notatum* var. *notatum***. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2020. 22 p.

SPECTRUM TECHNOLOGIES, Inc. **FieldScout CM1000 Chlorophyll Meter – Product Manual**. Item #2950. Plainfield (IL), s.d. Disponível em: <https://geomor.com.pl/wp-content/uploads/2017/11/2950CM10001-Manual.pdf>. Acesso em: 19 set. 2025.

STEINKE, K.; STIER, J. C. Nitrogen selection and growth regulator applications for improving shaded turf performance. **Crop Science**, v. 43, p. 1399-1406, 2003. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1399>.

TURGEON, A. J. **Turfgrass Management**. 6. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2002.

VASCONCELOS, A. C. M. CASAGRANDE, A. A.; PERECIN, D.; JORGE, L. A. C.; LANDELL, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 849-858, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000500009>.

VILLAS BÔAS, R. L.; GODOY, L. J. G.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M.; CARRIBEIRO, L. S. Sod production in Brazil. **Ornamental Horticulture**, v. 26, n. 3, p. 516-522, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i3.2242>.

WHERLEY, B.; SINCLAIR, T. R. Growth and evapotranspiration response of two turfgrass species to nitrogen and trinexapac-ethyl. **HortScience**, v. 44, n. 7, p. 2053-2057, 2009. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.7.2053>.

WILLIAMS, D. W.; BURRUS, P. B.; CROPPER, K. L. Seeded bermudagrass tolerance to simulated athletic field traffic as affected by cultivars and trinexapac-ethyl. **HortTechnology**, v. 20, n. 3, p. 533-538, 2010. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.20.3.533>.

ZANON, M. E. **Desenvolvimento de grama-esmeralda, grama-bermudas ‘Tifway 419’ e ‘Celebration’ submetidas à aplicação de reguladores de crescimento**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

ZANON, M. E.; PIRES, E. C. Situação atual e perspectivas do mercado de grama no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 5., 2010, Botucatu. Tópicos atuais em gramados II: **anais...** Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2010. p. 47-53.

ZHOU, Y.; LAMBRIDES, C. J.; FUKAI, S. Drought resistance and soil water extraction of a perennial C4 grass: contributions of root and rhizome traits.

Functional Plant Biology, v. 41, p. 505-519, 2014. DOI:

<https://doi.org/10.1071/FP13249>.