

COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA ENTRE CORTE HELICOIDAL E O CORTE ROBOTIZADO E DIFERENTES DOSES DE ADUBO MINERAL

COMPARISON OF THE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX BETWEEN HELICOIDAL AND ROBOTIC CUTTING METHODS AND DIFFERENT DOSES OF MINERAL FERTILIZER

Lucas Rodrigues Marques de Oliveira⁽¹⁾; Breno Cunha Santiago⁽¹⁾; Aisha Angelim de Araújo⁽¹⁾; Guilherme Araújo Fernandez⁽¹⁾; Adrielle Rodrigues Prates⁽²⁾; Leandro José Grava de Godoy⁽³⁾

(1) Graduando do Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas - FCA, Botucatu, SP, CEP: 18610-307, lucas.rm.oliveira@unesp.br; bc.santiago@unesp.br; aisha.angelim@unesp.br; guilherme.araujo-fernandes@unesp.br; (2) Doutora, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas - FCA, Botucatu, SP, CEP: 18610-307, adrielle.prates@unesp.br (apresentador do trabalho); (3) Professor titular - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Registro, SP, CEP: 11900-000 leandro.godoy@unesp.br

RESUMO

Para garantir a qualidade visual do gramado esportivo, é necessária uma manutenção intensiva, especialmente, em relação à adubação e à frequência e qualidade do corte. O objetivo deste trabalho foi analisar a correlação entre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e diferentes doses de adubo mineral misto, além de métodos de corte distintos, no gramado da cv. Bermuda var. Celebration. O experimento foi conduzido no gramado da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Botucatu-SP, de abril a julho de 2024. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos principais: os métodos de corte (helicoidal e robô automower) e quatro doses de adubo mineral (7,8; 15,5; 23,3 e 31 g m⁻²) aplicadas em subparcelas. A avaliação do NDVI foi realizada com o medidor portátil Greenseeker. As maiores doses de adubo resultaram nos maiores índices de NDVI, especialmente quando combinadas com o corte helicoidal, que apresentou menor frequência de cortes.

Palavras-chave: NDVI, Automower, Celebration.

ABSTRACT

To ensure the visual quality of sports turf, intensive maintenance is required, especially regarding fertilization and the frequency and quality of mowing. The objective of this study was to analyze the correlation between the normalized difference

vegetation index (NDVI) and different doses of mixed mineral fertilizer, as well as distinct mowing methods, on the Bermuda Celebration turfgrass. The experiment was conducted on the turfgrass at the São Paulo State University (UNESP), Botucatu-SP campus, from April to July 2024. The experimental design was completely randomized, with two main treatments: mowing methods (helicoidal and spiral, performed by an Automower robot) and four doses of mineral fertilizer (77,8 g m⁻², 15,5 g m⁻², 23,3 g m⁻² e 31 g m⁻²) applied in subplots. NDVI evaluation was carried out using the portable Greenseeker meter. The highest fertilizer doses resulted in the highest NDVI values, especially when combined with helicoidal mowing, which had a lower mowing frequency.

Key-words: NDVI, Automower, Celebration.

INTRODUÇÃO

A manutenção adequada de gramados é fundamental para garantir tanto a estética quanto o desempenho funcional dessas áreas. Os métodos de poda, assim como a adubação, são elementos essenciais no manejo de gramados, influenciando diretamente o vigor, a densidade e a qualidade geral da grama (CHRISTIANS et al., 2017). A grama Bermuda (*Cynodon* spp.), amplamente utilizada em campos esportivos, especialmente na variedade Celebration, destaca-se pela sua alta resistência ao pisoteio e rápida recuperação, características que são diretamente influenciadas pelas práticas de manejo, como a poda e a nutrição do solo.

A escolha do método de poda afeta diretamente o desenvolvimento das plantas. Métodos de corte como o corte helicoidal e o método dos robôs automower têm sido estudados de forma intensiva por sua alta eficiência e uniformidade do corte (BROSNAN et al., 2005). A poda helicoidal, tradicionalmente utilizado em gramados esportivos, proporciona um acabamento de alta qualidade, mas pode ser desafiadora no que diz respeito à manutenção e ajuste do equipamento. Em contraste, o corte com robôs automower, que tem ganhado popularidade, oferece vantagens como o baixo custo de operação, realização de podas mais frequentes e maior critério de homogeneização, o que pode influenciar positivamente a densidade e desenvolvimento do gramado (KARIMI et al., 2013).

Já a adubação, é de grande importância para fornecer nutrientes essenciais ao desenvolvimento adequado do gramado. Doses corretas de adubos minerais mistos, o Forth Jardim[®] é um exemplo, em que são fundamentais para garantir o crescimento e o desenvolvimento ideal das plantas e a resistência a fatores negativos, como o pisoteio causado pelo uso esportivo (TRENHOLM et al., 2011). A combinação correta dos nutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), impacta amplamente na coloração, vigor e resistência à estresse da grama. Diversos estudos indicam que o uso correto de fertilizantes pode aumentar o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), um indicador da saúde das plantas de grande importância, que associa diretamente com a densidade e a fotossíntese da grama (XIONG et al., 2010).

Levando isto em consideração, este trabalho teve como objetivo avaliar a correlação entre o índice NDVI, diferentes doses de farelo mineral misto, e práticas de poda na grama bermuda var. Celebration.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido em condições de campo, em área experimental de aproximadamente 484 m² construída no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA/UNESP (Faculdade de Ciências Agrônomicas/Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”), câmpus de Botucatu (latitude Sul de 22° 51' 03"; longitude Oeste de 48° 25' 37"; 786 metros de altitude). O clima da região de acordo com a classificação climática pelo método de Köppen, como sendo Aw, clima tropical com inverno seco, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd) de textura média.

A cultivar escolhida foi a grama var. Bermudas Celebration (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), por ser uma gramínea perene e não rizomatosa, ela requer solo com 60% de saturação por bases e alta fertilidade, necessitando assim de manutenção recorrente e frequentes adubações (LEITE; MACHADO, 1999).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos inteiramente casualizados, em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos principais consistiram em dois tipos de corte: corte robotizado com automower[®] e corte helicoidal, distribuídos em 10 parcelas principais. Os tratamentos secundários, aplicados nas subparcelas, corresponderam a quatro doses de adubo Forth Jardim[®] (7,8;15,5; 23,3 e 31 g m⁻²), totalizando 40 unidades experimentais.

Os equipamentos utilizados para o corte da grama foram o Toro Greensmaster 1000[®], que realiza o corte helicoidal, com uma frequência semanal e operado manualmente; e o Automower 550 Husqvarna[®], equipado com um sistema de lâminas especial que realiza cortes leves, porém com alta frequência. O Automower[®] foi programado para operar diariamente, exceto aos finais de semana.

A adubação foi realizada em três momentos: 11/03/2024, 24/04/2024 e 22/07/2024, utilizando o adubo Forth Jardim, composto por 13% de N, 5% de P, 13% de K, 1% de Ca, 1% de Mg, 14% de S, 0,06% de B, 0,05% de Cu, 0,22% de Fe, 0,10% de Mn, 0,005% de Mo e 0,20% de Zn.

Para a análise do índice de vegetação da diferença normalizada, foram avaliados cinco pontos determinados aleatoriamente em casa subparcela, com o auxílio do equipamento foi obtido o NDVI, com o medidor portátil Greenseeker Handheld (Trimble[®]).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com aplicação do teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para comparação de médias. Para as interações significativas indicadas pelo teste F, foi realizada a análise de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se interação entre as doses de adubo com os dois diferentes de doses para o segundo, terceiro e quarto período avaliado (Tabela 1).

Verificou-se que, com o aumento das doses de adubo, independentemente do tipo de corte, houve um incremento no índice de NDVI conforme observado por Trenholm et al. (2011). Isso se deve, em grande parte, à alta resposta da grama aos nutrientes,

especialmente ao nitrogênio, que promove o crescimento e melhora a qualidade visual do gramado, resultando em uma maior intensidade de cor verde. Assim, à medida que o NDVI se aproxima de 1,0, a vegetação se torna mais saudável, uma vez que o NDVI reflete indiretamente o vigor do gramado por meio da biomassa vegetal, servindo como um importante indicador da qualidade da superfície gramada.

Em todos os períodos avaliados e para todas as doses aplicadas, o corte realizado com o automower apresentou um menor índice de NDVI em comparação ao corte vertical, embora a qualidade visual do gramado permanecesse adequada. Isso sugere que a maior frequência de cortes do automower, em relação ao corte helicoidal, resultou em uma menor altura da grama e, conseqüentemente, em uma redução da área foliar, o que pode ter contribuído para a diminuição do índice avaliado.

CONCLUSÕES

Conclui-se que, embora a qualidade visual do gramado tenha sido considerada adequada, a alta frequência de cortes realizada pelo automower resultou em um índice de NDVI inferior ao helicoidal. Recomenda-se a dose de 23,3 g m⁻², pois apresentou os maiores índices de NDVI e é economicamente viável.

REFERÊNCIAS

- BROSAN, J. T.; DEPUTY, J.; BREEDEN, G. K. Evaluation of mowing strategies for hybrid bermudagrass athletic fields. **Applied Turfgrass Science**, 2005.
- CHRISTIANS, N. E.; PATTON, A. J.; LAW, Q. D. **Fundamentals of Turfgrass Management**. 5. ed. John Wiley & Sons, 2017. 480 p.
- KARIMI, H.; GHAHRAMANI, F.; BOROOMAND-NASAB, S. Application of robotic mowers in turfgrass management. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 5, p. 78-82, 2013.

- LEITE, L. P.; MACHADO, S. L. Gramados: características e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 100-106, 1999.
- TRENHOLM, L. E.; UNRUH, J. B.; CISAR, J. L. Nutrient management of turfgrass in Florida. **University of Florida, IFAS Extension**, 2011.
- XIONG, X.; WANG, Z.; WANG, W.; LIU, G. Application of NDVI in turfgrass growth monitoring. **Journal of Environmental Quality**, v. 39, p. 128-135, 2010.
- TRENHOLM, L. E.; UNRUH, J. B.; CISAR, J. L. Nutrient management of turfgrass in Florida. **University of Florida, IFAS Extension**, 2011.

Tabela 1 – Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) nos dois diferentes cortes e doses de fertilizantes.

Treatment	02/04/2024		13/04/2024	
	Automower	Helicoidal	Automower	Helicoidal
7,8 g m ⁻²	0,654bB	0,696bA	0,686cB	0,728aA
15,5 g m ⁻²	0,644bB	0,706bA	0,710bB	0,734aA
23,3 g m ⁻²	0,696aB	0,712bA	0,730abB	0,744aA
31,0 g m ⁻²	0,72aB	0,748aA	0,732aB	0,734aA
Média	0,678B	0,716A	0,715B	0,734A
Teste F				
Corte		7,80*		1,97 ^{ns}
Doses		24,13**		10,37**
(Corte) x (Doses)		2,96 ^{ns}		4,89**
CV Corte (%)		6,01		6,06
CV Doses (%)		2,6		1,89
Equação	$y = 0,61 + 0,003x$ (R ² = 0,8198)	$y = 0,67 + 0,002x$ (R ² = 0,8517)	$y = 0,67 + 0,002x$ (R ² = 0,9265)	$y = 0,70 + 0,003x - 0,000075x^2$ (R ² = 0,7579)
Treatment	27/04/2024		14/05/2024	
	Automower	Helicoidal	Automower	Helicoidal
7,8 g m ⁻²	0,682cB	0,718bA	0,716cB	0,762bA
15,5 g m ⁻²	0,716bB	0,736abA	0,752bB	0,776bA
23,3 g m ⁻²	0,738aB	0,740aA	0,758bB	0,798aA
31,0 g m ⁻²	0,740aB	0,744aA	0,776aB	0,802aA
Média	0,719B	0,734A	0,750B	0,784A
Test F				
Corte		1,94 ^{ns}		23,77**
Doses		25,11**		59,76**
(Corte) x (Doses)		4,31*		3,68*
CV Corte (%)		4,84		2,87
CV Doses (%)		1,7		1,15
Equação	$y = 0,67 + 0,002x$ (R ² = 0,8813)	$y = 0,71 + 0,001x$ (R ² = 0,8504)	$y = 0,70 + 0,002x$ (R ² = 0,9098)	$y = 0,75 + 0,0018x$ (R ² = 0,9458)
Treatment	28/06/2024		15/07/2024	
	Automower	Helicoidal	Automower	Helicoidal
7,8 g m ⁻²	0,596cB	0,604bA	0,616cB	0,652bA
15,5 g m ⁻²	0,638bB	0,638aA	0,662bB	0,700aA
23,3 g m ⁻²	0,660abB	0,666aA	0,686abB	0,706aA
31,0 g m ⁻²	0,644aB	0,676aA	0,698aB	0,714aA
Média	0,644B	0,636A	0,665B	0,693A
Test F				
Corte		0,17 ^{ns}		1,75 ^{ns}
Doses		28,14**		24,18**
(Corte) x (Doses)		2,50 ^{ns}		0,74 ^{ns}
CV Corte (%)		8,93		9,68
CV Doses (%)		2,7		3,01
Equação	$y = 0,58 + 0,003x$ (R ² = 0,9333)	$y = 0,60 + 0,0018x$ (R ² = 0,6054)	$y = 0,60 + 0,003x$ (R ² = 0,9252)	$y = 0,64 + 0,002x$ (R ² = 0,7868)

** , * e ^{ns} – Significativo a p ≤ 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra (minúsculas para doses e maiúscula para método de corte) na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p ≤ 0,05.