

Poda mecanizada na macieira e seus efeitos no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Mechanized pruning in apple trees and effects on the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Victória Reis Bortoluz¹, Bruno Tadashi Chiba da Silva², André Luis Vian³, Gabriel Marson⁴, Anna Elisa Petersen Gatelli⁵, Gilmar Arduino Bettio Marodin⁶, Fernando José Hawerroth⁷, Leandro Bortoluz⁸, Christian Bredemeier⁹

¹ MSc. Engenheira Agrônoma, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Plantas de Lavoura, Grupo de Estudos em Agricultura Digital (GEAD), Porto Alegre (RS), Brasil, victoriareisbortoluz@gmail.com

² MSc. Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Plantas de Lavoura, Grupo de Estudos em Agricultura Digital (GEAD), Porto Alegre (RS), Brasil, brunotadashi11@gmail.com

³ Professor Doutor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Plantas de Lavoura, Grupo de Estudos em Agricultura Digital (GEAD), Porto Alegre (RS), Brasil, andre.vian@ufrgs.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Plantas de Lavoura, Grupo de Estudos em Agricultura Digital (GEAD), Porto Alegre (RS), Brasil, grmarson@gmail.com

⁵ Graduanda de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Plantas de Lavoura, Grupo de Estudos em Agricultura Digital (GEAD), Porto Alegre (RS), Brasil, annapgelisa@gmail.com

⁶ Professor Doutor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Horticultura e Silvicultura, Porto Alegre (RS), Brasil, marodin@ufrgs.br

⁷ Doutor, Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Vacaria (RS), Brasil, fernando.hawerroth@embrapa.br

⁸ Sócio-Proprietário, Campi Frutas, Vacaria (RS), Brasil, lebortoluz@campi.agr.br

⁹ Professor Doutor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Plantas de Lavoura, Grupo de Estudos em Agricultura Digital (GEAD), Porto Alegre (RS), Brasil, bredemeier@ufrgs.br

RESUMO

A poda é um dos principais tratamentos culturais na cultura da macieira (*Malus domestica*), sendo responsável por potencializar e regular seu rendimento ao longo das safras. Neste estudo, buscou-se avaliar o efeito dos diferentes sistemas de poda mecanizada no comportamento espectral da macieira durante o ciclo da cultura, por meio do NDVI em duas alturas de leitura (1,20 m e 2,00 m). A partir das avaliações, pode-se observar que não houve interação entre os fatores tratamentos e altura de leitura. A resposta do NDVI nas diferentes alturas apresentou diferença estatística, em que os maiores valores encontrados foram obtidos na leitura de 1,20 m.


Palavras-chave: NDVI; greenseeker; poda mecanizada; índice de vegetação; *Malus domestica*.

ABSTRACT

Pruning is one of the main cultural treatments in apple (*Malus domestica*) cultures, being responsible for enhancing and regulating crop yields. In this study, we sought to evaluate the effect of different mechanized pruning systems on the spectral behavior of apple trees during the crop cycle, through NDVI at two reading heights (1.20 and 2.00 m). From the evaluations, no interaction between the factor treatments and reading height was verified. The response of NDVI at different heights showed statistical difference, where the highest values were obtained at a reading of 1.20 m.

Keywords: NDVI; greenseeker; mechanized pruning; vegetation index; *Malus domestica*.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000028>

 Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais, sem alterações e que o trabalho original seja corretamente citado.



1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de maçãs na safra de 2021, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi de aproximadamente 129,1 milhões de toneladas, sendo o Brasil o 11º maior produtor mundial. Denominada como *Malus x Domestica* Borkh. (Korban; Skirvin, 1984), ou *M. domestica* Borkh. (Phipps et al., 1990), a macieira é supostamente um híbrido complexo, pertencente à família *Rosaceae*, ordem *Rosales* e subfamília *Pomoideae*.

A cultura da macieira é uma das primeiras que introduziu o sistema de produção integrada, buscando utilizar tecnologias de controle através do monitoramento de todas as etapas produtivas. Apesar disso, a maioria das práticas de manejo atualmente são realizadas de forma manual, demandando uma alta taxa de mão de obra, promovendo um elevado custo de produção. Uma das principais práticas de manejo demandadas pela macieira é a poda, que busca um equilíbrio entre o crescimento vegetativo e a produção de frutos (Rufato, 2016). Dessa forma, a poda confere às plantas um maior potencial produtivo e uma maior regularidade produtiva ao longo das safras agrícolas, além de facilitar todos os tratamentos culturais ao longo dos ciclos.

A Agricultura de Precisão (AP) pode se valer do uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) durante as fases do ciclo de produção da agricultura e da fruticultura. A utilização do NDVI na cultura da macieira permite um acompanhamento *in loco* e em tempo real da variabilidade espacial, podendo indicar deficiência nutricional e outros tipos de estresses, além da produção de biomassa vegetal, possibilitando o entendimento da dinâmica de crescimento vegetativo da cultura (Amaral; Molin, 2011; Rapaport et al., 2014).

Apesar disso, segundo Rufato (2016), há pouca disponibilidade de mão de obra para a poda, com dificuldades da otimização dessa prática cultural. Além da utilização de sistemas de condução que exijam menor intensidade de poda, o emprego da mecanização surge como uma alternativa. Para Mika et al. (1986), diversas espécies de frutas já são podadas mecanicamente, como oliveiras, videiras e citros. A eficácia da poda mecanizada depende do tipo de máquina, do tamanho e estrutura das árvores e da habilidade do condutor (Forshey, 1976).

De acordo com estudos realizados por Mika et al. (1986), a poda mecanizada em macieiras alterou significativamente a estrutura do dossel, tornando-o compacto e contínuo. Além disso, os frutos oriundos do tratamento com poda mecanizada apresentaram menores tamanhos, peso médio e coloração, apesar

dos maiores rendimentos. Segundo Forshey (1976), a poda mecanizada em macieiras não deve substituir completamente a poda manual, e sim ser combinada com a poda manual apropriada, visando reduzir os custos de produção e viabilizando a cadeia produtiva.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento espectral do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) da macieira, durante um ciclo de produção, sob diferentes sistemas de poda.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na safra agrícola de 2020/2021, sendo conduzido em parte de um pomar comercial pertencente à empresa Campi Frutas Ltda., localizada no município de Vacaria (RS). O clima e tipo do solo do local de estudo é classificado como temperado úmido, com verões amenos (Cbf), segundo a classificação de Koppen, e Latossolo Bruno Aluminoférrico típico (LBaf). A quadra avaliada possui uma densidade populacional de 5.000 plantas/ha, cultivado com o espaçamento de 4 metros entre fileiras e por 0,5 metro entre plantas, totalizando 2,35 hectares de cultivo. A idade do pomar é 15 anos, e a cultivar avaliada foi a 'Maxi Gala' sob o porta-enxerto M9.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, totalizando 20 unidades experimentais e com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: testemunha (sem poda), poda padrão da unidade produtiva (poda padrão), poda mecanizada de outono, poda mecanizada de verão e poda mecanizada de outono e verão. Cada unidade amostral foi composta por três linhas de cultivo e com 13 metros de comprimento cada, sendo avaliadas as 10 plantas centrais da área central da linha central. A poda mecanizada foi realizada por meio dos implementos podadores denominados HLC-3 e HLC-5, da empresa Hidrautec (Figura 1), que foram devidamente regulados, visando podar a parte superior e lateral das plantas, conforme a estatura do dossel vegetal e nos períodos indicados nos tratamentos.

As avaliações do NDVI foram realizadas em duas faixas de altura, sendo 1,20 m e outra a 2,00 m. O equipamento utilizado foi o sensor Greenseeker®, que estima valores de NDVI usando a relação $(\rho_{\text{ivp}} - \rho_{\text{v}}) / (\rho_{\text{ivp}} + \rho_{\text{v}})$, onde ρ_{ivp} e ρ_{v} se referem à reflectância do infravermelho próximo e vermelho, respectivamente. O NDVI foi avaliado mensalmente durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da macieira, com avaliações a cada 30 dias após período de dormência. A nutrição das plantas e o controle de pragas e doenças foram realizados pelo produtor seguindo as recomendações agronômicas e as boas práticas de manejo.



Figura 1. Poda mecanizada (A) e Poda padrão do produtor (B).

Os dados foram previamente analisados quanto à presença de outliers e o diagnóstico da normalidade. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$), e em caso de significância as médias dos diferentes tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas no Software RStudio.

3 RESULTADOS

Os tratamentos com diferentes sistemas de poda (mecanizada e manual) provocaram diferentes respostas nos valores do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) durante o ciclo de desenvolvimento, entre os meses de dezembro de 2020 e fevereiro de 2021, quando avaliado na altura de 1,20 m (Figura 2A), e entre as datas dentro do mês de novembro de 2020 para a altura de 2,00 m (Figura 2B).

As diferentes respostas no vigor das plantas no retorno da brotação destas podem ser observadas na análise estatística, em que se destaca o início da formação do dossel vegetativo (novembro) na altura de 2,00 m, e na fase final do ciclo (antes da colheita) na altura de 1,20 m. Este, por sua vez, coincide com as épocas de maior demanda nutricional e de fotoassimilados pela planta, sendo os estádios de desenvolvimento e maturação dos frutos.

Ao se comparar a resposta do NDVI nas diferentes alturas, pode-se observar que não houve diferença estatística entre os tratamentos. Assim, pode-se avaliar a média obtida de todos os tratamentos em relação às diferentes alturas. Independentemente da data de avaliação, o NDVI na altura de 2,00 m foi inferior estatisticamente ao NDVI observado na altura de 1,20 m (Figura 3A). Tal resultado reflete o fato de a estrutura da planta ser em forma trapezoidal, a qual apresenta

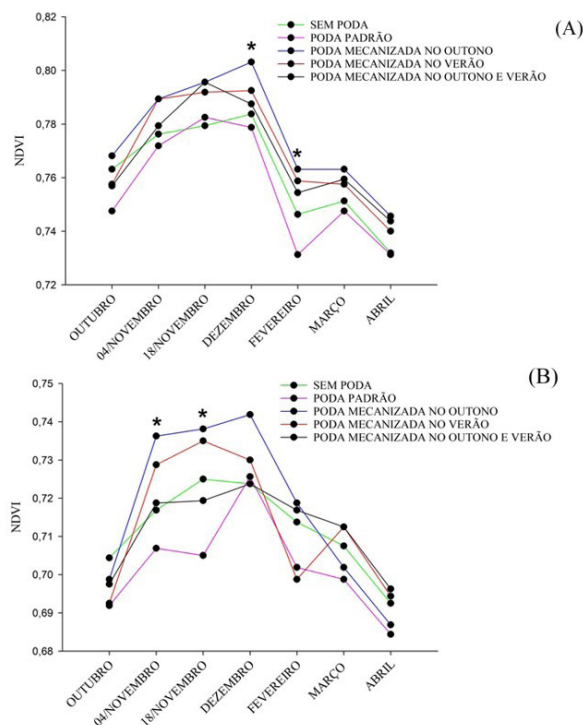


Figura 2. Resposta do NDVI ao longo do ciclo da cultivar 'Maxi Gala' nas alturas de 1,20 m (A) e 2,00 m (B) nas diferentes formas de poda.

maior acúmulo de biomassa no estrato inferior, e assim maior NDVI. Quando se comparou a resposta do NDVI ao longo do ciclo aos diferentes tratamentos, os meses de novembro, dezembro e fevereiro diferiram estatisticamente dos demais (Figura 3B).

Além disso, outra informação importante que pode ser analisada com base nos resultados apresentados é o comportamento espectral ou a resposta do NDVI ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura. Baseando-se nas observações de campo, pode-se definir e associar com os valores de NDVI que o

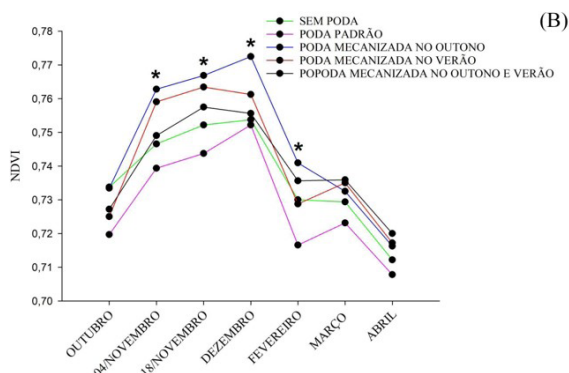
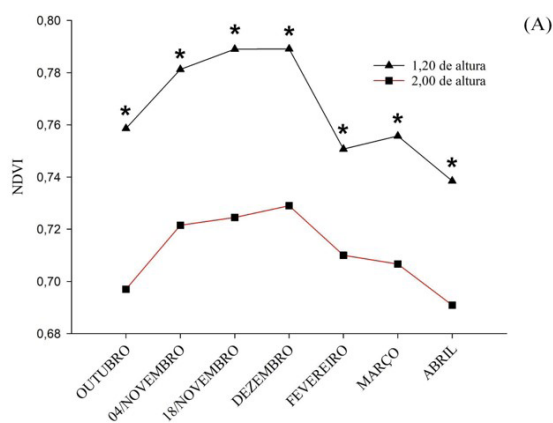


Figura 3. Resposta do NDVI da cultivar 'Maxi Gala' ao longo do ciclo, em função das alturas 1,20 m e 2,00 m (A) e em função dos tratamentos (B).

mês de outubro é o período em que a cultura está em plena brotação e com bom desenvolvimento foliar. Durante os meses de novembro e dezembro, quando as plantas estão no período de frutificação, observa-se que o NDVI fica próximo à faixa de saturação. Já nos meses de fevereiro, março e abril, a cultura começa o processo de senescência das folhas e posteriormente entra no período de dormência.

Ao observar a resposta do NDVI da cultivar 'Maxi Gala' nas datas avaliadas em função dos tratamentos (Figura 4), constatou-se que nos meses de outubro, março e abril não houve diferença estatística para os diferentes tipos de poda aplicados na cultura. Já nos meses de novembro, dezembro e fevereiro, o tratamento com poda mecanizada durante o outono apresentou maior NDVI que o tratamento com poda padrão. Isso se deve ao fato de que, na poda padrão, é realizada a retirada de ramos pontuais, conhecidos como ramos ladrões, que competem diretamente com frutos por fotoassimilados. Enquanto isso, na poda mecanizada há a retirada de uma maior quantidade de ramos, buscando manter a estrutura trapezoidal da planta, proporcionando um aumento na penetração de luz no dossel da planta e, consequentemente, maior NDVI.

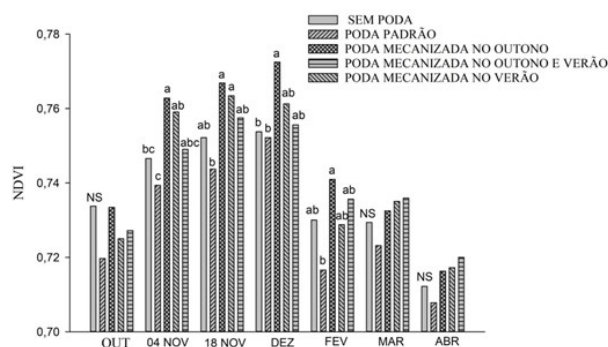


Figura 4. Resposta do NDVI da cultivar 'Maxi Gala' nas datas avaliadas em função dos tratamentos.

De forma geral, os resultados obtidos vão ao encontro com a observação feita por Zhang et al. (2003), de que a utilização do índice de vegetação normalizada permite o monitoramento dinâmico da vegetação em larga escala de forma ecologicamente significativa e não requer pré-processamento de dados.

O emprego de ferramentas que realizam o mapeamento do desenvolvimento de plantas e do vigor das plantas ao longo do ciclo produtivo da macieira torna-se essencial para que se possa identificar a variabilidade de crescimento vegetativo ao longo do pomar. Os índices de vegetação, como o NDVI, permitem o monitoramento do desenvolvimento das plantas e, assim, possibilitam auxiliar o processo de poda, indicando o ajuste em tempo real da altura de poda dos ramos laterais ao longo de cada linha de cultivo do pomar.

4 CONCLUSÃO

O tipo e a época de poda influenciam diretamente no NDVI. A altura da leitura também influencia na resposta do NDVI da cultivar 'Maxi Gala'. Dessa forma, o NDVI se mostra uma ferramenta útil na avaliação do comportamento espectral de macieiras.

A fim de uma identificação mais acurada e precisa dos índices de vegetação na macieira, respeitando a singularidade da cultura, faz-se necessário a criação de modelos matemáticos que a contemplem.

O monitoramento da variabilidade espacial do crescimento vegetativo do pomar por meio de NDVI é uma alternativa de ajuste em tempo real da altura de poda das macieiras.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de mestrado, possibilitando dedicação integral às atividades acadêmicas. À empresa Campi Frutas, por for-

necer o pomar para tornar possível a realização deste experimento.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, L. R.; MOLIN, J. P. Sensor óptico no auxílio a recomendação de adubação nitrogenada em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 12, p. 1633-1642, 2011.
- FORSHEY, C. G. **Training and pruning apple trees**. Geneva: Cornell Cooperative Extension Publication, 1976. 24 p. Disponível em: <https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/17817/1B%20112.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 09 jun. 2020.
- KORBAN, S. S.; SKIRVIN, R. M. Nomenclature of the cultivated apple. **HortScience**, v. 19, n. 2, p. 177-180, 1984.
- MIKA, A. Physiological responses of fruit trees to pruning. **Horticultural Reviews**, v. 8, p. 337-378, 1986. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118060810.ch9>.
- PHIPPS, J. B.; ROBERTSON, K. R.; SMITH, P. G.; ROHRER, J. R. A checklist of the subfamily Maloideae (Rosaceae). **Canadian Journal of Botany**, v. 68, n. 10, p. 2209-2269, 1990.
- RAPAPORT, T.; HOCHBERG, U.; RACHMILEVUTVH, S.; KARNIELI, A. The effect of differential growth rates across plants on spectral predictions of physiological parameters. **PLOS ONE**, v. 9, n. 2, 2014.
- RUFATO, A. R. Podando macieiras no sistema Tall Spindle. **A Vindima**, Flores da Cunha, n. 85, p. 7, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148318/1/A-vindima-junho-85-p72016.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2022.
- ZHANG, X.; FRIEDL, M. A.; SCHAAF, C. B.; STRAHLER, A. H.; HODGES, J. C. F.; GAO, F.; REED, B. C.; HUETE, A. Monitoring vegetation phenology using MODIS. **Remote Sensing Of Environment**, v. 84, n. 3, p. 471-475, 2003. DOI: [http://doi.org/10.1016/s0034-4257\(02\)00135-9](http://doi.org/10.1016/s0034-4257(02)00135-9).