

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**RESPOSTA ESPECTRAL DO MILHO CULTIVADO EM
SUCESSÃO A PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE
NITROGÊNIO**

MATHEUS BRAGA MARQUES

Orientador: Prof. Dr. Anderson Prates Coelho
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**RESPOSTA ESPECTRAL DO MILHO CULTIVADO EM
SUCESSÃO A PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE
NITROGÊNIO**

MATHEUS BRAGA MARQUES

Orientador: Prof. Dr. Anderson Prates Coelho

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP

1º semestre/2024

M357r

Marques, Matheus Braga

Resposta espectral do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura e doses de nitrogênio. / Matheus Braga Marques. -- Jaboticabal, 2024

24 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Anderson Prates Coelho

Coorientador: Leandro Borges Lemos

1. Milho. 2. Agricultura de precisão. 3. Sensoriamento remoto. 4. Produtividade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



MATHEUS BRAGA MARQUES

**RESPOSTA ESPECTRAL DO MILHO CULTIVADO EM SUCESSÃO A PLANTAS DE
COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Prates Coelho
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Área de Concentração: Agricultura de Precisão

Data da defesa: 04/07/2024

☒ Aprovado
() Reprovado

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Anderson Prates Coelho
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

M.Sc. Victor Augusto da Costa Escarela
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

M.Sc. João Carlos dos Santos Duarte
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 05/07/2024 * *aprovado "ad referendum" do Conselho do Departamento.*

Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti
Chefe do Departamento

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida pelo dom da vida, da saúde, fé e esperança, sem dúvidas este foi meu maior alicerce durante minha trajetória, sempre me fortalecendo nos momentos de dificuldade e desafios vividos.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe, Marta Regina Braga, e meu pai, Idivor Marques Filho, por me apoiarem sem medir nenhum esforço. Atrás de um balcão e de um volante de caminhão trabalharam muito, para que eu conseguisse chegar aqui, na sombra. Eu jamais vou esquecer dos sacrifícios feitos por vocês, e este trabalho é uma forma de respeito e agradecimento por isso.

Agradeço a minha namorada, Maria Giulia Carrino, por todo o suporte durante a realização deste trabalho, tanto no campo quanto através do amor e carinho que teve por mim durante este difícil período. Meu agradecimento por você será eterno!

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Anderson, pelo apoio, instruções e conhecimento que transmitiu a mim. Sem o seu suporte este trabalho não seria concluído da mesma forma.

Agradeço aos meus irmãos da República Curva de Rio por todo o acolhimento e amizade que construímos durante minha graduação.

ÍNDICE

1. RESUMO	1
2. ABSTRACT.....	2
3. MATERIAL E MÉTODOS	4
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
5. CONCLUSÃO	15
6. REFERÊNCIAS	15

Trabalho escrito nas normas da Revista Brasileira do Milho e Sorgo.

**RESPOSTA ESPECTRAL DO MILHO CULTIVADO EM SUCESSÃO A PLANTAS
DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO**

RESUMO - O milho (*Zea mays* L.) tem estimativa de produção mundial para safra 2023/24 uma produção mundial de 1.228,091 milhão de tonelada de grãos. O sensoriamento remoto na agricultura pode ser utilizado para o manejo da adubação nitrogenada e irrigação das culturas, no controle de plantas daninhas e na estimativa de produtividade das safras. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta espectral do milho em sistemas de cultivos em sucessão a plantas de cobertura e diferentes doses de adubação nitrogenada, utilizando o índice de vegetação NDVI, índice de clorofila foliar e fração de cobertura do solo para fins de recomendação de adubação. O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. O primeiro fator de estudo foi constituído por 4 sistemas de cultivo (SC) formados pela sucessão plantas de cobertura e milho: SC1 = pousio + milho, SC2 = trigo mourisco + milho, SC3 = nabo pé de pato + milho e SC4 = mix de plantas de cobertura + milho. segundo fator de estudo foi formado por 4 doses de N: D1 = 0, sem aplicação de fertilizante, D2 = 80, D3 = 160, D4 = 240 kg ha⁻¹ de N. A resposta espectral do milho não variou independentemente dos sistemas e doses de N. A produtividade aumentou em função da adubação nitrogenada em cobertura, sendo que para 10 kg ha⁻¹ de N em cobertura, a produtividade de grãos aumentou em 62 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: fração de cobertura do solo, índice de clorofila, NDVI, sensoriamento remoto.

SPECTRAL RESPONSE OF MAIZE GROWN IN SUCCESSION TO COVER CROPS AND NITROGEN RATES

ABSTRACT - Corn (*Zea mays* L.) has a projected global production of 1.228.091 million tons of grain for the 2023/24 harvest. Remote sensing in agriculture can be used for managing nitrogen fertilization and crop irrigation, controlling weeds, and estimating crop yields. The aim of this study was to evaluate the spectral response of corn in cropping systems following cover crops and different nitrogen fertilization rates, using the NDVI vegetation index, leaf chlorophyll index, and soil cover fraction for fertilization recommendation purposes. The experimental design was a randomized block design (RBD) in a 4 x 4 factorial scheme, with four replications. The first study factor consisted of four cropping systems (CS) formed by the succession of cover crops and corn: CS1 = fallow + corn, CS2 = buckwheat + corn, CS3 = oilseed radish + corn, and CS4 = cover crop mix + corn. The second study factor consisted of four nitrogen rates: N1 = 0, no fertilizer application, N2 = 80, N3 = 160, and N4 = 240 kg ha⁻¹ of N. The spectral response of corn did not vary regardless of the systems and N rates. Yield increased as a function of nitrogen fertilization, with a 62 kg ha⁻¹ increase in grain yield for every 10 kg ha⁻¹ of N applied.

Keywords: soil cover fraction, chlorophyll index, NDVI, remote sensing.

O milho é a cultura mais produzida no mundo, e a estimativa de produção mais atualizada para safra 2023/24 indica uma produção mundial de cerca de 1.228,091 milhão de tonelada de grãos. O maior produtor é o EUA, com 348 milhões de toneladas, seguido por China com 277.200 milhões de toneladas, e Brasil, com cerca de 111 milhões de toneladas e produtividade de 5.414 kg ha⁻¹. O país se destaca também como o maior exportador da cultura do mundo, atingindo 27% da exportação mundial (USDA,2024) (CONAB,2024).

O sensoriamento remoto estabeleceu-se como uma técnica precisa e acurada para definir o impacto de práticas de manejo sobre a resposta espectral das culturas, auxiliando na definição de manejos específicos e na estimativa da produtividade das culturas (Bredemeier et al., 2013; Coelho et al., 2019; Sandrini et al., 2019). O sensoriamento remoto na agricultura pode ser utilizado para o manejo da adubação nitrogenada e irrigação das culturas (Toureiro et al. 2017), no controle de plantas daninhas (Huang et al. 2016) e na estimativa de produtividade das safras (Mosleh et al. 2015), sendo de elevada importância prática ajudando os produtores no gerenciamento da produção e na definição de preço dos produtos agrícolas (Mosleh et al. 2015).

Diversos índices podem ser utilizados nas lavouras para a realização do sensoriamento remoto, destacando-se como os mais conhecidos os índices de vegetação e o índice de clorofila. Dentre os índices de vegetação, o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) é o mais conhecido e utilizado (Rouse et al., 1974). A partir da resposta espectral da cultura em comprimentos de onda nas bandas do vermelho e infravermelho próximo, o NDVI indica com precisão o estado fisiológico das plantas, apresentando elevada correlação com o acúmulo de biomassa, de nitrogênio e produtividade das culturas (Monteiro et al., 2012; Sandrini et al., 2019). O índice de clorofila foliar (ICF) pode ser determinado utilizando vários equipamentos e indica indiretamente o vigor e o estado fisiológico das plantas, fatores que impactam diretamente a produtividade (Schlichting et al., 2015; Maia et al., 2017; Coelho et al., 2019).

Além destes índices, a determinação da fração de cobertura (FC) do solo pelo dossel da cultura pode auxiliar na identificação das diferenças de crescimento das plantas em função dos tratamentos aplicados, auxiliando na tomada de decisão (França et al., 2020).

De acordo com Coelho (2006), para altas produtividades, o nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pelo milho e para uma produtividade de 10,15 toneladas ha^{-1} são extraídos 217 kg ha^{-1} de N, sendo o nutriente mais removido pelos grãos, de 70 a 77%. A deficiência ou o excesso deste nutriente impede a cultura de atingir seu potencial produtivo, e consequentemente, em baixas produtividades.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta espectral do milho em sucessão a plantas de cobertura e diferentes doses de adubação nitrogenada, utilizando o índice de vegetação NDVI, índice de clorofila foliar e fração de cobertura do solo para fins de recomendação de adubação.

Material e Métodos

O experimento foi instalado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal - Unesp, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE (-21.247229° , -48.281019°) região com clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como tropical de inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C . A temperatura média anual da região é de 22°C , com precipitação anual normal de 1.425 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (Santos et al., 2018), com textura argilosa ($\sim 500 \text{ g kg}^{-1}$ de argila na camada 0,00-0,20 m). Uma análise de solo da área foi feita antes da semeadura das plantas de cobertura (Tabela 1)

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental (0-20 cm) antes da semeadura das plantas de cobertura

Camada	pH	H+Al	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
(m)	CaCl ₂	----- mmol _c dm ⁻³ -----							%
0,00-0,20	5,8	22	0	4,5	46	19	69,5	91,2	76
Camada	MO	Presina	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
(m)	g dm ⁻³	----- mg dm ⁻³ -----							
0,00-0,20	20	33	11	0,56	5,0	10	36,0	1,9	

O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. O primeiro fator de estudo foi constituído por 4 sistemas de cultivo (SC) formados pela sucessão plantas de cobertura do solo (inverno) e milho (primavera-verão): SC1 = pousio + milho, SC2 = trigo mourisco + milho, SC3 = nabo pé de pato + milho e SC4 = mix de plantas de cobertura + milho. O segundo fator de estudo foi formado por 4 doses de N via fertilizante mineral aplicadas em cobertura: D1 = 0, sem aplicação de fertilizante, D2 = 80, D3 = 160, D4 = 240 kg ha⁻¹ de N. A dose de 80 kg ha⁻¹ de N (D2) foi aplicada em uma única vez, no estágio de 3 a 4 folhas verdadeiras. As doses de 160 e 240 kg ha⁻¹ de N (D3 e D4) foram aplicadas parceladamente em duas vezes (50% + 50%), sendo a primeira no estágio de 3 a 4 folhas e a última até o estágio de 6 a 7 folhas (Duarte et al., 2022).

As plantas de cobertura utilizadas foram: trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* M.), nabo pé-de-pato (*Brassica rapa* L.) e um mix de plantas de cobertura formada por aveia preta (*Avena strigosa* S.), aveia ucraniana (*Avena strigosa* S), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), centeio (*Secale cereale* L.), crambe (*Crambe abyssinica* H.), ervilhaca (*Vicia sativa* L.) comum e trigo mourisco. O plantio das plantas de cobertura foi à lanço, em julho de 2023. A densidade de semeadura para o trigo mourisco, nabo pé-de-pato e mix de cobertura foram de 60 kg ha⁻¹, 15 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹, respectivamente.

A semeadura do milho foi realizada no dia 23 de outubro de 2023, utilizando o híbrido AG 8701 PRO 4, com espaçamento de 0,45 cm entrelinhas e população de 66.000 plantas ha⁻¹, com sistema de irrigação por aspersão mecanizada em pivô-central. A semeadura ocorreu no sistema plantio-direto, sobre a palhada das plantas de cobertura; a emergência do milho foi verificada em 28/10/2023. A adubação de base consistiu com em 350 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16 e a adubação de cobertura seguiu as doses dos tratamentos (0, 80, 160, 240 kg ha⁻¹ de N), utilizando-se ureia convencional (46% de N). Quando necessário, tanto as plantas de cobertura quanto o milho foram irrigados para suprir 100% da demanda hídrica.

Após a emergência da cultura, foram realizadas as determinações dos índices de vegetação NDVI, bem como a fração de cobertura (FC) do solo pelo dossel da cultura e do índice de clorofila foliar (ICF), aos 14, 31, 42, 51, 80 e 102 dias após a emergência (DAE) o que corresponde aos estádios V4, V8, V12, R1, R4 e R5, respectivamente. O índice de vegetação NDVI foi determinado utilizando o sensor terrestre óptico ativo GreenSeeker HandHeldTM. Esse sensor gera automaticamente o índice de vegetação NDVI, a partir da medida da resposta espectral da banda do vermelho (650 nm) e do infravermelho próximo (770 nm). A obtenção de dados com o GreenSeeker foi realizada manualmente, com passagem sobre o dossel (0,60 m acima) das linhas de milho em cada parcela. Foram amostradas as três linhas úteis de cada parcela. As parcelas experimentais tinham 5 m de comprimento e 5 linhas da cultura de largura.

A FC do solo foi determinada pelo aplicativo mobile Canopeo® (Patrignani e Ochsner, 2015). Foram realizadas 3 determinações em cada parcela, gerando um valor médio de cobertura do solo para cada.

Para a obtenção do ICF, foi utilizado o clorofilômetro portátil Falker ClorofiLOG 1030. O índice de clorofila foi medido em cinco plantas por parcela, utilizando a primeira folha totalmente expandida a partir do ápice.

A produtividade de grãos será estimada pela colheita de 3 linhas úteis de milho em cada parcela, padronizando a umidade de grãos em $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$. Foram testadas regressões polinomiais de 1º, 2º e 3º grau para modelar a variação dos índices ao longo do ciclo. Foi utilizada a regressão que apresentou maior coeficiente de determinação, desde que ela seja biologicamente explicável.

Resultados e Discussão

A variação temporal da fração de cobertura do solo (FC) é demonstrada na Figura 1. Quando o milho foi cultivado após o pousio (Figura 1A), o valor máximo de FC variou de 81,52% a 74,23%, em que o maior valor foi encontrado para a dose de N de 0. Para o milho cultivado em sucessão ao trigo mourisco (Figura 1B), o valor máximo de FC variou de 76,28% a 70,91%, sendo o maior valor para o manejo com a dose de N de 240 kg ha^{-1} . Por outro lado, para o milho cultivado após o nabo pé-de-pato (Figura 1C), o valor de FC apresentou variação de 76,13% a 66,38%, com o maior valor para a dose de N de 0. As parcelas conduzidas após o mix de inverno (Figura 1D), apresentaram valores máximos de FC de 73,56% a 71,92%, com a dose 0 apresentando valor mais elevado. Ressalta-se que mesmo ocorrendo algumas diferenças, os valores máximos entre as doses de N foram próximos.

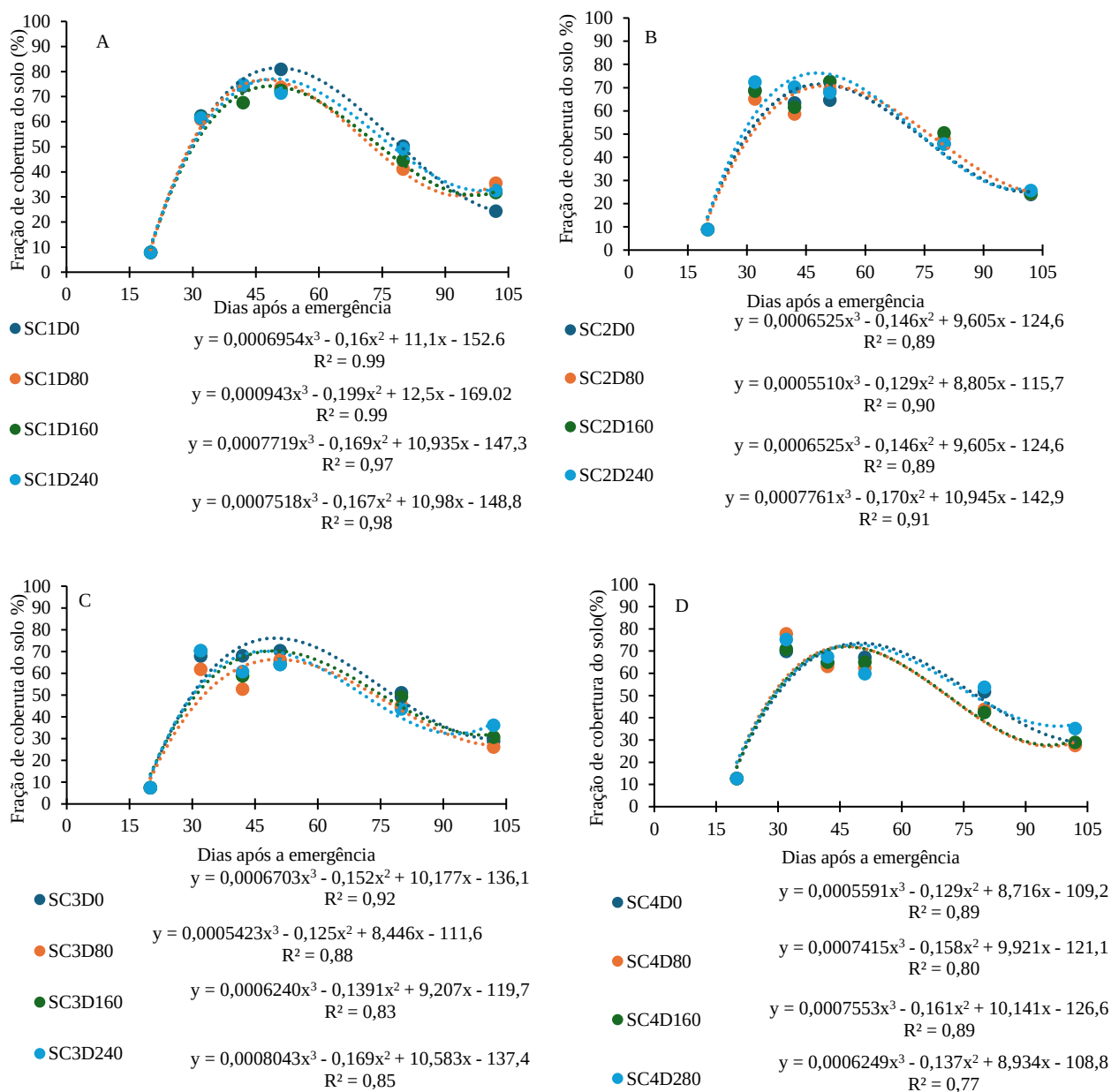


Figura 1. Variação temporal da fração de cobertura do solo de milho cultivado após sistemas de cultivo com plantas de cobertura e doses de N. Pousio (A), Trigo mourisco (B), Nabo pé-de-pato (C), Mix de inverno (D).

A variação temporal para o índice NDVI é apresentada na Figura 2. O valor máximo do índice para o milho cultivado após o pousio (Figura 2A) variou de 0,825 a 0,800. Para o milho

cultivado após o trigo-mourisco (Figura 2B), os valores máximos foram de 0,812 a 0,791. Em sucessão ao nabo pé-de-pato (Figura 2C), os valores variaram de 0,801 a 0,772. Por fim, os valores máximos para este índice no milho em sucessão ao mix de inverno (Figura 2D) foram de 0,793 a 0,780. Os sistemas de cultivo após o pousio, trigo-mourisco e mix de inverno foi apresentaram valores máximos na dose de 160 kg ha⁻¹, enquanto o sistema cultivado em sucessão ao nabo pé-de-pato apresentou valor máximo na dose de N de 80 kg ha⁻¹.

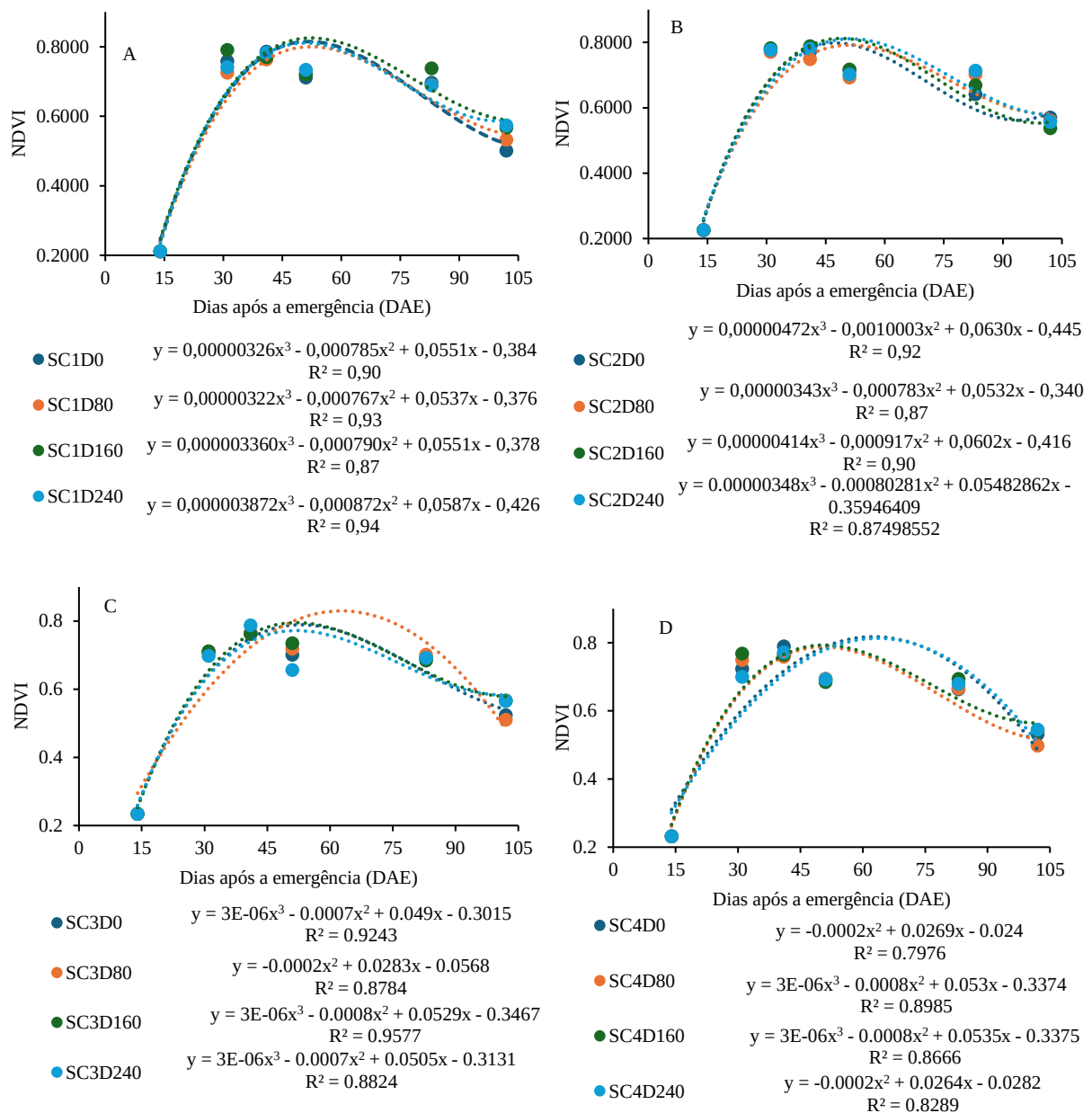


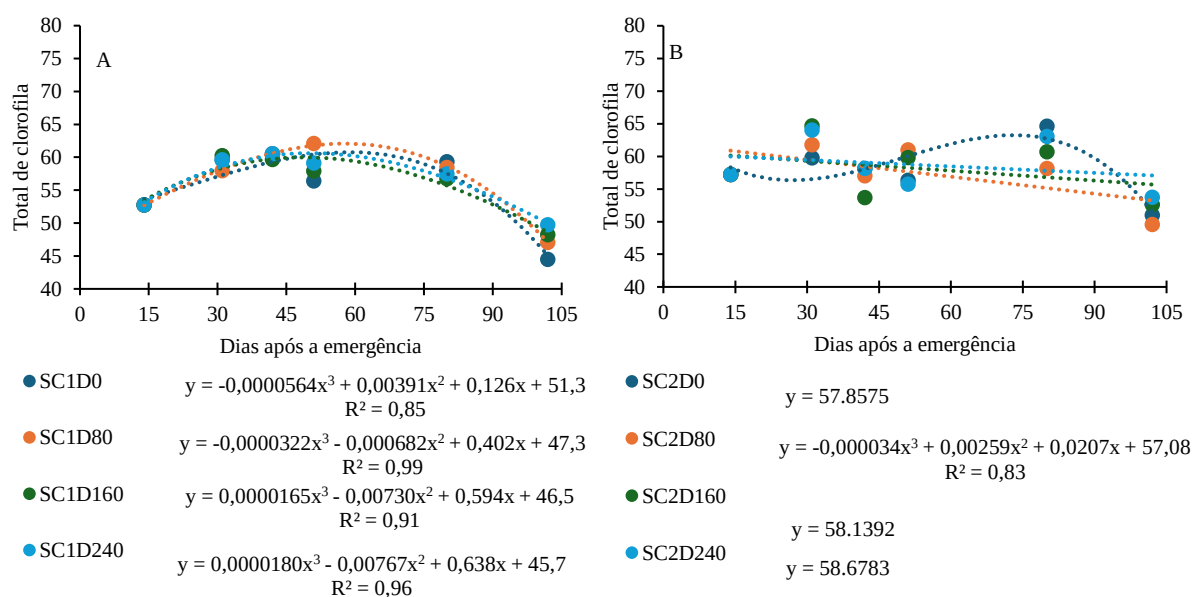
Figura 2. Variação temporal do NDVI de milho cultivado após sistemas de cultivo com plantas de cobertura e doses de N. Pousio (A), Trigo mourisco (B), Nabo pé-de-pato (C), Mix de inverno (D).

A avaliação dos índices espectrais apresenta grande importância na avaliação de culturas agrícolas. Giordano et al. (2014) avaliaram a variação do índice NDVI na cultura do milho em diferentes estádios de desenvolvimento em função da data de dessecação da aveia branca utilizada como cultura de cobertura do solo. Os autores relataram elevada variação do NDVI

em relação as diferentes épocas de dessecação da aveia, pois, nos tratamentos em que houve a dessecação muito próximo da semeadura do milho, o resíduo da aveia representou uma barreira física para a germinação, já que a cultura possui uma elevada relação C/N. Além disso, o estágio fenológico V7 da cultura foi o mais assertivo para a predição da produtividade de grãos.

No trabalho de Rudorff et al. (2003) foram avaliados os índices de área foliar (IAF) e o NDVI e os resultados obtidos por ele corroboram este trabalho, pois concluem que não é possível estabelecer uma relação entre esses dois índices e a produtividade do milho quando tais valores são acima de 5.000 kg ha^{-1} . Macedo e Rudorff (2003) concluíram que o NDVI explicou 54% da variação na produtividade de grãos do milho safrinha em lavouras comerciais, em que a produtividade variou de cerca de 500 a 5000 kg ha^{-1} . Sendo assim, o NDVI apresentou uma boa correlação com baixos níveis de produtividade. No entanto, em níveis mais elevados ($>5.000 \text{ kg ha}^{-1}$), essa correlação deixou de existir, pelo menos em condições de clima tropical, onde a radiação não é um fator limitante para alcançar alta produtividade.

Na Figura 3 está disposta a variação temporal do total de clorofila. Para o milho cultivado após o pousio (Figura 3A), houve variação dos valores máximos de 59,98 a 62,07, sendo o valor máximo obtido no sistema que recebeu 80 kg ha^{-1} de N.



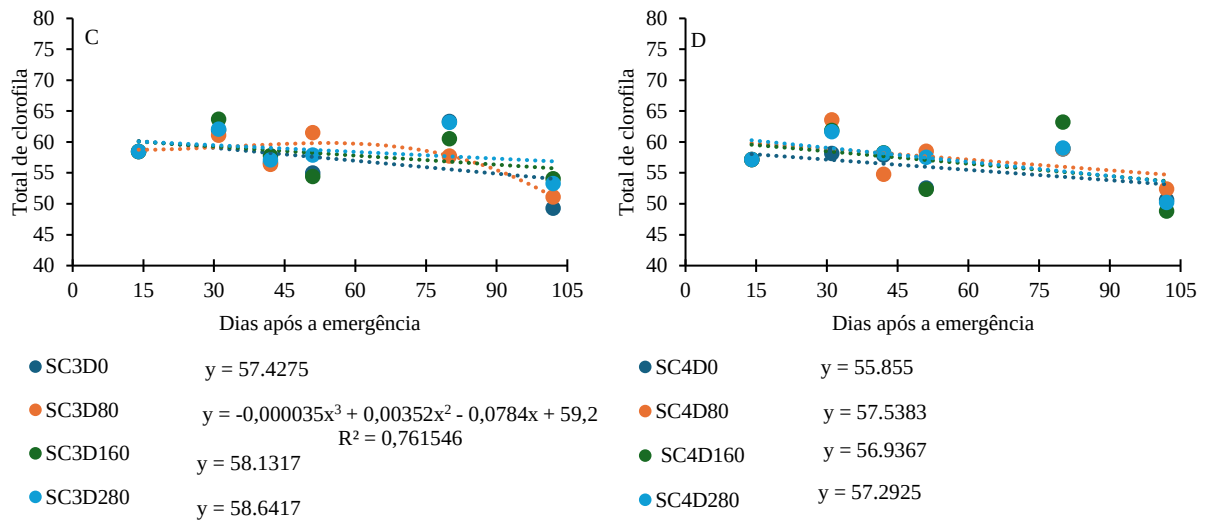


Figura 3. Variação temporal do total de clorofila do milho cultivado após sistemas de cultivo com plantas de cobertura e doses de N. Pousio (A), Trigo mourisco (B), Nabo pé-de-pato (C), Mix de inverno (D).

Amaral et al. (2005) concluíram que o teor de clorofila da folha é importante para detecção da necessidade da adubação nitrogenada em cobertura, uma vez que a aplicação de altas doses pode levar a altas produtividades, porém, pode não ser economicamente viável, principalmente para culturas cultivadas em solos de elevada fertilidade natural. Farinelli e Lemos (2012) concluíram que para produtores rurais com restrições econômicas e tecnológicas as doses de N em cobertura indicadas seriam mais próximas a 90 kg ha⁻¹, uma vez que associada a adubação de plantio, seria possível obter elevadas produtividades no cultivo do milho em sequeiro. Os trabalhos realizados na mesma área experimental com a cultura do feijão indicam que, mesmo com a cultura sendo conduzida sem a adubação nitrogenada, não houve deficiências evidenciadas de nitrogênio, confirmando a elevada fertilidade natural da área (Filla et al., 2020).

Na Figura 4, estão correlacionados os valores dos índices de FC (Figura 4A), NDVI (Figura 4B) e total de Clorofila (Figura 4C), com as doses de adubação nitrogenada de cobertura

utilizada, na avaliação realizada em 16/01/2024. Pode-se notar que os valores não apresentaram grande variação com a crescente adubação nitrogenada.

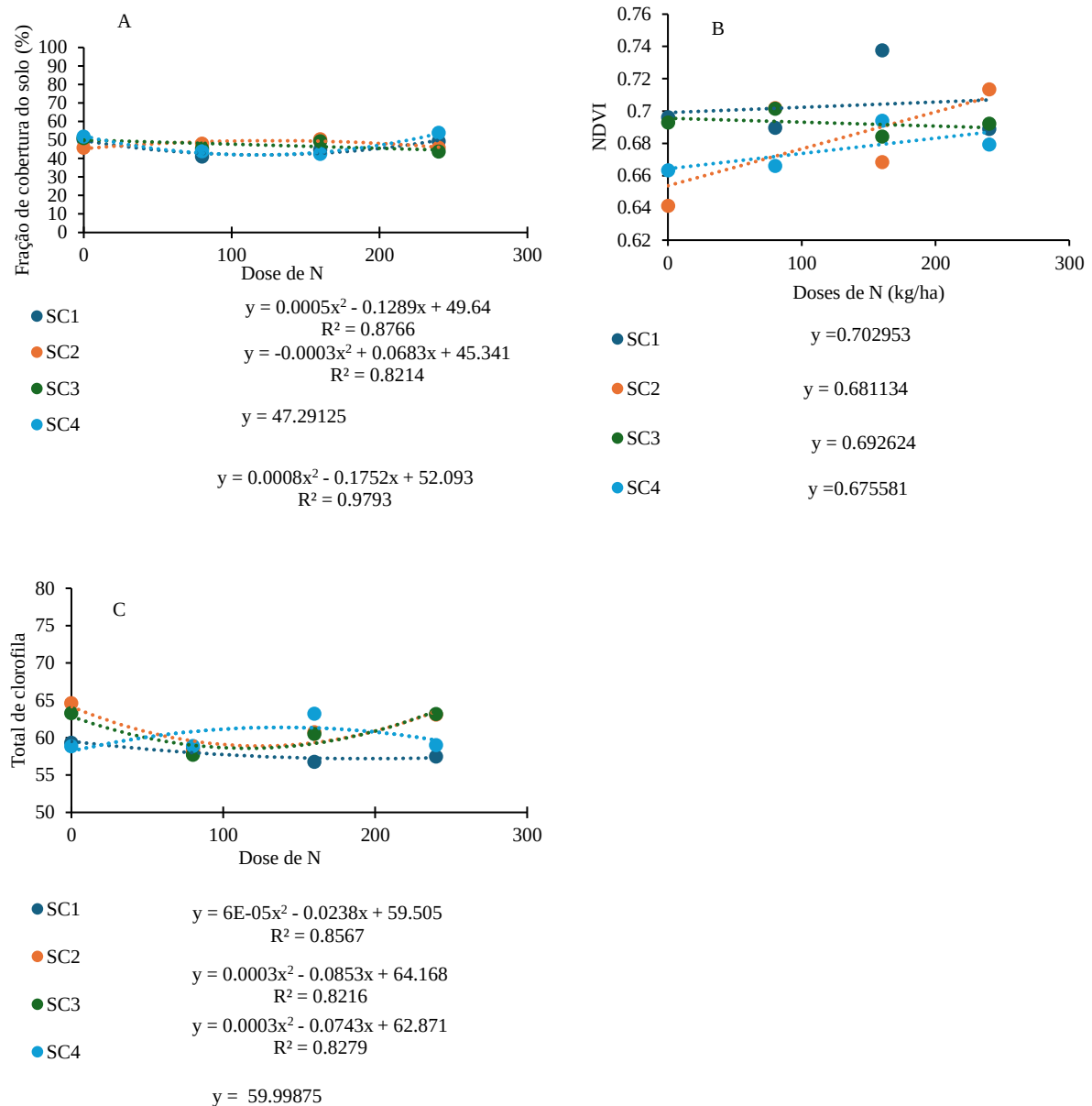


Figura 4. Variação da fração de cobertura do solo (A), NDVI(B) e total de clorofila (C), em relação as crescentes doses de adubação nitrogenada

Nos três sistemas de cultivo estudados, os tratamentos que receberam doses de N em cobertura apresentaram, no geral, maior FC, NDVI e total de clorofila ao final do ciclo da cultura, embora ao longo do ciclo e no ponto de máximo este padrão não tenha sido observado.

Isto ocorre, pois, de acordo com Malavolta (2006), o nitrogênio é um macronutriente que possui importante função estrutural, sendo componente de aminoácidos, da molécula de clorofila, dos ácidos nucleicos, de estruturas energéticas (ATP). Sendo assim, plantas bem supridas em nitrogênio possuem uma maior capacidade de sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, resultando em maior acúmulo de biomassa e na manutenção desta biomassa até o final do ciclo, resultando em uma maior cobertura do solo no momento da colheita.

A estabilidade dos índices estudados em relação as doses crescentes de N podem ser explicadas pela elevada fertilidade que o solo apresenta, uma vez que trata-se de uma área que é cultivada há muito tempo e recebe manejos de correção e adubação recorrente, conforme verificado na Tabela 1. Isto é confirmado pela produtividade de grãos obtida pelo sistema de cultivo que não recebeu nenhuma adubação nitrogenada, que foi de $10.263 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 5), cerca de 89,5% superior à produtividade média nacional (CONAB, 2024). Apesar disso, a produção de grãos aumentou linearmente de acordo com o incremento das doses de N em cobertura (Figura 6). Para cada incremento de 10 kg ha^{-1} de N em cobertura, a PG do milho aumentou em 62 kg ha^{-1} (1 saco por ha).

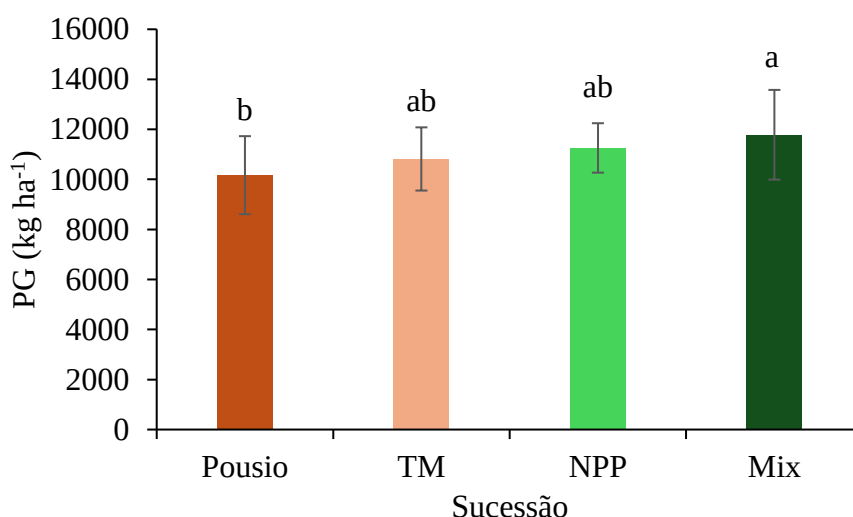


Figura 5. Produtividade de grãos (PG) do milho após a sucessão com as plantas de cobertura trigo mourisco (TM), nabo pé-de-pato (NPP) e mix de inverno (Mix).

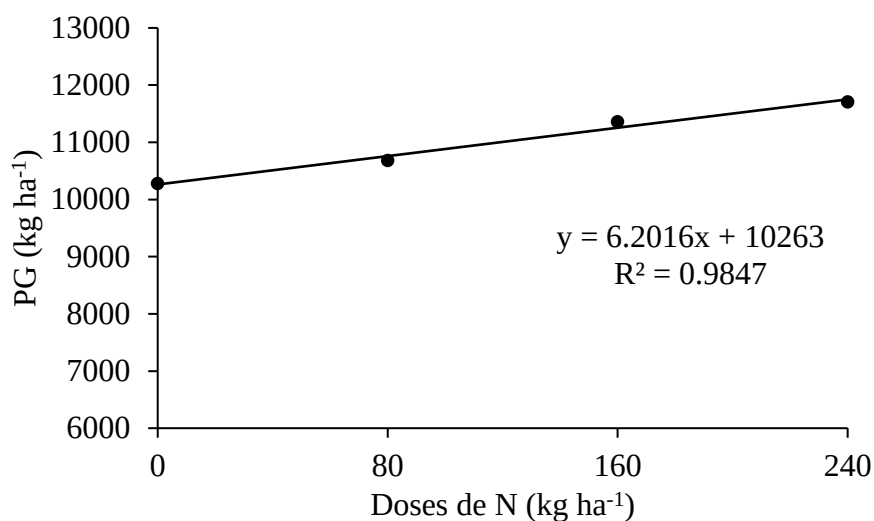


Figura 6. Variação da produtividade de grãos (PG) do milho em função das doses de N em cobertura.

Conclusão

Não ocorreram diferenças relevantes na resposta espectral do milho em função dos sistemas de cultivo em sucessão às plantas de cobertura e doses de N em cobertura. A produtividade de grãos do milho aumentou em taxas de 62 kg ha⁻¹ para cada 10 kg ha⁻¹ de N adicionado.

Referências

- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Solo**, v. 29, p. 467-473, 2005.
- BREDMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A. T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, p. 1147-1154, 2013.
- COELHO, A, M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 10p. (Boletim Técnico Nº 78), 2006. ISSN 1679-1150.

COELHO, A. P.; FARIA, R. T.; LEAL, F. T.; BARBOSA, J. A.; DALRI, A. B.; ROSALEN, D. L. Estimation of irrigated oats yield using spectral indices. **Agricultural Water Management**, v. 223, p. 105700, 2019.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos. Safra 2023/2024**, v.11, n.8. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/>. Acesso em 14/05/2024.

DUARTE, A. P.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Milho para grãos e silagem**. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; JUNIOR, D. M.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. (Eds.). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 2022. p. 201-205.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Produtividade e eficiência agronômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos de solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 2, p. 135-146, 2010.

FILLA, V.A.; COELHO, A.P.; LEAL, F.T.; BETTIOL, V.T.; LEMOS, L.B. Portable chlorophyll meter in monitoring and management of nitrogen in common bean cultivars. **Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias**, v.52, n.2, p.64-77, 2020.

FRANÇA, P. N. de O.; FARIA, R. T.; CARREGA, W. C.; COELHO, A. P.; GODOY, I. J.; PALARETTI, L. F. Peanut yield under irrigation levels in off-season cultivation. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 53, n. 1, p. 55-67, 2021.

GIORDANO, C.P.S; VIAN, A.L; BREDEMEIRER, C; JESUS, M.H; FERRARI, L.E. **Estimativa do potencial produtivo em milho em diferentes estádios fenológicos utilizando sensor ativo de vegetação**. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, 2014.

- HUANG, Y.; LEE, M. A.; THOMSON, S. J.; REDDY, K. N. Ground-based hyperspectral remote sensing for weed management in crop production. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 9, n. 2, p. 98-109, 2016.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. **Agronômica Ceres**, 2006.
- MAIA, S. C. M.; SORATTO, R. P.; LIEBE, S. M.; ALMEIDA, A. Q. Critério para adubação nitrogenada em cobertura no feijão comum utilizando medidor de clorofila. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 512-520, 2017.
- MACEDO, M. A.; RUDORFF, B.F.T. Geotecnologias no seguro agrícola do milho safrinha. **Agricultura em São Paulo**, v.1, p.43-52, 2003.
- MONTEIRO, P. F. C.; ANGULO FILHO, R.; XAVIER, A. C.; MONTEIRO, R. O. C. Assessing biophysical variable parameters of bean crop with hyperspectral measurements. **Scientia Agricola**, v. 69, p. 87-94, 2012.
- MOSLEH, M. K.; HASSAN, Q. K.; CHOWDHURY, E. H. Application of remote sensors in mapping rice area and forecasting its production: A review. **Sensors**, v. 15, n. 1, p. 769-791, 2015.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation of natural vegetation. Greenbelt: National Aeronautics and Space Administration**, 1974. p. 371.
- RUDORFF, B.F.T; MOREIRA, M.A. Resposta espectral do milho e sua relação com altos níveis de produtividade de grãos. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 11, p. 2597-2603, 2003.
- SANDRINI, F. O. T.; LEAL, F. T.; COELHO, A. P.; LEMOS, L. B.; ROSALEN, D. L. Índices de vegetação na estimativa da produtividade do feijoeiro cultivado sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 14, n. 4, 2019.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SCHLICHTING, A. F.; BONFIM-SILVA, E. D.; SILVA, M.C.; PIETRO-SOUZA, W.; SILVA, T. J. A.; FARIAS, L. N. Efficiency of portable chlorophyll meters in assessing the nutritional status of wheat plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 1148-1151, 2015.

TOUREIRO, C.; SERRALHEIRO, R.; SHAHIDIAN, S.; SOUSA, A. Irrigation management with remote sensing: Evaluating irrigation requirement for maize under Mediterranean climate condition. **Agricultural Water Management**, v. 184, p. 211-220, 2017.

USDA, United States Department of Agriculture, **Corn Explorer**. Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/>. Acesso em 14/05/2024.