



Índices de reflectância, flavonóides e clorofila como diagnóstico do teor de nitrogênio na cultura do milho

Nilton Koga Ferreira Rosa⁽²⁾; Leandro José Grava de Godoy⁽³⁾; André Tirapelle Perez⁽⁴⁾; Caio Rodrigues de Campos⁽⁵⁾; Edhielle Vanessa de Lima Soares⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPe)

⁽²⁾ Estudante do curso de Agronomia; Universidade Estadual Paulista - UNESP; Registro, SP; (niltonkoga@registro.unesp.br); ⁽³⁾ Dr., Professor de Fertilidade do Solo, Nutrição e Adubação de Culturas; Universidade Estadual Paulista - UNESP; Registro, SP; (legodoy@registro.unesp.br); ⁽⁴⁾ Estudante do curso de Agronomia; Universidade Estadual Paulista - UNESP; Registro, SP; (agroperez@registro.unesp.br); ⁽⁵⁾ Estudante do curso de Agronomia; Universidade Estadual Paulista - UNESP; Registro, SP; (caiorodrigues65@hotmail.com); ⁽⁶⁾ Estudante do curso de Agronomia; Universidade Estadual Paulista - UNESP; Registro, SP; (edhielle@registro.unesp.br).

RESUMO: As formas utilizadas para determinar a quantidade de clorofila e nitrogênio na folha requerem destruição de amostras de tecido, contudo já existem aparelhos portáteis com leituras instantâneas sem a destruição da folha. O objetivo deste trabalho foi avaliar os índices de reflectância, flavonóides e clorofila, determinados por aparelhos portáteis, como diagnóstico do teor de nitrogênio. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6, sendo dois cultivares de milho e seis doses de nitrogênio que foram aplicadas na semeadura e em cobertura. Cada vaso continha duas plantas de milho, com sete repetições. Foram realizadas medidas com três aparelhos diferentes (SPAD-502, Dualex e GreenSeeker), teor de N na planta, e fitomassa seca. O índice de clorofila (ICHL - Dualex), Índice de Balanço de Nitrogênio (IBN - Dualex) e o NDVI (GreenSeeker), determinados por aparelhos portáteis, são influenciados pelas doses de N, e podem auxiliar no diagnósticos do teor de nitrogênio, em plantas de milho, nos estádios V6 e pendoamento, principalmente.

Palavras-chave: milho; clorofilômetro; adubação.

INTRODUÇÃO

O diagnóstico do estado nutricional das plantas é uma importante ferramenta para se obter plantas com alta produção e alta qualidade de produtos. Entre os métodos de diagnóstico, a descrição dos sintomas de deficiência é importante, pois permite fazer um diagnóstico no campo e assim direcionar ações para comprovar e corrigir a deficiência de algum nutriente (Vidigal et al., 2004).

A clorofila é um pigmento que reflete a cor verde nas plantas e está diretamente associado com o potencial da atividade fotossintética, assim como o estado nutricional das plantas, geralmente, está associado com a quantidade e qualidade de clorofila (Zotarelli et al., 2003).

Ferramentas que permitam determinar, em tempo real, o estado nutricional de N das plantas, de

forma rápida e a baixo custo, têm sido propostas (Samborski et al., 2009).

Com o presente trabalho objetivou-se avaliar os índices de reflectância, flavonóides e clorofila, determinados por aparelhos portáteis, como diagnósticos do teor de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação ('teto em arco') situada no Câmpus de Registro, Universidade Estadual Paulista, localizado no município de Registro, SP, localizado nas coordenadas geográficas -24°29'15" S, 47°50'37" O.

O solo foi coletado na camada de 10 a 30 cm, no Câmpus de Registro, e classificado como Latossolo Amarelo (Lepsch et al., 1999).

Uma amostra do solo coletado foi submetida a análise, e por meio do resultado foi realizado a calagem com calcário dolomítico para elevar a saturação de bases para 70% (Rajj et al, 1997). Após 20 dias, aplicou-se 250 mg dm⁻³ P e 150 mg dm⁻³ K, na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. O nitrogênio foi aplicado de acordo com os tratamentos. Cada vaso continha 10 kg de solo com duas plantas compondo a unidade experimental. As plantas foram conduzidas até o pendoamento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6 com sete repetições, sendo dois cultivares de milho (AG7098 e AG8676) e seis doses de nitrogênio (0, 25, 50, 100, 150 e 300 mg dm⁻³ N), que foram aplicadas em 1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura, dividido nos estádios de 3 folhas ('V3') e 6 folhas ('V6'). Na cobertura foi aplicado também mais 50 mg dm⁻³ de K. Como fonte de N utilizou-se a ureia.

A irrigação foi feita por meio de rega buscando manter o teor de água a 70 % da capacidade máxima de retenção do solo.

A leitura com os clorofilômetros (SPAD-502 e Dualex) foi realizada uma em cada lado da folha recentemente expandida, de cada planta antes das adubações ('V3' e 'V6') e no pendoamento. As medidas do NDVI (Índice de Vegetação por



Diferença Normalizada) foi determinada acionando a emissão do comprimento de onda pelo GreenSeeker posicionado à 60 cm de altura em relação às plantas. O NDVI de cada planta consistiu da média de duas leituras por planta.

No pendoamento, as duas plantas por parcela, foram coletadas, cortadas e colocadas em estufa, à 65 °C, por 72 horas e em seguida determinada a fitomassa seca. Logo, as mesmas passaram pelo processo de moagem, e foram novamente acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para determinação da concentração de nitrogênio (CN), segundo Malavolta et al. (1997).

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F a 95% de confiança, análise de regressão e correlação de Pearson, utilizando o "SISVAR" versão 5.0 para Windows®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas dos aparelhos SPAD-502, Dualex Scientific e Green Seeker, assim como a fitomassa seca e o teor de N na planta, foram influenciados pela aplicação das doses de nitrogênio nos estádios V3, V6 e pendoamento (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos resultados do experimento (Registro, SP, 2015).

Fator de variação	SPAD-502			GreenSeeker		
	V3	V6	VT	V3	V6	VT
	p-value					
CV	0,810	0,914	0,727	0,027	0,041	0,001
DOSES	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001
CV x D	0,289	0,316	0,008	0,259	0,208	0,794
C.V. (%)	7,3	5,3	11	10	8,36	10,8
CV1	37,45 a	40,66 a	24,5 a	0,324b	0,651 b	0,370 b
CV2	36,41 a	40,71 a	24,29 a	0,341a	0,676 a	0,407 a
	Dualex (Clorofila)			Dualex (Nitrogênio)		
CV	0,367	0,757	0,438	0,001	0,001	0,928
DOSES	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
CV x D	0,018	0,729	0,012	0,308	0,003	0,001
C.V. (%)	7,2	6	14,3	12,4	14,4	14,3
CV1	31,55 a	33,30 a	20,67 a	39,34 b	33,27 b	21,57 a
CV2	32,00 a	33,17 a	20,18 a	42,33 a	44,82 a	21,51 a
	Dualex (Flavonóides)			Teor de N na planta	MS	
CV	0,019	0,001	0,020	0,363	0,855	
DOSES	0,011	0,002	0,001	0,001	0,001	
CV x D	0,632	0,075	0,005	0,784	0,486	
C.V. (%)	9,4	12,4	9,1	17	12,5	
CV1	0,81 a	1,02 a	1,01 a	8,20 a	51,98 a	
CV2	0,77 b	0,79 b	0,97 b	8,49 a	51,73 a	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O cultivar AG8676 foi superior ao AG7098, em todos estádios, nas leituras obtidas com o GreenSeeker. O mesmo ocorreu para o índice de flavonóides obtidos com o Dualex, porém, o cv AG7098 foi superior ao AG8676. O índice de balanço de nitrogênio (IBN) obtido com o aparelho Dualex, foi significativo somente nos estádios V3 e V6 para o cv. AG8676.

Os dois cultivares no V3 e o cv AG7098, no v6, apresentaram aumento linear do índice de clorofila (ICHL), determinado pelo Dualex, em relação às doses de N. O cv AG8676, no V6, apresentou o valor máximo do ICHL (37,11) na dose de 220 mg dm⁻³ de N. No pendoamento, o ICHL, em função das doses, se ajustou de forma quadrática para ambos os cultivares. O ICHL do cv AG7098 foi superior nas doses de 50 e 150 mg dm⁻³ de N. O valor máximo do ICHL do cv AG7098 e do cv AG8676 atingido na dose de 222 e 272 mg dm³ de N, respectivamente (Figura 1 A, B e C).

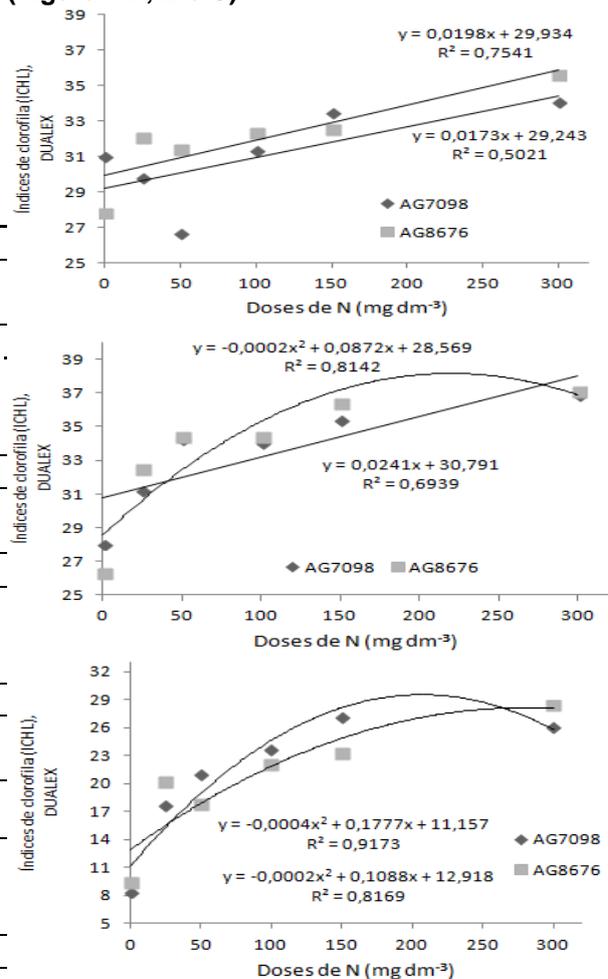


Figura 1. Índice de clorofila, determinado pelo Dualex (ICHL) da folha em função das doses de N e cultivares de milho no estádio: A - V3; B- V6 e C- pendoamento (Registro, SP, 2015)



No estágio V3, houve efeito linear do IBN (Dualex), em função das doses de N, para ambos cultivares. O IBN foi superior na cv. AG8676, nas doses 25 e 50 mg dm⁻³ N, no V3; e em todas as doses, no V6, menos no tratamento sem nitrogênio. No estágio V6 houve efeito linear e quadrático das doses de N, para o cv. AG7098 e cv. AG8676, respectivamente. O IBN máximo do cultivar AG8676 foi de 55,26 na dose de 215 mg dm⁻³ N. No pendoamento houve ajuste quadrático do IBN em função das doses de N, para os dois cultivares. O maior valor de IBN, do cv. AG7098 foi alcançado na dose de 220 mg dm⁻³ N, com o valor de 31,28, enquanto o cv. AG8676, apresentou o IBN máximo de 32,25 na dose de 300 mg dm⁻³ N (Figura 2A, B e C).

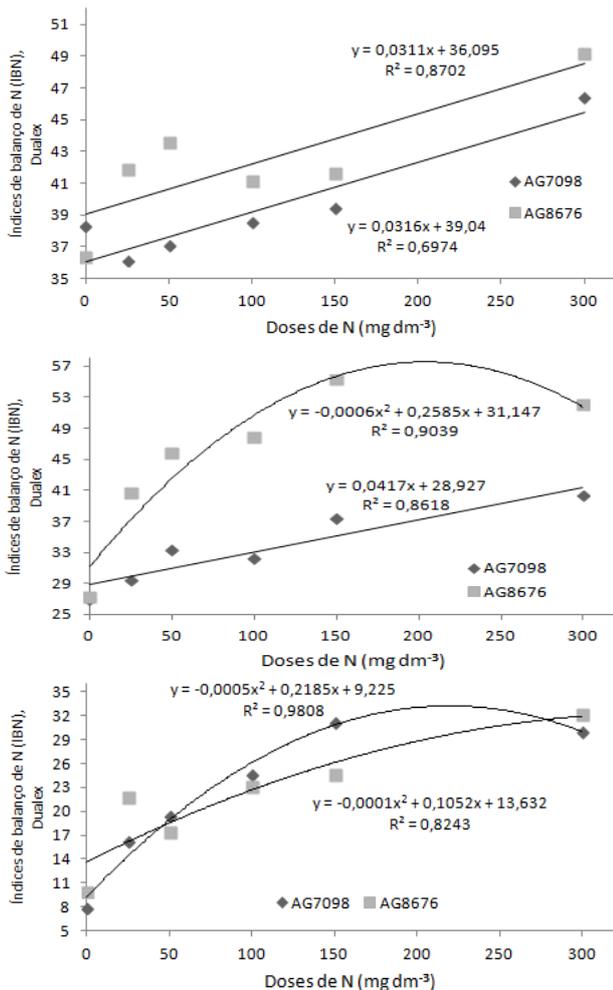


Figura 2. Índice de Balanço de Nitrogênio (IBN), determinado pelo Dualex, da folha em função das doses de N e cultivares de milho no estágio: A - V3; B- V6 e C- pendoamento (Registro, SP, 2015).

O índice de flavonoides (IFLV) determinado pelo Dualex ajustou-se de forma quadrática somente

para o cv AG7098, em função das doses de N. O valor máximo apresentado foi de 0,86 nos tratamentos com dose de 25 mg dm⁻³ N.

No estágio V6 o IFLV ajustou-se de forma linear e quadrática, para o cv AG7098 e cv. AG8676, respectivamente. O IFLV medido no cv AG7098, no V6 foi superior, em todas as doses, menos nos tratamentos sem N. O cv AG8676 apresentou o valor máximo de 0,97 nos tratamentos sem nitrogênio. No pendoamento, os índices ajustaram-se de forma quadrática e linear, para o AG7098 e para o AG8676, respectivamente. O IFVL, medido no pendoamento, foi superior na cv AG7098, nas primeiras três doses aplicadas. O valor máximo obtido foi de 1,14 no cv AG7098, na dose de 50 mg dm⁻³ N (Figura 3 A, B e C).

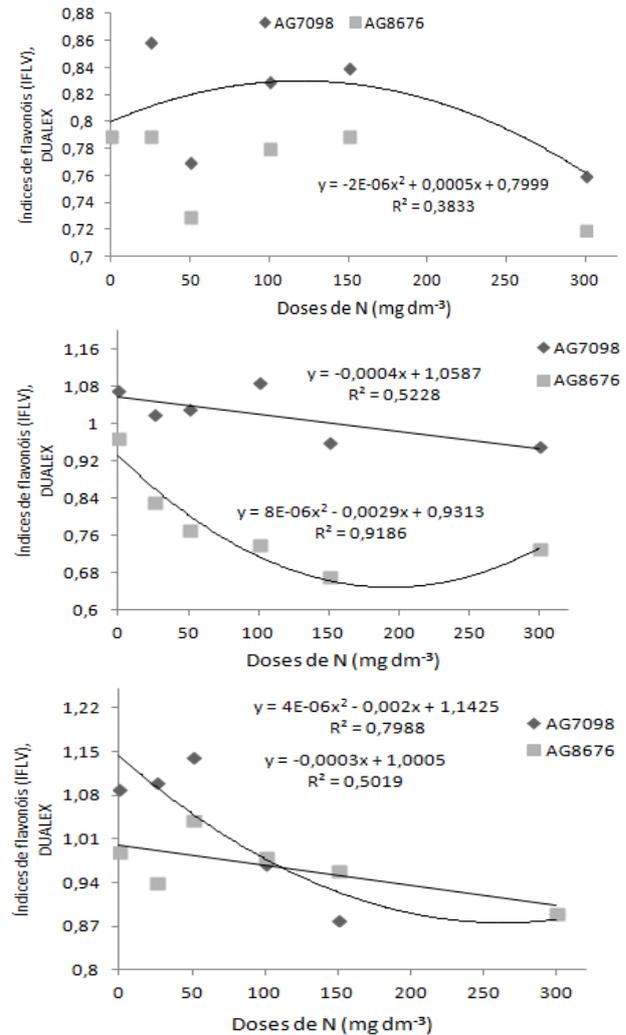


Figura 3. Índice de flavonoides (IFLV), determinado pelo Dualex, da folha em função das doses de N e cultivares de milho no estágio: A - V3; B- V6 e C- pendoamento (Registro, SP, 2015).

Em todos os estágios (V3, V6 e VT) houve efeito quadrático do NDVI em função das doses de N,



porém o NDVI, no cultivar AG8676, no V6 não foi significativo. No cultivar AG7098, nos estágios V3 e V6, nas doses de 175 e 200 mg dm⁻³ N, respectivamente, o valor máximo obtido foi de 0,350 e 0,689, respectivamente. Já no pendoamento, para o cv AG7098, o NDVI máximo (0,484) foi obtido na dose de 250 mg dm⁻³ N. No estágio V3 e pendoamento, o cultivar AG8676 apresentou um NDVI máximo de 0,370 e 0,521, respectivamente para doses de 250 e 263 mg dm⁻³ N (Figura 4 A, B e C).

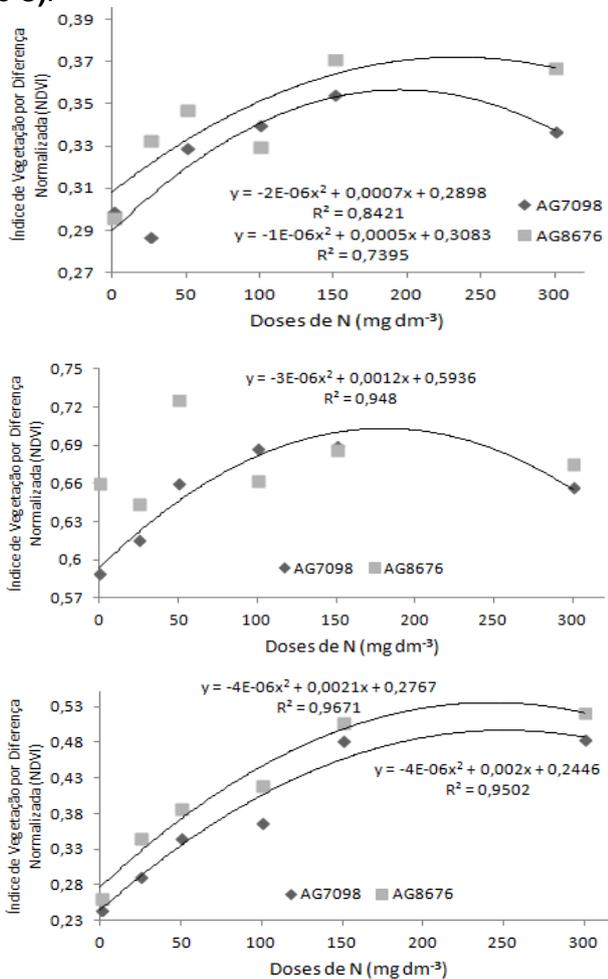


Figura 4. Índice de flavonoides (IFLV), determinado pelo Dualex, da folha em função das doses de N e cultivares de milho no estágio: A - V3; B - V6 e C- pendoamento (Registro, SP, 2015).

A correlação entre o ICHL do Dualex, no V3, com o SPAD, mostrou-se fraca. Porém, as correlações nos estágios V6 e VT com o SPAD, apresentaram-se muito forte. O IBN se correlacionou com o SPAD nos estágios V6 e VT, de forma moderada e muito forte, respectivamente. Não houve correlação significativa entre o IFLV com SPAD e GreenSeeker no estágio V3, entretanto as correlações no V6 e

VT, foi negativa fraca e negativa moderada, respectivamente.

Em relação à correlação índice de clorofila e IBN (Dualex) com GreenSeeker nos estágios V3 e V6 foi fraca. Já no estágio VT, para o índice clorofila, a correlação foi forte; e muito forte para o IBN.

Em relação ao GreenSeeker, a correlação com o SPAD no estágio V3 foi moderada. Entretanto no estágio V6 foi fraca e muito forte no pendoamento.

Tanto o ICHL do Dualex quanto o IBN, apresentaram correlações fortes com o teor de N e com a fitomassa seca. Para o IFLV a correlação com o teor de N foi negativa moderada e para a fitomassa seca foi negativa e fraca.

CONCLUSÕES

O índice de clorofila (ICHL - Dualex), Índice de Balanço de Nitrogênio (IBN - Dualex) e o NDVI (GreenSeeker), determinados por aparelhos portáteis, são influenciados pelas doses de N, e podem auxiliar no diagnósticos do teor de nitrogênio, em plantas de milho, nos estágios V6 e pendoamento, principalmente.

REFERÊNCIAS

- LEPSCH, I.F.; PRADO, H.; MENK, J.R.F.; SAKAI, E.; RIZZO, L.T.B. Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos da região do rio Ribeira de Iguape, SP. Instituto Agrônomo, Secretaria de Agricultura do Governo do Estado de São Paulo. 1999. Mapa. Escala: 1:250.000.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Boletim Técnico nº 100. 2 ed. Campinas, SP, Instituto Agrônomo, 1997. 285 p.
- SAMBORSKI, S.M.; TREMBLAY, N.; FALLON, E. Strategies to make use of plantsensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. *Agronomy Journal*, v.101, p.800-816, 2009.
- VIDIGAL, S. M.; SANTOS, C.; PEREIRA, P. R. G.; PACHECO, D. D.; FACION, C. E. Composição mineral e sintomas de deficiência de macronutrientes em melancia cultivada em solução nutritiva. *Viçosa*, 2004.
- ZOTARELLI, L. et al. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.9, p.1117-1122. 2003.

