

## Índice SPAD em função de diferentes horários e posições no folíolo da batata sob fertilização nitrogenada<sup>1</sup>

SPAD index in function of different times of measurement and positions in leaflets of potato fertilized with nitrogen

Marcelo Cleón de Castro Silva<sup>2\*</sup>, Fabrício Silva Coelho<sup>3</sup>, Heder Braun<sup>3</sup> e Paulo Cezar Rezende Fontes<sup>4</sup>

**Resumo** - Objetivou-se avaliar a influência do nitrogênio (N) sobre a leitura do índice SPAD, verificar se as leituras SPAD na quarta folha são sensíveis a variações com a posição e o horário de avaliação bem como o efeito da irrigação sob as leituras SPAD na cultura da batata. O experimento foi conduzido de junho a setembro de 2008, no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de cinco doses de N (0; 50; 100; 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas no sulco em pré-plantio, na forma de sulfato de amônio. As leituras do índice SPAD foram realizadas na quarta folha (QF) a partir do ápice e na folha mais velha (FV) aos 7; 14; 21; 28; 35; 42; 49 e 56 dias após a emergência (DAE). Aos 21 DAE realizou-se a leitura do índice SPAD em diferentes horários, posições no folíolo terminal da QF e determinou-se o índice SPAD antes e após a irrigação. As doses de N e os DAE influenciaram a leitura do índice SPAD na QF e FV durante o ciclo da cultura. Houve efeito das doses de N sobre o índice SPAD em todas as regiões do folíolo terminal da QF, exceto para a região distal. As doses de N e os diferentes horários de avaliação durante o dia influenciaram a leitura do índice SPAD na QF. Houve diferença entre os valores do índice SPAD antes e após a irrigação. Assim, deve ser estabelecido um rigoroso protocolo para a determinação do índice SPAD.

**Palavras-chave** - *Solanum tuberosum* L. Adubação nitrogenada. Clorofilômetro.

**Abstract** - This study aimed to evaluate the effect of the nitrogen (N) on the SPAD readings values performed weekly, check if the SPAD values determined in the fourth leaf are sensitive to changes as location where the reading is done on leaf, time of measurement as well as the effect of the irrigation on SPAD readings values in potato plants. The experiment was conducted from June to September 2008, in a complete randomized block with four replications, involving five N rates (0; 50; 100; 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup>) as ammonium sulfate applied in the furrow at planting. SPAD readings values were determined at 7; 14; 21; 28; 35; 42; 49 e 56 days after plant emergency (DAE) on the terminal leaflet of the fourth fully expanded leaf from the apex (FL) and on the first leaflet from the base of the plant (OL). The SPAD readings values were performed at different times during the day, different locations in the FL and before and after irrigation at 21 DAE. The N rates and DAE influenced the SPAD readings determined in the FL and OL during the crop cycle. The N rates influenced the SPAD values determined in all regions of the FL, except for the distal region. The N rates and the different times of measurement during the day influenced the SPAD values on the FL. The SPAD values determined before and after the irrigation proved to be different. So, it should be established a strict protocol for determining the SPAD index.

**Key words** - *Solanum tuberosum* L. Nitrogen fertilizer. Chlorophyll meter.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 12/11/2010; aprovado em 23/05/2011

Pesquisa financiada pela FAPEMIG

<sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36.570-000, Viçosa-MG, Brasil, mdecastro70@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36.570-000, Viçosa-MG, Brasil, fabriufila@yahoo.com.br, hederbraun@hotmail.com

<sup>4</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36.570-000, Viçosa-MG, Brasil, pacerefo@ufv.br

## Introdução

As clorofilas são um dos pigmentos responsáveis pela captura da luz usada na fotossíntese, sendo elas essenciais para a fase fotoquímica da fotossíntese, que tem como função converter a energia luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH, com a liberação de  $O_2$ . Assim, as clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente com seu crescimento e adaptabilidade aos diferentes ambientes. Sua determinação é, tradicionalmente, realizada pela extração dos solutos foliares (avaliação destrutiva) e, posterior determinação espectrofotométrica, utilizando comprimentos de onda na região do vermelho do espectro de luz visível. Entretanto, esse método é oneroso e trabalhoso.

É verificado, em algumas culturas, que a concentração de clorofila ou o esverdeamento das folhas se correlaciona positivamente com a concentração foliar de nitrogênio (N), tais como na batata (BOTHÁ; ZEBARTH; LEBLON, 2006), uma vez que 70% do N contido nos cloroplastos participam da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (ARGENTA et al., 2004), e contribuem para a produção da massa de matéria seca da planta (FERREIRA et al., 2006).

Atualmente, tem sido proposto o uso de medidores portáteis, denominados clorofilômetros, que permitem leituras instantâneas e de modo não destrutivo para avaliar o estado de N da planta em tempo real pela análise da intensidade do verde das folhas. Um desses medidores portáteis é o SPAD-502, que apresenta facilidade de operação, permite avaliações *in situ* e foi utilizado com sucesso em várias culturas como milho (COSTA et al., 2001), batata (BUSATO et al., 2010; SILVA; FONTES; MIRANDA, 2009), tomate (SCHUELTER et al., 2003), arroz (LIN et al., 2010), trigo (ESPINDULA et al., 2009) e espécies florestais (MARENCO; ANTEZANA-VERA; NASCIMENTO, 2009) como indicador indireto do estado de N da planta.

O índice SPAD pode ser empregado como indicativo da aplicação do N, desde que se conheça o nível crítico (NC), ou seja, abaixo do qual a produção da cultura responde à adubação nitrogenada. Além do NC, tem sido proposto o uso do índice de suficiência de N (ISN), obtido pela relação entre as medidas com o clorofilômetro na planta a ser avaliada na lavoura e a medida na planta da área de referência (sem deficiência de N), para avaliar o estado nutricional nitrogenado da lavoura. No entanto, após o solo receber uma quantidade de água próxima à capacidade de campo, modificações físico-químicas pode ocorrer alterando a disponibilidade de alguns nutrientes, principalmente o N (SCIVITTARO; MACHADO, 2004).

Para o manejo da adubação nitrogenada em batata com o uso do SPAD, quer seja pelo uso do NC ou pelo do ISN, é necessário que suas leituras sejam precisas e

reprodutíveis. Entretanto, as características fisiológicas da folha, como as estruturas celulares e o seu estado hídrico podem alterar as propriedades óticas da folha (MARTÍNEZ; GUIAMET, 2004) e, conseqüentemente, os valores do índice SPAD. Entretanto, são poucas as informações a respeito da sensibilidade das leituras SPAD na cultura da batata sob diferentes condições ambientais, que normalmente ocorrem durante o dia, tais como as mudanças na irradiância e nas condições hídricas da folha. Assim, objetivou-se avaliar a influência do nitrogênio (N) sobre a leitura do índice SPAD, verificar se as leituras SPAD na quarta folha (QF) são sensíveis a variações com a posição, o horário de avaliação bem como o efeito na leitura SPAD antes e após a irrigação da cultura da batata.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no período seco, de junho a setembro de 2008. O mesmo foi instalado na Horta de Pesquisa do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, a 690 m de altitude, a uma latitude de  $20^{\circ}45'14''$  sul e longitude de  $42^{\circ}52'55''$  oeste. O solo da área experimental foi classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, com 28% de areia, 61% de argila e 11% de silte. O solo, na camada de 0-20 cm de profundidade, analisado antes da instalação dos experimentos, continha  $1,50 \text{ mg kg}^{-1}$  de  $N\text{-NO}_3^-$ ,  $4,52 \text{ dag kg}^{-1}$  de matéria orgânica,  $170 \text{ mg dm}^{-3}$  de P disponível,  $165 \text{ mg dm}^{-3}$  de K disponível,  $4,57 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Ca trocável,  $0,77 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Mg trocável,  $0,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Al trocável. Durante o experimento, os valores médios mensais de temperaturas máxima e mínima do ar, umidade relativa e precipitação pluvial acumulada foram de  $22,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $11,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 77% e 127,1 mm, respectivamente.

O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de cinco doses de N (0; 50; 100; 200 e  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de N), aplicadas no sulco, em pré-plantio, utilizando-se o sulfato de amônio (20% de N e 24% de enxofre). No experimento foi utilizada a cultivar de batata (*Solanum tuberosum* L.) Monalisa.

As quantidades de fertilizantes aplicadas, no sulco de plantio, foram  $2.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de superfosfato simples (18% de  $P_2O_5$ ),  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  de cloreto de potássio (60% de  $K_2O$ ),  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de magnésio (10% de Mg),  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de bórax (10% de B),  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de zinco (20% de Zn),  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de cobre (24% de Cu) e  $0,25 \text{ ha}^{-1} \text{ kg}$  de molibdato de sódio (39% de Mo).

Cada parcela experimental de  $4,5 \times 8,0 \text{ m}$  foi constituída por 32 plantas, em linhas, espaçadas de  $0,75 \text{ m}$

entre fileiras e 0,25 m entre plantas. As duas linhas laterais e as duas plantas das extremidades das linhas centrais serviram como bordadura. O solo foi preparado com arado de aiveca e duas passagens de grade niveladora.

O plantio dos tubérculos foi realizado no dia 26 de junho de 2008. Foram utilizadas batatas-semente certificadas, com massa média de 75 g, previamente brotadas, com broto de aproximadamente 3 cm.

Durante o período experimental, foram realizadas pulverizações para o controle de pragas e doenças, de acordo com a necessidade, sendo utilizados os defensivos químicos Carbofuran, Címoxanil, Mancozeb e Oxicloreto de Cobre. O solo foi mantido com umidade próxima à capacidade de campo, utilizando-se o sistema de irrigação por aspersão. A lâmina de água foi estabelecida a partir da estimativa da evapotranspiração de referência e do coeficiente de cultura (Kc). A estimativa da evapotranspiração de referência foi realizada pelo método de Penman-Monteith, proposto pela FAO (ALLEN, 1993).

As determinações da leitura do índice SPAD foram realizadas no folíolo terminal da quarta folha (QF) completamente expandida e na primeira folha a partir da base da planta, considerada como a folha mais velha (FV). As determinações foram realizadas aos 7; 14; 21; 28; 35; 42; 49 e 56 DAE, por meio do medidor portátil SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development-502). A medição foi sempre realizada em duas plantas de cada parcela, no horário entre 8:00 e 11:00 horas da manhã. Em cada folha foram realizadas três leituras, a partir das quais foi calculada a média. A média das leituras realizadas na folha das duas plantas amostradas representou o valor da parcela.

Aos 21 DAE determinou-se a leitura do índice SPAD na QF ao longo do dia (às 7; 10; 13 e 16 horas), em três plantas de cada parcela. Nessa mesma época, realizaram-se três leituras do índice SPAD nas diferentes posições do folíolo terminal da QF. Essas leituras foram realizadas na região distal (ápice da folha), proximal (base da folha), central e marginal. Nessa última região, realizaram-se três leituras do índice SPAD em cada borda da folha, a partir das quais foi calculada a média. Realizou-se a leitura do índice SPAD na QF, em três plantas de cada parcela, antes e após a irrigação das plantas.

Os dados foram submetidos às análises de variância, de regressão e de metodologia de superfície de resposta. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” e adotando-se o nível de até 10% de significância, no coeficiente de determinação e no fenômeno biológico em estudo. O software estatístico utilizado para a execução das análises estatísticas foi o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) versão 9.1 (SAEG, 2007).

## Resultados e discussão

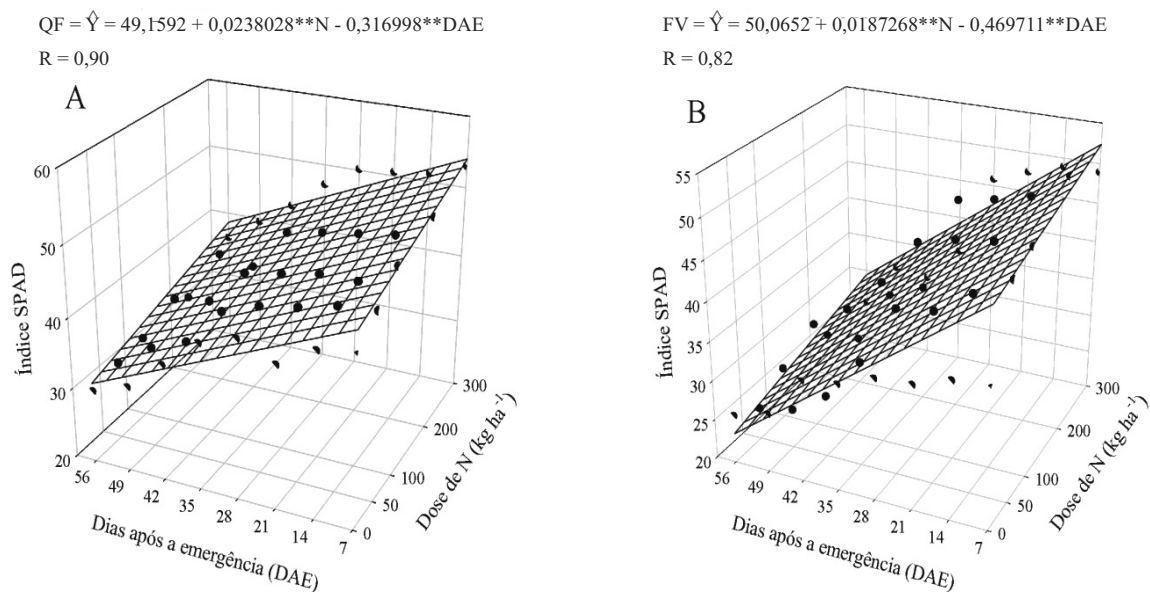
Houve interação significativa entre as doses de N e os DAE sobre a leitura do índice SPAD na QF e na FV. A Figura 1 ilustra o comportamento dos valores do índice SPAD em função das doses de N e dos DAE. Assim, quanto maiores foram as doses de N e os DAE, o índice SPAD aumentou e decresceu linearmente, respectivamente, tanto na QF quanto na FV, o que reforça a resposta da batata à aplicação de N em pré-plantio. Diferentemente, Coelho et al. (2010) trabalhando com as cultivares Ágata e Asterix e Gil et al. (2002) com a cultivar Monalisa, na mesma área do presente experimento, verificaram aumento quadrático do índice SPAD em função de doses de N. Diferenças entre a intensidade do verde das folhas entre cultivares pode ser atribuída pela forma distinta de absorção de N de cada cultivar. Provavelmente, a depender do material genético, as plantas podem permanecer mais verdes de acordo com a época de fornecimento dos nutrientes e seu mecanismo de absorção (CARDOSO et al., 2011).

Correlação positiva entre a adição de N e o teor de clorofila na folha da batata foi obtida por Botha, Zebarth e Leblon (2006), indicando que o teor de clorofila na folha está relacionado com o estado de N da planta, o que revela a possibilidade de se utilizar o medidor de clorofila para indicar a necessidade de aplicar N à cultura da batata.

O índice SPAD decresceu significativamente durante o ciclo de cultivo da batateira, seguindo o modelo linear tanto na QF quanto na FV (FIG. 1). Houve redução de 0,32 e 0,47 unidades SPAD na QF e na FV, respectivamente, a cada dia após a emergência da planta. Fontes (2001) afirma que a concentração de N na folha reduz com a idade da planta amostrada e a variação em seu teor pode ser explicada por mecanismos que envolvem a absorção, acumulação e distribuição do elemento na planta, bem como o desenvolvimento e translocação para o dreno (tubérculo). Neste contexto, esse mesmo autor atenta para a necessidade de padronização da folha a ser usada para efeito de diagnóstico do estado nutricional nitrogenado na batata.

O índice SPAD relaciona-se com teor de clorofila na planta ou com a intensidade do verde da folha, expressando assim o estado nutricional nitrogenado em uma fase específica do ciclo da cultura. No caso da batata, aos 21 DAE, época em que é realizada a adubação em cobertura (FONTES, 2001). Rodrigues (2004) afirma que o medidor portátil SPAD proporciona a possibilidade de diagnose a partir da segunda semana após a emergência das plantas de batata.

Houve interação significativa entre as doses de N e as horas de avaliação durante o dia sobre a leitura do índice

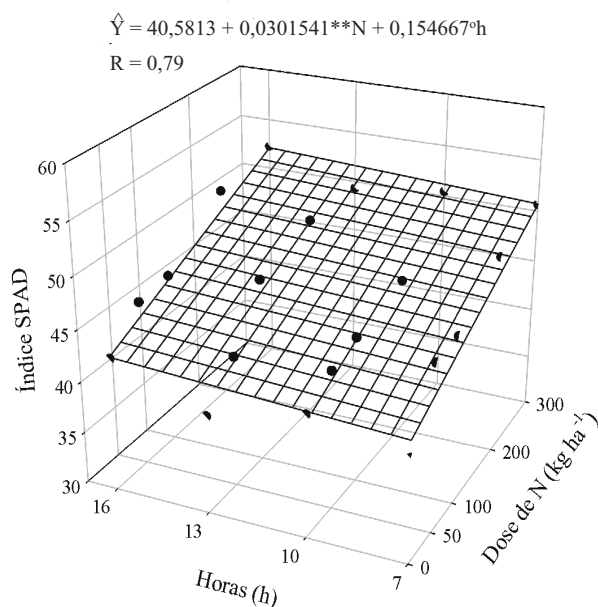


**Figura 1** - Índice SPAD na quarta folha (QF) completamente expandida (A) e folha velha (FV) (B) em função das doses de nitrogênio (N) e dos dias de avaliação após a emergência (DAE). \*\*, \* e °: significativo a 1; 5 e 10%, respectivamente, pelo teste “t”

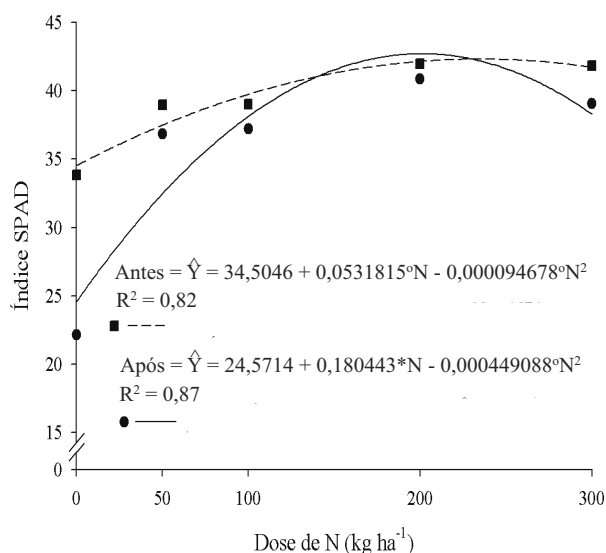
SPAD determinado na QF (FIG. 2). A Figura 2 ilustra que o incremento na dose de N e das horas de avaliação proporcionaram aumento linear na leitura do índice SPAD na QF. Esse aumento foi na proporção aproximada de 3 unidades SPAD a cada 100 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados e 0,15 unidade SPAD para cada hora durante o dia. Martínez e Guimet (2004) verificaram em plantas de trigo, cultivadas em vasos, que as leituras realizadas com o SPAD no começo da tarde (14 h) foram 2,7 unidades maiores do que quando realizadas pela manhã (9 h), embora não tenham sido observadas diferenças no conteúdo de clorofila extraível da folha nesses períodos. De acordo com esses autores, a diferença de irradiância entre os períodos da manhã e da tarde parece não ser o principal responsável pelas diferenças entre as leituras, mas sim o conteúdo de água na folha. Breeuwer et al. (2008) relataram que houve aumento da concentração de N nas folhas das plantas de *Sphagnum* com o aumento da temperatura. Apesar de não ter sido avaliado o efeito da temperatura nesse experimento, sabe-se que ao longo do dia ocorrem acréscimos de temperatura. Esses autores relataram que, provavelmente, houve estimulação da mineralização do N do solo quando a temperatura era mais elevada, tornando-se mais N disponível para o crescimento das plantas.

Houve efeito de dose de N sobre a leitura do índice SPAD na QF antes e depois da irrigação da cultura (FIG. 3). O incremento na dose de N proporcionou comportamento quadrático sobre a leitura do índice SPAD antes e depois da irrigação, o que provavelmente tenha

ocorrido por diferenças na quantidade de N absorvido. O comportamento da leitura do índice SPAD em função das doses de N está apresentado na Figura 3.



**Figura 2** - Índice SPAD na QF completamente em função das doses de N e dos horários de avaliação durante o dia (h), aos 21 dias após a emergência (DAE). \*\*, \* e °: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente, pelo teste “t”



**Figura 3** - Índice SPAD determinado na QF antes e após a irrigação em função das doses de nitrogênio (N). \*\*, \* e °: significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente, pelo teste “t”

Foi realizado o teste “t” para comparar o efeito da irrigação antes e após a leitura do índice SPAD na QF. Os valores médios referentes ao índice SPAD na QF antes e após a irrigação estão apresentados na Tabela 1. Houve efeito da irrigação para as doses 0; 50 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N. Após a irrigação, na dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, houve redução na leitura do índice SPAD. Esse comportamento foi observado por Dagar, Bhagwan e Kumar (2004) e Jaleel et al. (2008). A redução no conteúdo de clorofila sob estresse salino tem sido atribuída à destruição de pigmentos de clorofila pelo aumento da atividade da clorofilase e da instabilidade do complexo de proteínas (RAO; RAO, 1981). No entanto, também é atribuída à interferência dos íons com a síntese *de novo* de proteínas, componentes estruturais da clorofila, ao invés da degradação da clorofila (JALEEL et al., 2007).

**Tabela 1** - Média da leitura do índice SPAD antes e após a irrigação

Doses de N	SPAD antes	SPAD após
0	33,85 A**	22,15 B
50	38,97 A*	36,82 B
100	37,00 A	37,22 A
200	41,95 A	40,87 A
300	41,82 A*	39,07 B*

Médias comparadas pelo teste de “t”, dentro de cada doses de N. \*\* e \*, significativo ao nível de 1 e 5% de significância, respectivamente

De modo geral, as leituras realizadas antes da irrigação foram maiores do que quando realizadas após a irrigação (FIG. 3). Martínez e Guamet (2004) verificaram que o decréscimo no conteúdo relativo de água da folha causou aumento das leituras do índice SPAD, havendo o decréscimo da transmitância relativa da folha a 650 nm em relação a 940 nm. O aumento da reflectância da luz pode ser uma possível explicação para a diminuição aparente da transmitância das folhas levemente desidratadas. A luz é refletida nas interfaces de meios com diferentes índices de refração, como os espaços intercelulares ocupados com ar da parede celular (GRANT, 1987). A desidratação dos protoplastos pode aumentar a superfície específica total dos espaços intercelulares ocupados com ar da parede celular, aumentando assim, a reflexão da luz da folha, particularmente na região do visível do espectro de luz (CARTER; MACCAIN, 1993). Uma vez que o SPAD não pode discriminar entre a diminuição na quantidade de luz que chega ao sensor devido ao aumento na absorção ou reflexão de luz, o aumento da reflectância da folha em condições de baixo conteúdo relativo de água pode ser erroneamente computado como uma diminuição real na transmitância e, portanto, como um maior teor no conteúdo de clorofila foliar.

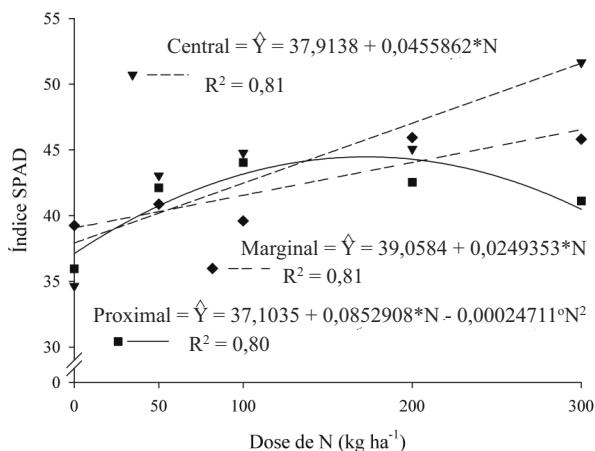
A leitura do índice SPAD pode ser relacionada ao estado hídrico da planta de batata (FIG. 3). Segundo Taiz e Zeiger (2004) a disponibilidade de água afeta diretamente a estabilidade da molécula da clorofila, pois, no cloroplasto ocorre oxidação da água (reação de Hill), para recompor os elétrons liberados pela fotooxidação da clorofila. Assim, os resultados encontrados na Figura 3 e Tabela 1 estão de acordo com Gamon e Percy (1989), que atribuíram estes maiores valores referentes ao teor de clorofila (SPAD antes da irrigação) à menor quantidade de água presente na folha de *Vitis californica*.

Na época do período chuvoso, ou mesmo quando é realizada uma irrigação sobre a cultura, o teor de N no solo pode decrescer pela ação da água (DYNIA et al., 2006), principalmente na emergência da cultura, acarretando plantas com valor baixo do índice SPAD. Os resultados do presente experimento mostram que após uma irrigação ocorre redução da leitura do índice SPAD na QF completamente expandida. Tais resultados demonstram que a variável índice SPAD expressa o nível de N na folha e, portanto, a quantidade do nutriente disponível no meio de cultivo para a cultura da batata.

As condições edafo-climáticas, principalmente, o manejo da irrigação e as boas práticas de manejo da adubação nitrogenada são os principais fatores atribuídos a esta lacuna para a obtenção de alta produtividade na cultura. Na cultura da batata, basicamente, a recomendação da adubação nitrogenada é baseada em função da análise

do solo. Entretanto, este não é considerado um bom índice para estimar a disponibilidade de N no solo para a cultura da batata após irrigação.

Houve interação significativa entre doses de N e região da folha da batateira sobre as leituras do índice SPAD determinadas aos 21 DAE (FIG. 4). Não houve efeito das doses de N sobre o índice SPAD determinado na região distal da QF, sendo o valor médio de 43,82. Já na região central e marginal, houve aumento linear da leitura do índice SPAD e na região proximal verificou-se aumento quadrático em função das doses de N (FIG. 4). Vidigal e Moreira (2009) avaliaram o índice SPAD no centro (terço médio) e no ápice (5 cm da extremidade do ápice da folha) das folhas de cebola e constataram que em ambas as partes houve aumento positivo e quadrático das leituras SPAD em função de doses de N. Arregui, Merina e Mingo-Castel (2000) citam que a posição de leitura na folha, incluindo ou não a nervura, pode afetar os valores do índice SPAD. Isso indica que o clorofilômetro é um método eficiente em estimar o nível de N nas plantas de batata e tem potencial de uso para manejar as aplicações de N na cultura, desde que seja estabelecido um rigoroso protocolo de determinação.



**Figura 4** - Índice SPAD determinado na região proximal, marginal e central do folíolo terminal da QF em função das doses de nitrogênio (N). \*\*, \* e °: significativo a 1; 5 e 10%, respectivamente, pelo teste “t”

## Conclusões

1. As doses de N e os dias após a emergência influenciaram a leitura do índice SPAD determinada na QF e na FV durante o ciclo de desenvolvimento da cultura;

2. Houve efeito das doses de N sobre o índice SPAD determinado em todas as regiões do folíolo terminal da QF, exceto para a região distal;
3. As doses de N e os diferentes horários de avaliação durante o dia influenciaram a leitura do índice SPAD na QF;
4. Houve efeito das doses de N sobre a leitura do índice SPAD determinado na QF antes e após a irrigação.

## Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de Pós-Doutorado concedida ao primeiro autor, e também, pelas bolsas de Doutorado concedidas ao segundo e terceiro autores. À FAPEMIG pela concessão de recursos para a pesquisa.

## Referências

- Allen, R.G. New approach to estimating crop evapotranspiration. *Acta Horticulturae*, v. 335, p. 287-293, 1993.
- ARGENTA, G. *et al.* Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. *ciência Rural*, v. 34, n. 05, p. 1379-1387, 2004.
- ARREGUI, L. M.; MERINA M.; MINGO-CASTEL, A. M. Aplicación del medidor portátil de clorofila en los programas de fertilización nitrogenada en patata de siembra. In: PASCUALENA, J.; RITTER, E. (Ed). **Libro de Actas Del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata**. Vitoria-Gastéis: [s. l.], 2000. p. 157-170.
- BOTHA, E. J.; ZEBARTH, B. J.; LEBLON, B. Non-destructive estimation of potato leaf chlorophyll and protein contents from hyperspectral measurements using the PROSPECT radiative transfer model. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 86, n. 01, p. 279-291, 2006.
- BREEUWER, A. *et al.* The effect of temperature on growth and competition between *Sphagnum* species. *Oecologia*, v. 156, n. 01, p. 155-167, 2008.
- BUSATO, C. *et al.* Seasonal variation and threshold values for chlorophyll meter readings on leaves of potato cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, v. 33, n. 14, p. 2148-2156, 2010.
- CARDOSO, A. D. *et al.* Índice SPAD no limbo foliar da batateira sob parcelamento e doses de nitrogênio e potássio. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 42, n. 01, p. 159-167, 2011.
- CARTER, G. A.; MCCAIN, D. C. Relationship of leaf spectral reflectance to chloroplast water content determined using NMR microscopy. *Remote Sensing of Environment*, v. 46, n. 03, p. 305-310, 1993.
- COELHO, F. S. *et al.* Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na

- folha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 04, p. 1175-1183, 2010.
- COSTA, C. *et al.* Inter-relationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 08, p. 1173-1194, 2001.
- DAGAR, J. C.; BHAGWAN, H.; KUMAR, Y. Effect on growth performance and biochemical contents of *Salvadora persica* when irrigated with water of different salinity. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 09, n. 03, p. 234-238, 2004.
- DYNIA, J. F. *et al.* Lixiviação de nitrato em latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 05, p. 855-862, 2006.
- ESPINDULA, M. C. *et al.* Effect of nitrogen and trinexapacetyl rates on the SPAD index of wheat leaves. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, n. 11, p. 1956-1964, 2009.
- FERREIRA, M. M. M. *et al.* Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 53, n. 305, p. 83-92, 2006.
- FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122 p.
- GAMON, J. A.; PEARCY, R. W. Leaf movement, stress avoidance and photosynthesis in *Vitis californica*. **Oecologia**, v. 79, n. 04, p. 475-481, 1989.
- GIL, P. T. *et al.* Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 04, p. 611-615, 2002.
- GRANT, L. Diffuse and specular characteristics of leaf reflectance. **Remote Sensing of Environment**, v. 22, n. 02, p. 309-322, 1987.
- JALEEL, C. A. *et al.* NaCl as a physiological modulator of proline metabolism and antioxidant potential in *Phyllanthus amarus*. **Comptes Rendus Biologies**, v. 330, n. 11, p. 806-813, 2007.
- JALEEL, C. A. *et al.* Soil salinity alters growth, chlorophyll content, and secondary metabolite accumulation in *Catharanthus roseus*. **Turkish Journal of Biology**, v. 32, n. 02, p. 79-83, 2008.
- LIN, F. F. *et al.* Investigation of SPAD meter-based indices for estimating rice nitrogen status. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 71, n. 01, p. 60-65, 2010.
- MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; NASCIMENTO, H. C. S. Relationship between specific leaf area, leaf thickness, leaf water content and SPAD-502 readings in six Amazonian tree species. **Photosynthetica**, v. 47, n. 02, p. 184-190, 2009.
- MARTÍNEZ, D. E.; GUIAMET, J. J. Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. **Agronomie**, v. 24, n. 01, p. 41-46, 2004.
- RAO, G. G.; RAO, G. R. Pigment composition and chlorophyllase activity in pigeon pea (*Cajanus indicus* Spreng) & Gingelly (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 19, p. 768-770, 1981.
- RODRIGUES, M. A. Establishment of continuous critical levels for indices of plant and presidedress soil nitrogen status in the potato crop. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 35, n. 13/14, p. 2067-2085, 2004.
- SISTEMA PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS (SAEG). **Versão 9.1**. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes; UFV, 2007.
- SCHUELTER, A. R. *et al.* Avaliação dos níveis de clorofila em folhas de tomateiro da cultivar Santa Clara, do mutante 'firme' e do híbrido F<sub>1</sub>. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v. 25, n. 01, p. 183-187, 2003.
- SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. **Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado**. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. (Org). Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. cap. 9. p. 259-303.
- SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R.; MIRANDA, G. V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 01, p. 17-22, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- VIDIGAL, S. M.; MOREIRA, M. A. **Diagnóstico de nitrogênio por medidores portáteis para uso na cultura da cebola**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009. (Circular Técnica, 52).