

Viabilidade do uso do SPAD no diagnóstico do estado de nitrogênio na macieira 'Fuji'

Use of SPAD meter to assess the nitrogen status of 'Fuji' apple

Gilberto Nava^{1*}, Marlise Nara Ciotta¹

Recebido em 09/02/2011; aprovado em 03/10/2012.

RESUMO

O clorofilômetro SPAD fornece leituras de maneira simples e rápida, podendo auxiliar no diagnóstico nutricional de frutíferas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada sobre o teor de nitrogênio (N) e leituras SPAD em folhas de macieira 'Fuji', bem como avaliar a relação entre essas variáveis. O experimento foi conduzido no período de 1998 a 2001, no município de São Joaquim, SC. O delineamento foi de blocos ao acaso e os tratamentos consistiram de quatro doses de N aplicadas anualmente na superfície do solo (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹). A análise foliar e as leituras SPAD foram realizadas na segunda quinzena de novembro e também na época padrão de coleta das folhas, na primeira quinzena de fevereiro. As leituras SPAD e os teores de N nas folhas aumentaram de forma linear em função do incremento das doses de N. Independente do ano ou época de avaliação, o teor de N aumentou linearmente com o aumento das leituras SPAD. Valores ótimos de leitura SPAD de 37 a 47, 37 a 49 e 41 a 63 foram obtidos para a amostragem de fevereiro de 1999, 2000 e 2001, respectivamente. Há uma baixa relação entre o índice SPAD medido em novembro e o teor de N na folha obtido em fevereiro do ano seguinte. Diferentes leituras SPAD entre estações de crescimento para teores similares de N indicam que outros fatores devem ser investigados na calibração do clorofilômetro.

PALAVRAS-CHAVE: *Malus domestica* Borkh, adubação nitrogenada, clorofilômetro.

SUMMARY

The Minolta SPAD leaf chlorophyll meter is a user friendly instrument that can provide a rapid diagnosis of the nutritional status of fruit trees. The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen (N) fertilization on SPAD values and on N concentration in 'Fuji' apple leaves, as well as to evaluate the relationship between these parameters. The experiment was carried out in São Joaquim, Santa Catarina state, Brazil, from 1998 to 2001. The treatments consisted of four rates of N (0, 50, 100, 200 kg ha⁻¹) applied annually on the soil surface in a randomized complete block design. Chemical analysis and SPAD readings were performed in leaves in two sampling times: in the second half of November and in the standard time during the first half of February of each year. SPAD values and leaf N concentration increased linearly as a function of increasing rates of N. Optimum values for SPAD readings of 37-47, 37-49 and 41-63 were obtained for the sampling time of February 1999, 2000 and 2001, respectively. There is a low relationship between SPAD values measured previously in November with N concentration in the leaf achieved in February the following year. Different SPAD values between growing seasons for similar levels of N suggest that other factors should be investigated in the calibration of the leaf chlorophyll meter.

KEY WORDS: *Malus domestica* Borkh, nitrogen fertilization, chlorophyll meter.

¹ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), Estação Experimental de São Joaquim, Caixa Postal 81, CEP 88600-000, São Joaquim, SC, Brasil. Email: nava@epagri.sc.gov.br. *Autor para correspondência.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, a avaliação do teor de nitrogênio na macieira é baseada na concentração deste nutriente em folhas coletadas na porção mediana de ramos de crescimento do ano, durante o período de maior estabilidade da concentração dos nutrientes na folha. Este período ocorre entre 110 a 125 dias após a plena floração (FAUST, 1989), sendo por isso considerado como período padrão de coleta de folhas para análise química. Para as cultivares plantadas no Brasil, este período ocorre entre 15 de janeiro a 15 de fevereiro.

A utilização da análise foliar para avaliação da necessidade de N apresenta limitações, como o tempo gasto entre a coleta das amostras e a obtenção dos resultados (NAVA et al., 2010). Por isso, os resultados das análises realizadas no período padrão de coleta das folhas somente são utilizados para a recomendação das adubações do ciclo seguinte de crescimento da macieira.

No Brasil, resposta positiva sobre o rendimento da macieira decorrente do uso da adubação nitrogenada tem sido observada para regiões de solos rasos (NAVA e DECHEN, 2009), como aqueles que ocorrem na região produtora de São Joaquim.

Nesta região, é comum o aparecimento de sintomas de deficiência de N, principalmente após períodos de falta de umidade no solo. Nesta condição, exige-se uma tomada de decisão rápida para suplementar N às plantas, sendo atualmente baseada em parâmetros empíricos e na análise visual da planta. Assim, é desejável a obtenção de métodos mais precisos e que permitam monitorar de forma rápida o nível de N da macieira em qualquer estágio de desenvolvimento vegetativo da cultura.

O medidor de clorofila SPAD (clorofilômetro), que proporciona leituras instantâneas, de uma maneira não destrutiva das folhas, surge como alternativa de indicação da concentração de N na planta. As leituras efetuadas pelo clorofilômetro correspondem ao teor de clorofila presente na folha da planta (AMARANTE et al., 2008; AMARANTE et al., 2009), que por sua vez correlaciona-

se positivamente com a concentração de N (PRADO e VALE, 2008; PORTO et al., 2011). Embora o clorofilômetro já tenha sido usado com sucesso para estimar o teor de clorofila em folhas de macieira (SINGHA e TOWNSEND, 1989; CAMPEBELL et al., 1990), existem poucas informações sobre a relação das leituras SPAD com o teor de N nas folhas, principalmente quando se considera os diferentes estágios de desenvolvimento vegetativo da cultura. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia do clorofilômetro em estimar o conteúdo de N nas folhas em dois estágios de desenvolvimento vegetativo da macieira, bem como avaliar a relação existente entre os teores de N e as leituras SPAD nos diferentes estágios de amostragem das folhas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas estações de crescimento de 1998/99 a 2000/01, no município de São Joaquim, SC (28° 17' 25" S, 49° 56' 56" W – altitude de aproximadamente 1280 m). A área experimental situou-se em três pomares comerciais de macieira, com seis, nove e 13 anos de idade na instalação do experimento, ambos com o cultivar Fuji sobre o porta-enxerto Marubakaido. Cada pomar comercial representou uma das três repetições no delineamento experimental de blocos ao acaso.

Os tratamentos consistiram de quatro doses de N: 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹, aplicadas anualmente sobre a superfície do solo, na forma de uréia, numa faixa de 2,2 m de largura, centralizada junto à linha de plantio. As doses foram parceladas, aplicando-se 50% em pós-colheita (abril) e 50% no início da estação de crescimento (setembro).

As parcelas experimentais continham cinco plantas, espaçadas em 4,5 x 6,0 m em um dos pomares e 3,0 x 6,0 m nos outros pomares, sendo avaliadas as três centrais como plantas úteis. As áreas experimentais receberam o mesmo manejo recomendado para pomares comerciais (EPAGRI, 2002), exceto em relação às adubações. Os solos de dois pomares são classificados como Cambissolos e do terceiro como Neossolo.

As leituras com clorofilômetro foram realizadas em duas fases de desenvolvimento vegetativo, sendo que uma delas coincidiu com a época padrão recomendada para coleta de folhas para análise química (primeira quinzena de fevereiro) e a outra fase de aproximadamente 75 dias anterior à primeira (segunda quinzena de novembro). Na safra 2000/01 apenas foi realizada a leitura na época padrão, em fevereiro. Foram realizadas leituras SPAD em 15 folhas localizadas na porção mediana dos ramos do ano e que não apresentassem sombreamento, totalizando 45 leituras por parcela. Na apresentação dos resultados foram considerados os valores médios destas leituras.

Para a determinação da concentração de N, 45 folhas por unidade experimental (15 folhas por planta) foram amostradas nas mesmas fases consideradas anteriormente para realização das leituras SPAD. As folhas foram lavadas com detergente e enxaguadas com água destilada, secadas em estufa a 65°C e moídas. Uma subamostra de 0,2 g foi digerida em bloco digestor a 380°C, com H₂O₂ (2,0 ml) + H₂SO₄ (5,0 ml) e sais catalisadores e posteriormente determinou-se o teor de N pelo método micro-Kjeldahl.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os fatores, cujos efeitos foram significativos pelo teste F a 5% de probabilidade, foram submetidos à análise de regressão para ajuste de equações (PROC GLM e PROC REG, SAS, 1996). As relações entre as variáveis de interesse foram obtidas por meio do coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relação entre a leitura SPAD e o teor de N nas folhas

Independentemente do ano ou da época de avaliação, os teores de N nas folhas da macieira Fuji aumentaram de forma linear (Figura 1), em função do incremento nas leituras do índice SPAD. As diferentes inclinações das retas entre as épocas de avaliação indicam que as leituras SPAD foram capazes de detectar as variações no teor foliar de N nos diferentes estágios de desenvolvimento

da macieira Fuji. As maiores inclinações das retas nas avaliações de novembro refletem os maiores teores foliares de N que ocorrem nesta época quando comparados aos teores atingidos em fevereiro. Entretanto, verifica-se que estes maiores teores de N não refletiram em leituras SPAD mais elevadas, indicando a necessidade de padronização da época de realização das leituras SPAD (NEILSEN et al., 1995). Provavelmente, a espessura da folha variável entre as épocas avaliadas esteja influenciando nos valores SPAD obtidos.

Trabalhando com macieira no Canadá e na Itália, Nielsen et al. (1995) e Porro et al. (2001), respectivamente, verificaram que as leituras SPAD eram influenciadas significativamente pela estação de crescimento, bem como pela localização do pomar. As variações entre anos foram evidentes no presente trabalho (Figura 1), constatando-se leituras SPAD bem maiores em fevereiro de 2001 quando comparadas às leituras SPAD para a mesma época dos anos anteriores, mesmo sendo similares os teores de N nas folhas neste período. Além da variação que ocorre entre anos, grande parte da dispersão dos pontos apresentados (Figura 1) é devida aos diferentes locais avaliados, refletindo possivelmente as variações de solo e idade de plantas que haviam entre os pomares.

Por meio da substituição dos parâmetros das equações (y) pelos valores da faixa de suficiência considerada normal para a cultura da macieira, que variam de 20 a 25 g kg⁻¹ para a época padrão de coleta de folhas (SUZUKI e BASSO, 2002), foi possível o cálculo dos valores de leitura SPAD considerados ideais para cada ano (Figura 1). Assim, para 2001 foram calculados valores SPAD ideais entre 41 a 63, bastante superiores a 1999 e 2000 que foram de 37 a 47 e 37 a 49, respectivamente.

Efeitos das doses de N sobre os teores foliares de N e leituras SPAD

Independente do ano de avaliação, o índice SPAD e a concentração de N nas folhas aumentaram de forma linear em função das doses de N aplicadas ao solo (Figura 2). Esta similar

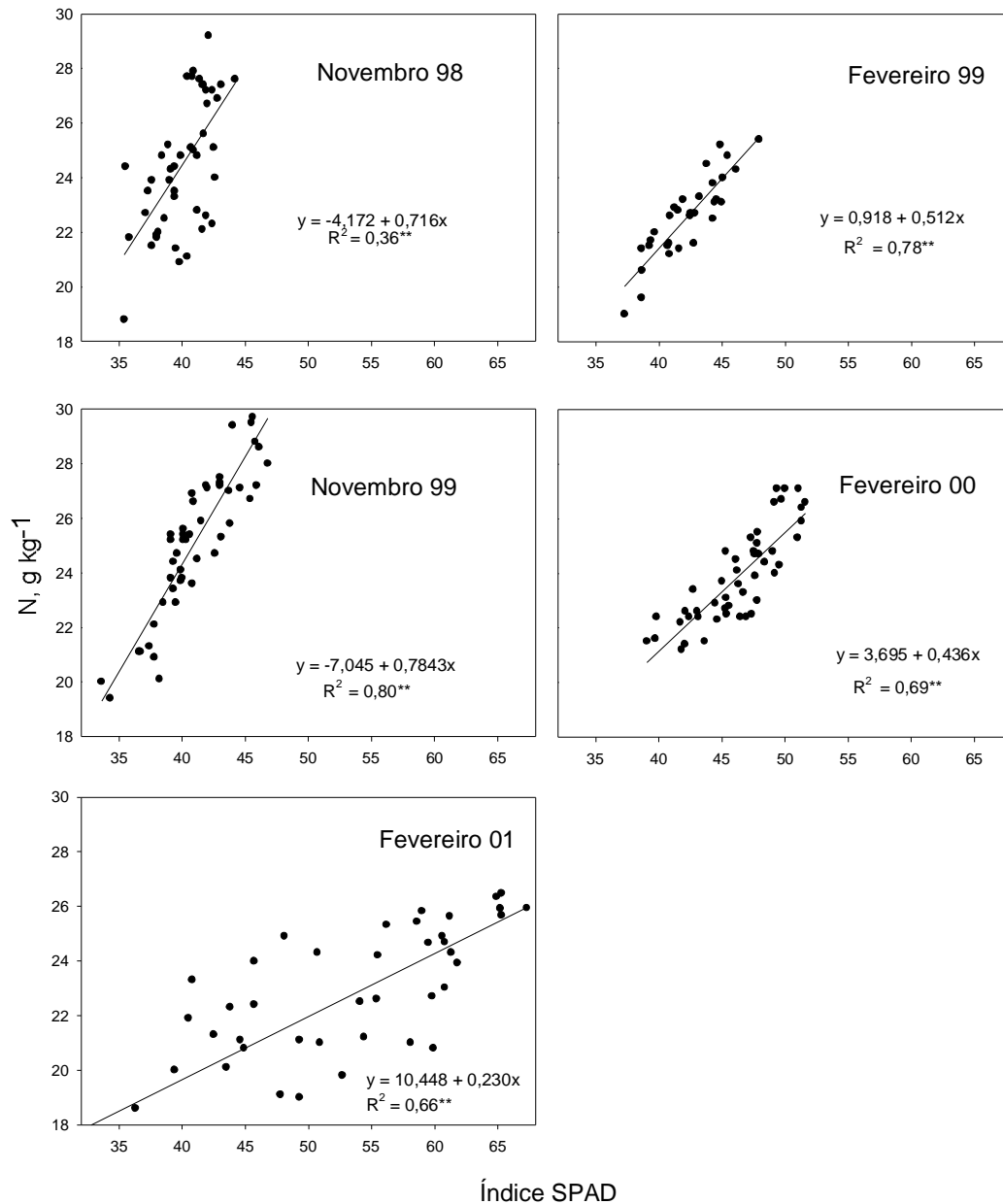


Figura 1 - Relação entre os teores de nitrogênio e as leituras SPAD em folhas de macieira cultivar Fuji, em duas épocas de amostragem, durante as safras 1998/1999 a 2000/2001.

variação evidencia a relação existente entre essas determinações e indica a possibilidade da utilização do valor SPAD na estimativa da concentração foliar de N na macieira. Em trabalho publicado por Nava e Dechen (2009), originado da mesma área experimental que a do presente estudo, estes autores observaram que no período de 1999 a 2001, somente no último ano o rendimento da macieira 'Fuji' aumentou de forma curvilínea com o aumento das doses de N aplicadas ao solo, atingindo o máximo rendimento

com a aplicação de aproximadamente 160 kg ha⁻¹ ($y = 32,52 + 0,184x + 0,00057x^2$). Assim, assumindo-se esta quantidade de N aplicada na safra de 2001, obtêm-se valores aproximados na época padrão de coleta das folhas de 58 para a leitura SPAD e de 24 g kg⁻¹ para o teor de N nas mesmas. O nível crítico de 24 g kg⁻¹ é similar ao reportado por Fallahi et al. (2001) e Klein (2002), os quais consideram teores foliares de 23 e 24 g kg⁻¹ de N, respectivamente, como sendo ótimos em folhas de macieira.

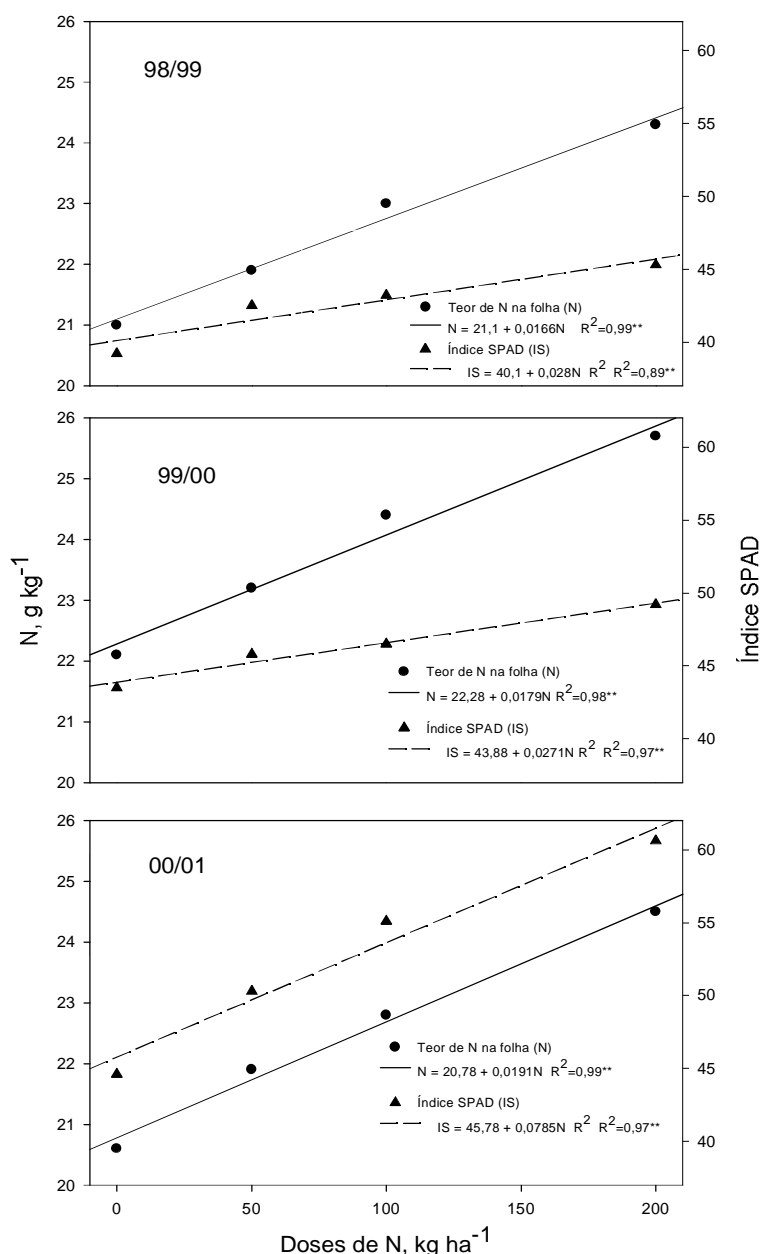


Figura 2 - Estimativa do teor de nitrogênio e índice SPAD em folhas de macieira cultivar Fuji, em função de doses de nitrogênio aplicadas na superfície do solo durante as safras 1998/1999 a 2000/2001.

Relação entre as leituras SPAD em novembro e os teores de N em fevereiro

As faixas de suficiência dos nutrientes para a cultura da macieira somente indicam valores referenciais para a época padrão de amostragem das folhas que vai de 15 de janeiro a 15 de fevereiro. Assim é desejável, a obtenção de correlações significativas entre as leituras de SPAD realizadas anteriormente à época padrão e os teores de N obtidos na época padrão. Considerando-se a faixa de suficiência considerada normal que varia

de 20 a 25 g kg⁻¹ (SUZUKI e BASSO, 2002), estes valores (y) seriam atingidos em 1999 com leituras SPAD em novembro (x) do ano anterior entre 33 a 42 ($y = 2,745 + 0,528x$) (Figura 3). Para a safra 1999/00 os valores da faixa normal de suficiência seriam obtidos com leituras de SPAD em novembro de 1999 entre 28 a 45 ($y = 11,566 + 0,296x$) (Figura 3).

Embora improvável que as leituras SPAD possam indicar quanto N aplicar (NEILSEN et al., 1995), os resultados obtidos no presente estudo

indicam que a utilização das leituras SPAD em estágios anteriores à colheita pode auxiliar na recomendação da adubação nitrogenada desde que associado a outros parâmetros de recomendação a serem investigados em pesquisas futuras, visto que a relação entre essas duas variáveis, apesar de significativa, é baixa (Figura 3).

Relação entre os teores de N nas diferentes épocas de amostragem das folhas

O N apresentou correlação significativa entre os teores nas folhas em novembro e seus respectivos teores na amostragem padrão de

fevereiro (Figura 4). Entretanto, os coeficientes de correlação foram baixos, principalmente na safra 99/00, o que está de acordo com os resultados observados por Nava et al. (2010). Esta baixa correlação entre os teores de N em diferentes épocas de amostragem das folhas, bem como a grande variabilidade dos coeficientes de correlação entre os anos de avaliação se devem à instabilidade das concentrações do N no solo e à variabilidade de fatores climáticos, principalmente da umidade do solo, ora favorecendo ora restringindo a absorção de N pela macieira.

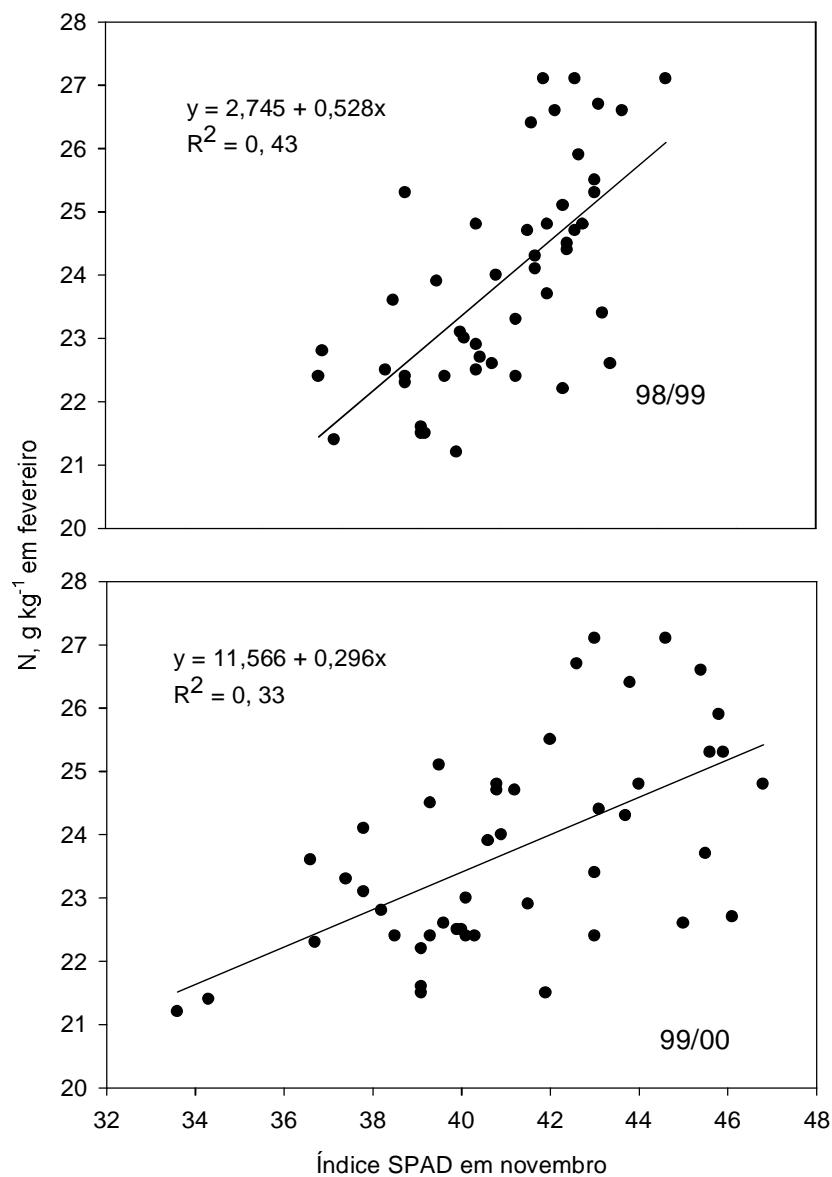


Figura 3 - Relação entre o índice SPAD obtido em novembro de 1998 e 1999 e o teor de nitrogênio de folhas de macieira cultivar Fuji, em fevereiro de 1999 e 2000.

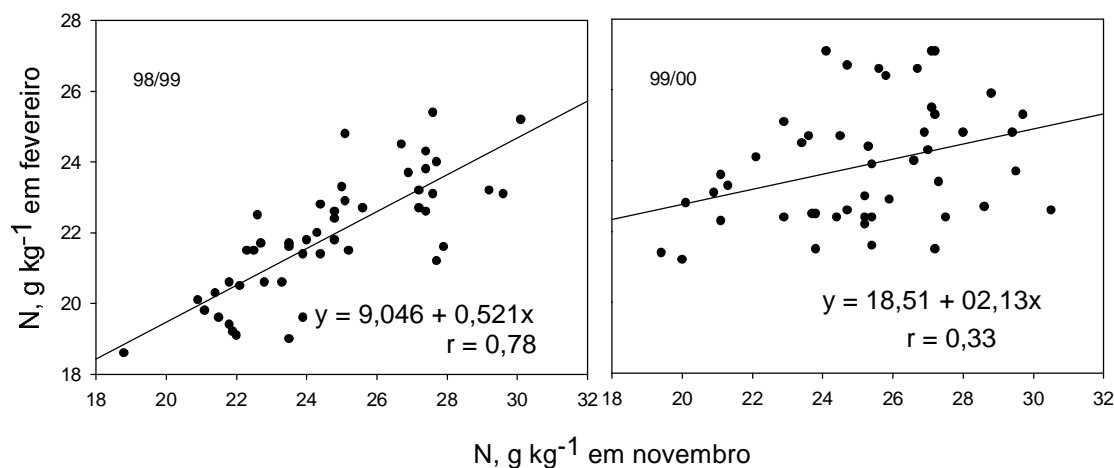


Figura 4 - Relação entre os teores foliares de N da macieira 'Fuji' nas amostragens realizadas na época padrão (primeira semana de fevereiro) e antecipada (segunda quinzena de novembro) durante as safras 1998/1999 e 1999/2000.

Os teores de N nas folhas foram menores na amostragem de fevereiro quando comparados à amostragem de novembro (Figura 4). Isto está de acordo com Aichner e Stimpfl (2002), os quais observaram leve declínio dos teores foliares da macieira na segunda semana após a plena floração e aqueles atingidos na colheita. Esta flutuação sazonal dos teores de N nas folhas pode ser atribuída à alta exigência deste nutriente para o crescimento vegetativo e dos frutos. Considerado o valor ótimo de 24 g kg^{-1} , sugerido por Klein (2002) na época padrão de amostragem, obtém-se valores correspondentes de $28,7$ e $25,7 \text{ g kg}^{-1}$ para as amostragens antecipadas de novembro de 1998 e 1999, respectivamente. Esses valores são similares aos reportados por Aichner e Stimpfl (2002), os quais observaram teores ótimos de N nas folhas, variando entre $25,5$ a $30,0 \text{ g kg}^{-1}$ no estágio de 20 dias após a plena floração da macieira Golden Delicious.

CONCLUSÕES

O índice SPAD responde linearmente ao aumento do teor de N foliar e ambos esses parâmetros são influenciados pela adubação nitrogenada, mostrando ser este índice um indicador do teor de N da macieira 'Fuji' quando assumido dentro de uma mesma estação de crescimento e ou época de amostragem das folhas.

Há uma baixa relação entre o índice SPAD medido em novembro e o teor de N na folha obtido em fevereiro, época padrão de amostragem. Da mesma forma a relação entre os teores de N nessas duas épocas de amostragem é baixa. Esses resultados demonstram que não é possível se prever com eficiência o teor foliar de N que será obtido na época padrão de amostragem somente utilizando-se os parâmetros de N foliar e índice SPAD medidos em novembro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AICHNER, M.; STIMPFL, E. Seasonal pattern and interpretation of mineral nutrition concentrations in apple leaves. **Acta Horticulturae**, Leven, v.594, p.377-382, 2002.
- AMARANTE, C.V.T. et al. Quantificação de clorofilas em folhas de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji' com métodos ópticos não-destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, p.590-595, 2008.
- AMARANTE, C.V.T. et al. Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira 'Cabernet Sauvignon' mediante métodos não destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, p.680-686, 2009.
- CAMPBELL, R.J. et al. Growing conditions alter the relationship between SPAD 501 values and apple leaf chlorophyll. **HortScience**, Alexandria, v.25, p.330-331, 1990.

- EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: GMC/Epagri, 2002. 743p.
- FALLAHI, E. et al. Optimum ranges of leaf nitrogen for yield fruit quality, and photosynthesis in 'BC-2 Fuji' apple. **Journal of the American Pomological Society**, Massachusetts, v.55, p.68-75, 2001.
- FAUST, M. *Physiology of temperate zone fruit trees*. New York: John Wiley, 1989. 337p.
- KLEIN, I. Nitrogen pool enrichment in fruit trees for specific target requirement. **Acta Horticulturae**, Leven, v.594, p.131-137, 2002.
- NAVA, G.; DECHEN, A.R. Long-term annual fertilization with nitrogen and potassium affect yield and mineral composition of Fuji apple. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.66, p.377-385, 2009.
- NAVA, G. et al. Composição mineral de folhas e vigor da macieira 'Fuji' em resposta a nitrogênio e potássio. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.23, p.77-83, 2010.
- NEILSEN, D. et al. Using SPAD-205 values to assess the nitrogen status and of apple trees. **HortScience**, Alexandria, v.30, p.508-512, 1995.
- PORRO, D. et al. Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. **Acta Horticulturae**, Leven, v.564, p.243-252, 2001a.
- PÔRTO, M.L. et al. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, p.311-315, 2011.
- PRADO, R.M.; VALE, D.W. Nitrogênio, fósforo e potássio na leitura SPAD em porta-enxerto de limoeiro cravo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, p.227-232, 2008.
- SAS-INSTITUTE. *The SAS-system for windows: release 6.08 (Software)*. Cary, 1996. 633p.
- SINGHA, S.; E.C. TOWNSEND. Relationship between chromaticity values and chlorophyll concentration in apple, grape, and peach leaves. **HortScience**, Alexandria, v.24, p.1034, 1989.
- SUZUKI, A.; BASSO, C. **Fertilidade do Solo e nutrição da macieira**. In: EPAGRI. *Manual da cultura da macieira*: Florianópolis: GMC/Epagri, p.341-381, 2002.