

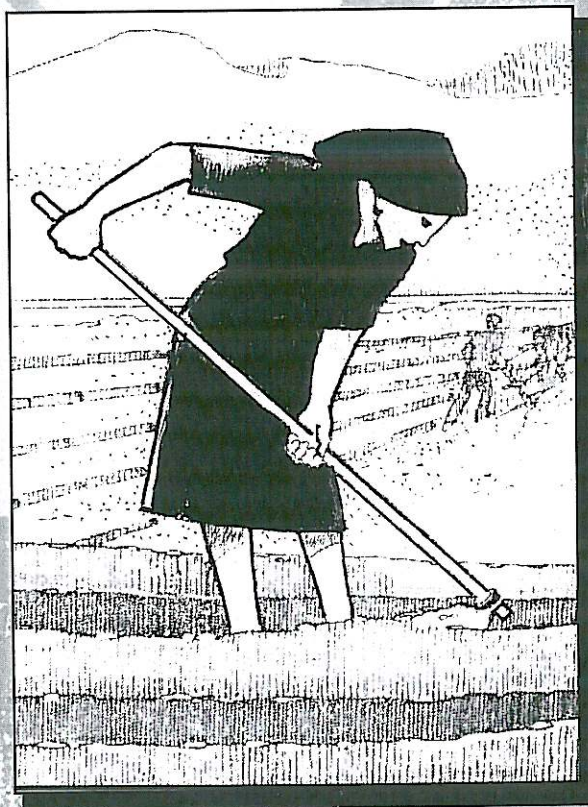
APH

Associação Portuguesa de Horticultura

VII COLÓQUIO NACIONAL DE PRODUÇÃO DE BATATA

28 e 29 de Maio de 1998

COMUNICAÇÕES



BATATA - QUE FUTURO EM PORTUGAL ?

Colaboração:



CALCOB



Escola Superior Agrária de Ponte Lima



LACTICOOP

METODOLOGIAS EXPEDITAS PARA MAXIMIZAR A EFICIÊNCIA DA FERTILIZAÇÃO AZOTADA

M. Ângelo Rodrigues¹ João Coutinho² e Fernando Martins²
¹Escola Superior Agrária, Qta Sta Apolónia, 5300 Bragança
²Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, apart. 202, 5000 Vila Real

Abstract

Quick procedures for optimization nitrogen management

In this paper methodologies were presented for quick determination of petiole nitrate and chlorophyll content of leaves as indices of nitrogen status os plants. The potentialities and limitations of the methods on nitrogen management in annual crops like potatoes were discussed.

Preliminary results for potatoes (cv. Désireé) were reported. The first objective of this study was the divulgation of methodologies. However, the publication in the medium term of standard values for this crop has been present in our minds.

Keywords: *Solanum tuberosum* L.; plant analysis; quick tests; SPAD meter; RQflex.

Resumo

Neste trabalho desenvolvem-se as metodologias associadas à utilização do teor de nitratos e do teor de clorofila, determinados por métodos expeditos, como indicadores do estado nutritivo azotado das plantas. Discutem-se as potencialidades e limitações dos métodos na gestão do uso dos fertilizantes azotados em culturas anuais como a batateira.

Apresentam-se alguns resultados preliminares de investigação na cultura da batata, no sentido da exemplificação e divulgação das metodologias, embora com o objectivo de se formarem, a médio prazo, normas ou valores padrão para a cultura.

Palavras chave: *Solanum tuberosum* L.; análise de plantas; medidor de clorofila SPAD-502; reflectómetro RQflex.

1.-Introdução

O azoto é dos elementos nutrientes mais importantes para o crescimento das plantas

(Santos, 1995). É também um elemento muito móvel no solo, podendo ser perdido, com facilidade, para fora do alcance das raízes (Stevenson, 1986). Assim, a aplicação de quantidades excessivas, para além de nada beneficiar a cultura em que é aplicado, também não tem qualquer utilidade para as culturas que se seguem na rotação, uma vez que o azoto mineral excedente não fica no solo. Por isso, também, a necessidade sistemática de se aplicar adubo azotado a todas as culturas, praticamente sem excepção, para se obterem boas produções.

As recomendações de fertilização são tradicionalmente baseadas em análises de terras, efectuadas algum tempo antes da instalação das culturas. Esta metodologia é bem aceite e tem sido usada com sucesso para as recomendações dos fósforo e do potássio. O mesmo não acontece, contudo, para o azoto, devido à dificuldade de se prever a sua dinâmica no solo. Diversos métodos laboratoriais de análises de terras, químicos e biológicos, têm sido propostos desde há longos anos, para serem utilizados como base da recomendação da fertilização azotada, mas nenhum deles foi ainda aceite em larga escala (Dahnke e Vasey, 1973; Dahnke e Johnson, 1990). Na prática, as dificuldades existem porque não se consegue prever adequadamente qual o contributo da matéria orgânica dos solos na nutrição azotada das plantas. Quando se aplicam fertilizantes orgânicos, como os estrumes (prática corrente na cultura da batata), as dúvidas e imprecisões são ainda maiores, porque será necessário prever também que fracção dos nutrientes do estrume se disponibilizam para a cultura.

Apesar do esforço dos investigadores nos últimos anos, a qualidade da recomendação da fertilização azotada para as culturas anuais é insatisfatória, também porque os resultados estão sempre muito dependentes das condições climáticas e estes são, em grande medida, imprevisíveis. De forma a não correrem riscos de fazerem fertilizações insuficientes que afectem negativamente a produção, os agricultores dos países tecnologicamente mais desenvolvidos foram, durante muitos anos, estimulados a aplicar quantidades abundantes de azoto.

A utilização de quantidades excessivas de azoto, para além de ser desaconselhável do ponto de vista económico, é uma prática reprovável do ponto de vista ambiental (Keeney, 1982; Hanley, 1990; Santos, 1995). O excesso de azoto aplicado às culturas pode contaminar com nitratos os cursos de água e os aquíferos subterrâneos. A contaminação das águas pode afectar directamente a saúde pública, quando se trata de águas de consumo doméstico, e, de forma indirecta, poluir todo o ecossistema a jusante. O azoto pode também ser perdido para a atmosfera em várias formas químicas. Algumas delas sabe-se estarem implicadas em acções ambientalmente negativas, como o efeito de estufa, a destruição da camada de ozono e as chuvas ácidas.

Existe já em Portugal legislação com o objectivo de controlar o uso de fertilizantes azotados (Decreto-Lei nº 235/97, do Ministério do Ambiente) e foi recentemente publicado pelo Ministério da Agricultura o Código das Boas Práticas Agrícolas para a protecção da água contra a poluição com nitratos de origem agrícola. Devido à maior sensibilização das populações para as questões ambientais, é de esperar que a legislação caminhe para medidas cada vez mais restritivas. Assim, uma das grandes tarefas dos agricultores do séc. XXI será, necessariamente, a adopção de técnicas de modo a conseguir manter as produções reduzindo a aplicação de adubos. A saída viável é fazer com que a utilização do azoto pelas plantas seja mais eficiente (Rodrigues e Coutinho, 1995). Isto é, da mesma quantidade de adubo aplicado conseguir que uma maior fracção seja utilizado pelas plantas, reduzindo as perdas para o meio ambiente.

Das técnicas que têm sido usadas na gestão do azoto, uma das mais promissoras reco-

rre à utilização de testes rápidos aos tecidos das plantas durante o ciclo cultural, para avaliar do estado nutritivo das culturas. O estado nutritivo das plantas é utilizado como indicador da oportunidade e necessidade de se efectuarem adubações de cobertura. Desta forma, a cobertura só se efectua se for realmente necessária, conseguindo-se, assim, uma melhor sincronização da necessidade das plantas com o fornecimento de nutriente. O objectivo, repita-se, será o de conseguir uma mais eficiente utilização por parte das plantas do azoto que é aplicado.

2.-Princípio de actuação na utilização dos métodos expeditos

Com a utilização dos métodos expeditos, as formas de actuar que se preconizam consistem em aplicar apenas uma fracção, de metade a dois terços do azoto recomendado pelas análises de terra, em adubação de fundo. Posteriormente, durante o ciclo cultural, são feitos testes expeditos aos tecidos das plantas, alguns mesmos no campo, que permitem verificar se as plantas estão em bom estado nutritivo ou se necessitam da aplicação de quantidades adicionais de azoto em cobertura. Desta forma, reduzem-se os riscos de se fazerem fertilizações excessivas e, como se aplica uma parte em fundo, não há o perigo das plantas ficarem com pouco azoto nas fases iniciais até ao início da realização dos testes.

A análise de plantas tradicional conduzida em laboratório não responde às necessidades dos agricultores, nesta perspectiva de actuação, porque é de admitir que desde o envio das amostras até à obtenção dos resultados decorra um período de tempo que pode ser excessivo durante as fases de crescimento activo das plantas (Fox *et al.*, 1994). Com os métodos expeditos, para haver sucesso na intervenção, os testes devem começar bastante cedo (Maier *et al.*, 1987, Nitsch e Varis, 1991; Blackmer e Schepers, 1994) e podem ser realizados várias vezes ao longo da estação de crescimento, visto serem testes pouco destrutivos, rápidos e com reduzidos custos.

Actualmente são utilizados, basicamente, dois tipos de testes expeditos para avaliar o estado nutritivo azotado das plantas. Num deles avalia-se o teor de nitratos e no outro estima-se o teor de clorofila em tecidos específicos das plantas. Ambos assentam no pressuposto de que os teores de nitratos e de clorofila nos tecidos aumentam com o aumento da disponibilidade de azoto no solo e com o azoto assimilado na planta, podendo os seus valores ser correlacionados com a produção.

2.1.-Avaliação do teor de nitratos nas plantas

Os nitratos constituem uma fracção de azoto absorvido mas não metabolizado. Escolhendo o tecido certo da planta, o seu teor pode reflectir, em cada momento, a quantidade de azoto que está a ser absorvida.

Ao aumento da disponibilidade de azoto no solo, as plantas respondem com um aumento da concentração de nitratos nos seus tecidos, podendo a variação na sua concentração ser correlacionada com a produção (Gardner e Jones, 1975). Marschner (1986) refere que o conteúdo em nitratos se tem revelado em várias culturas melhor indicador do estado nutritivo azotado que o azoto total.

A concentração de nitratos pode ser avaliada por técnicas laboratoriais clássicas, em que a determinação é feita em extractos obtidos a partir da matéria seca dos tecidos das plantas, ou em extractos de tecidos frescos, utilizando métodos expeditos. Na figura 1 apre-

sentam-se resultados obtidos por um método laboratorial e por um método expedito. Pelo método laboratorial, os nitratos foram analisados por espectrofotometria de absorção molecular, recorrendo a um analisador de fluxo segmentado, em que os nitratos foram determinados pelo método da sulfanamida após redução a nitritos em coluna de cádmio (Houba *et al.*, 1989). Pelo método expedito, foram utilizadas tiras de teste Merckoquant®. Estas tiras, quando inseridas no extracto, desenvolvem cor de forma proporcional à concentração de nitratos presente. Tradicionalmente, a cor desenvolvida era comparada com cores padrão, obtendo-se resultados semi-quantitativos, do tipo muito baixos, baixos, médios, altos e muito altos. Actualmente, utilizam-se reflectómetros portáteis, sendo o mais recente designado RQflex®, e comercializado pela Merck®. Os reflectómetros medem a quantidade de luz reflectida da tira de teste e fazem a conversão da reflectância em concentração de nitratos na solução (Jemison e Fox, 1988).

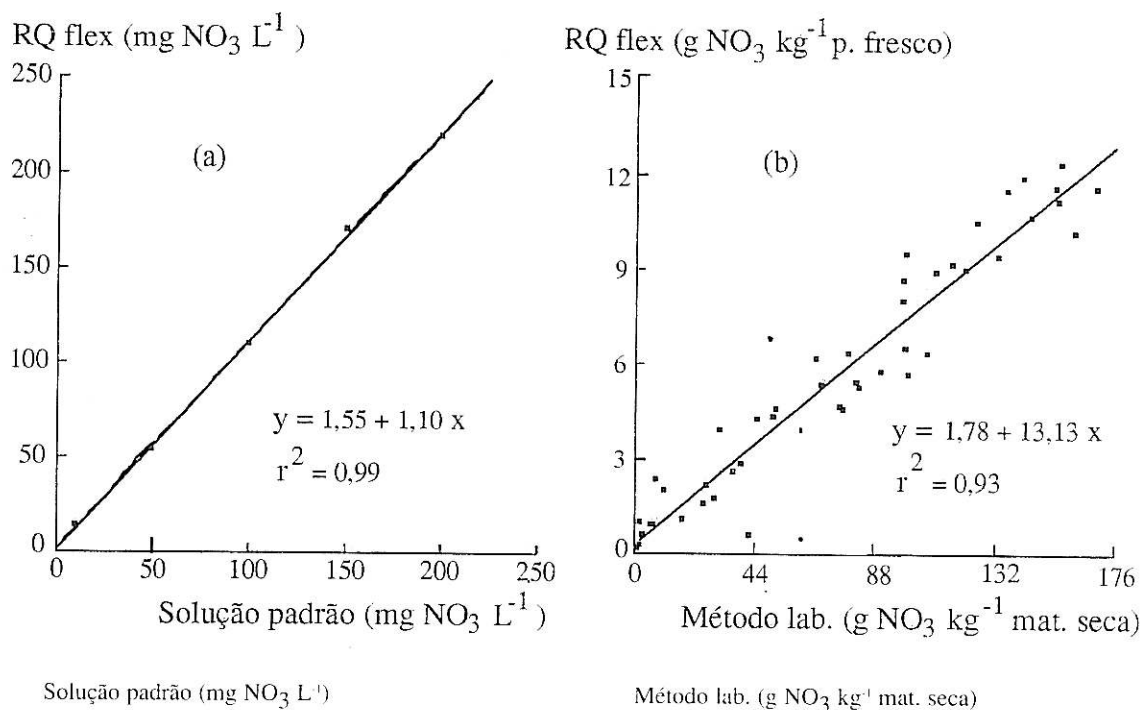


Figura 1 - (a).—Resultados de RQflex sobre uma solução padrão de nitrato de potássio e (b) relação entre o teor de nitratos em pecíolos de batateira obtidos pelo RQflex e pelo método laboratorial.

A utilização das tiras de teste, com leitura com o RQflex, asseguram uma boa correlação numa gama variada da concentração de nitratos em solução (figura 1a). As técnicas laboratoriais, em que a preparação dos extractos é feita com base no material seco, estão também bem correlacionadas com as leituras com o RQflex, em que o extracto é preparado com tecidos frescos (figura 1b).

Outros investigadores têm publicado resultados com correlações muito boas para várias culturas, quando os métodos laboratoriais são comparados com os métodos expeditos que utilizam as tiras de teste, quer fazendo a leitura semi-quantitativa por comparação com escalas-padrão (Bischoff *et al.*, 1996) ou quando comparados com resultados obtidos com

reflectómetros portáteis (Schaefer, 1986; Loon *et al.* 1987; Jemison e Fox, 1988; Nitsch e Varis, 1991; Westcott, 1994).

2.1.1.-Interpretação dos resultados

A interpretação dos resultados dos testes rápidos faz-se, normalmente, comparando-os com *concentrações críticas* ou *níveis críticos*. Os níveis críticos são valores limite da concentração de nitratos abaixo dos quais se considera existir uma elevada probabilidade de haver resposta positiva na produção quando se aplica adubo azotado. Acima do nível crítico, a probabilidade de haver resposta positiva por parte das plantas à aplicação de azoto é reduzida.

Para estabelecer os níveis críticos é necessário conhecer a relação entre a concentração de nitratos e a produção. Com base nesta relação define-se um ponto, frequentemente correspondente a 95% da produção máxima, que se toma como nível crítico. Na figura 2 apresenta-se a forma de obter a concentração crítica por este processo. Os dados reportam-se à cultura da batata, cultivar Désireé, para o estado fenológico 65 da escala de Nitsch e Varis (1991), que corresponde à plena floração.

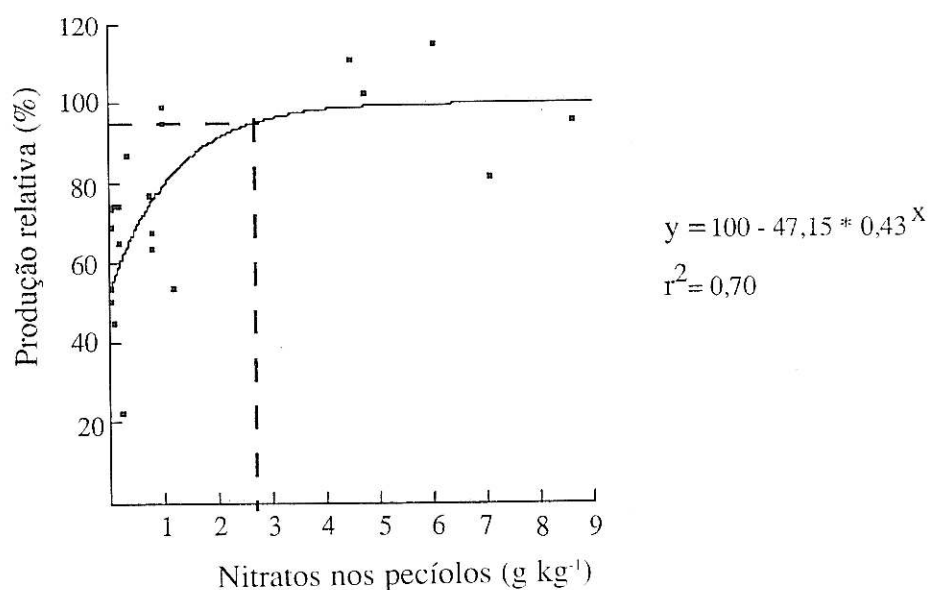


Figura 2.-Exemplo da determinação do nível crítico do teor de nitratos nos pecíolos da batateira (cv. Désireé) para o estado fenológico 65, tomando por base uma produção relativa de 95%.

Esta forma de obter a concentração crítica tem dois inconvenientes importantes: o valor

de 95% da produção relativa, ou outro valor que se utilize, é sempre definido de uma forma subjectiva e arbitrária (Cate e Nelson, 1971), não tendo qualquer significado estatístico; e, por outro lado, é difícil, na prática, encontrar uma boa curva de resposta, devido à grande sensibilidade dos modelos a pontos dispersos, que sempre aparecem devido à variabilidade experimental.

Diversos investigadores (Prasad e Ravenwood, 1986; Roth *et al.*, 1989; Porter e Sisson, 1991; Sims *et al.*, 1995) têm utilizado a técnica Cate-Nelson, originalmente proposta para solos, para definir a concentração crítica, permitindo ultrapassar os inconvenientes referidos. A implementação desta técnica consiste na divisão da nuvem de pontos observados em quatro quadrantes. A linha vertical e horizontal que definem os quadrantes são colocadas de forma a que fique a quantidade máxima de pontos nos quadrantes positivos e a quantidade mínima de pontos nos quadrantes negativos (Cate e Nelson, 1971).

Na figura 3 apresenta-se a concentração crítica obtida por este processo para a mesma população de pontos da figura 2.

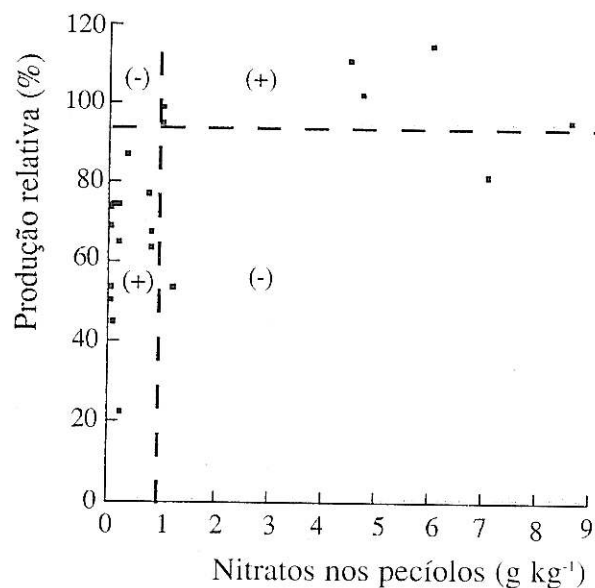


Figura 3.—Exemplo da definição da concentração crítica do teor de nitratos nos pecíolos da batateira (cv. Désirée) pelo método gráfico de Cate-Nelson.

Com este método obtiveram-se valores de concentração crítica bastante mais baixos. Mills e Jones (1996) propõem, para este estado fenológico, valores mais próximos dos definidos na figura 1, para a cultura da batata, não especificando cultivares. Contudo, Lewis e Love (1994) demonstraram que a ocorrência de diferenças entre cultivares é significativa. Os resultados estão também sujeitos às influências ambientais de carácter regional, definidoras dos potenciais de produção. Assim, apesar do estatuto provisório dos resultados, pare-

ce-nos que o nível crítico para a cv. Désireé, nas nossas condições de trabalho, pode ser inferior às normas publicadas por Mills e Jones (1996).

2.1.2.-Limitações

Uma das grandes limitações do método é o facto do teor de nitratos nas plantas variar com diversos parâmetros como a cultivar, o tecido da planta a analisar e a sua idade, o estado fenológico da planta, a interacção entre nutrientes e diversos factores ambientais (Smith, 1962; Bates, 1971; Marschner, 1986). Isto obriga a grandes cuidados nos processos de colheita e preparação das amostras e na interpretação dos resultados, de forma a ser minimizada a importância dos factores de variação.

Para a cultura da batata devem ser observados os seguintes detalhes:

Quando amostrar - As colheitas devem ser feitas em estados fenológicos bem definidos. Maier *et al.* (1987) sugerem como melhor época quando as plantas atingem 20 a 3 cm de altura, têm 8 a 10 folhas e os tubérculos medem 5 a 10 cm de comprimento. Na escala de Nitsch e Varis (1991) corresponde ao estado fenológico 35. Contudo, a amostragem pode ser feita em qualquer outro estado fenológico, bastando para isso que se disponha de níveis críticos para interpretar os resultados.

Refira-se que *o número de dias desde a plantação não é* uma boa base para programar a amostragem, porque o desenvolvimento das plantas depende de factores como o estado de abrolhamento dos tubérculos-semente na data de plantação e das condições ambientais. Plantas com a mesma idade *cronológica* podem estar em estados de desenvolvimento bastante diferente quando se realizam os testes.

Que tecido amostrar - É comum recomendar-se a utilização do pecíolo da folha mais jovem completamente expandida, que corresponde à terceira ou quarta folha a partir da parte terminal dos caules (Gupta e Saxena, 1976; Loon *et al.*, 1987; Maier *et al.*, 1987; Lewis e Love, 1994; Mills e Jones, 1996). Contudo, alguns autores têm recomendado outros tecidos: Nitsch e Varis (1991) propõem que se utilize um pequeno troço de caule imediatamente a seguir ao solo, embora não se espere que esta metodologia venha a ter grande aceitação, até porque é mais destrutiva.

Qual a dimensão da amostra - As plantas individuais apresentam sempre grande variabilidade entre si (Scaife *et al.*, 1983). Estes autores sugerem, para um número variado de culturas hortícolas, que se amostram, pelo menos, 20 plantas diferentes. Por outro lado, deve também ser garantido material vegetal suficiente. Deste modo, a dimensão da amostra depende também do tecido que se utiliza. Para a cultura da batata, em que se utilizam apenas os pecíolos, Loon *et al.*, (1987) sugerem que de cada área aparentemente uniforme sejam colhidas, pelo menos, 40 folhas para formar uma amostra.

Como amostrar - Recomenda-se que se percorra o campo em ziguezague, de forma a obter-se uma amostra representativa. Nas primeiras fases, o processo de colheita é fácil, mas à medida que as plantas cobrem todo o terreno torna-se mais difícil caminhar entre elas. De qualquer forma, deve ser sempre garantida uma amostra representativa.

Plantas atípicas, por exemplo com sintomas de doenças (Maier *et al.*, 1987), e plantas fora de compasso, devido por exemplo a falhas à nascença, não devem ser amostradas.

Também não devem ser colhidas plantas em situações ambientais momentaneamente desfavoráveis, designadamente em situação de *stress* hídrico (Scaife *et al.*, 1983). Durante o dia devem evitar-se as horas de maior calor, devido à desidratação das plantas. Alguns autores (Minotti e Stankey, 1973; Papastylianou, 1995) também recomendam que a colhei-

ta se faça a meio da manhã, devido à flutuação diária dos níveis de nitratos nos tecidos das plantas.

Preparação da amostra - Após a colheita, as folhas devem ser guardadas em local fresco e húmido. Por exemplo numa mala térmica com gelo. Desde a colheita à determinação do teor de nitratos deve decorrer o menos tempo possível.

Em princípio não é necessário lavar as folhas. Os pecíolos são separados dos folíolos e cortados em pequenos pedaços. Os pedaços devem ser bem misturados. A amostra que vai ser usada na determinação dos nitratos é retirada aleatoriamente da mistura.

Determinação do teor de nitratos - Na determinação do teor de nitratos devem seguir-se as normas de utilização do aparelho e do processo de leitura, descritas no manual de instruções.

2.2.-Avaliação do teor de clorofila

Os pigmentos fotossintéticos, responsáveis pela cor verde das plantas, não existem isolados nos cloroplastos, estando associados a proteínas com as quais formam estruturas complexas e às quais está associado a maior parte do azoto das células (Lopez-Cantarero *et al.*, 1994). Assim, o teor de clorofila pode ser um bom indicador do estado nutritivo azotado das plantas.

Recentemente surgiu no mercado um medidor de clorofila, desenvolvido pela Minolta® e comercializado sob a designação SPAD-502®, que se propõe estimar de uma forma simples e rápida o teor de clorofila. O aparelho mede a transmitância da folha em dois comprimentos de onda, aproximadamente 430 nm e 750 nm (vos e Bom, 1993).

Os valores *SPAD* e os valores obtidos por processos laboratoriais estão muito bem correlacionados, $r = 0,97$ (Vos e Bom, 1993), logo os medidores *SPAD* fornecem uma boa estimativa do teor de clorofila. Têm também sido registados boas correlações entre os valores *SPAD* e o azoto total nos tecidos das plantas (Schepers *et al.*, 1992; Vos e Bom, 1993; Fox *et al.*, 1994), bem como com o teor de nitratos (Vos e Bom, 1993). Em suma, os valores *SPAD* são considerados bons indicadores do estado nutritivo das plantas, por se terem revelado bem correlacionados com a produção em culturas como a batata (Vos e Bom, 1993; Minotti *et al.*, 1994), o trigo (Fox *et al.*, 1994), o milho (Blackmer e Schepers, 1994; Piekielek *et al.*, 1995) e a hortelã-pimenta (Westcott e Wraith, 1995).

O aparelho é ainda mais fácil de usar que o RQflex e bastante mais rápido. As leituras fazem-se no próprio campo, introduzindo um tecido verde na câmara do aparelho, dispensado, inclusivé, a colheita de material. Nas plantas de batateira, Vos e Bom (1993) avaliam o teor de clorofila nos folíolos terminais da última folha recentemente madura.

O *SPAD-502* é composto ainda de um micro-computador que armazena e trata trinta dados. Para ficar garantido um resultado representativo, devem ser feitas trinta leituras por amostra, a partir das quais o aparelho calcula a média. Como o método é muito rápido, se se suspeitar do resultado, por alguma anormalidade durante a leitura, rapidamente se pode repetir todo o processo.

2.2.1.-Interpretação dos resultados

A interpretação dos resultados obtidos com o *SPAD* pode fazer-se pelos níveis críticos, por processo idêntico ao referido para o RQflex, normalmente utilizando a técnica Cate-

Nelson (Piekielek e Fox, 1992; Minotti *et al.*, 1994; Piekielek *et al.*, 1995). Quando assim é, as limitações e os cuidados na interpretação dos resultados são idênticos, uma vez que a intensidade da coloração verde das plantas está sujeito aos mesmos factores de variação referidos para os nitratos (Piekielek e Fox, 1992; Schepers *et al.*, 1992; Vos e Bom, 1993; Minotti *et al.*, 1994).

Na figura 4 representa-se a interpretação dos resultados para o estado fenológico 65 (plena floração) da escala de Nitsch e Varis (1991), fazendo as leituras nos folíolos terminais da folha mais jovem com o limbo completamente expandido.

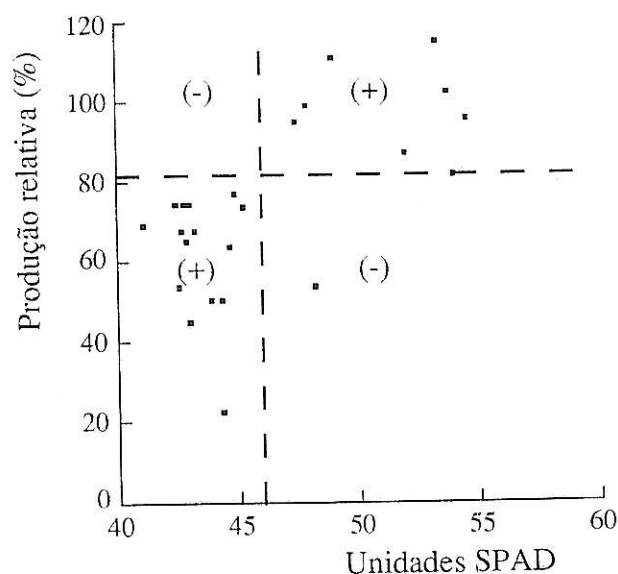


Figura 4.—Exemplo da avaliação do valor crítico de SPAD determinado pelo método gráfico de Cate-Nelson para a batateira (cv. Désirée).

Salvaguardando o estatuto provisório do resultado, o SPAD crítico para este estado fenológico teria o valor de 46 unidades.

Os utilizadores do medidor SPAD desenvolveram uma forma de interpretar os resultados ainda mais simples que definir o valor crítico e que permite, em simultâneo, ultrapassar a variabilidade na coloração das plantas, melhorando a sua precisão. Em vez de se utilizarem os valores absolutos (valores lidos directamente no mostrador do aparelho), Schepers *et al.* (1992) sugerem que se utilizem *valores relativos* ou de *referência*. Estes valores passaram a ser designados *Índices de Suficiência* (IS) (Blackmer e Schepers, 1994; Fox *et al.*, 1994; Minotti *et al.*, 1994; Waskom *et al.*, 1996) e são obtidos pela expressão.

$$IS = \frac{\text{medida da amostra de campo}}{\text{medida da faixa de referência}} \times 100 (\%)$$

O índice de suficiência calcula-se dividindo os valores obtidos em plantas do campo de

cultura pelos valores obtidos em plantas que tenham recebido azoto em quantidades abundantes (faixas de referência). As faixas de referência não são mais do que microparcelas localizadas na parcela principal e onde se aplicaram, propositadamente, quantidades abundantes de azoto. Por este processo, a interpretação fica facilitada porque alguns autores (Blackmer *et al.*, 1994; Waskom *et al.*, 1996) sugerem que se use um índice de suficiência crítico de 95%. Contudo, obriga a que todos os anos se constituam as faixas de referência, uma por cultivar, em cada parcela com a cultura. Quando os agricultores estão de alguma forma associados, podem estabelecer-se faixas de referência com utilização comum e válidas para situações edafo-climáticas e culturais homogêneas. Em ensaios de investigação usa-se, como referência, a modalidade mais fertilizada (Piekielek *et al.*, 1995).

Esta metodologia é apoiada no facto do teor de clorofila não responder ao consumo de luxo, constituindo-se um patamar a partir do qual os teores de clorofila não aumentam com a dose de azoto (Blackmer e Schepers, 1994; Westcott e Wraith 1995; Waskom *et al.* 1996).

Utilizando como referência os ajustamentos da figura 5, onde se apresenta a variação no SPAD relativo, ou IS, em função do N aplicado (figura 5a), verificamos que, nas condições em que os valores foram obtidos, só as modalidades de fertilização em que foram aplicadas acima de 200 unidades de azoto em fundo dispensariam a adubação de cobertura. A esse SPAD relativo está associada uma produção relativa superior a 90% (figura 5b). Os dados não mostram, mas refira-se também que nas modalidades de fertilização de fundo em que se aplicaram quantidades maiores ou iguais que 200 unidades de azoto, a produção não aumentou com a aplicação de azoto em cobertura.

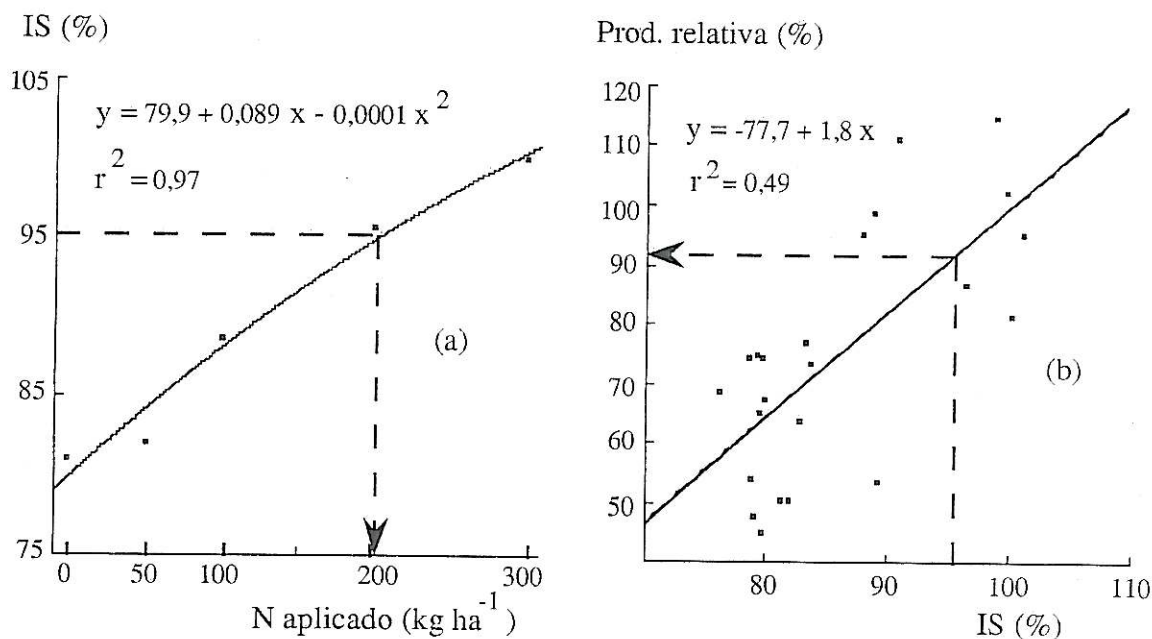


Figura 5.— Relação entre (a) o azoto aplicado e o valor de IS e (b) entre o valor de IS e a produção na cultura da batata (cv. Désirée).

Na interpretação pelo índice de suficiência é criticável a utilização de um valor fixo, tipo 95%, como índice de suficiência crítico, por ser um valor subjectivo. Piekielek *et al.* (1995) definem o índice de suficiência crítico pelo método gráfico de Cate-Nelson, só que

em vez de utilizarem os valores SPAD absolutos utilizam os valores SPAD relativos (IS), normalizando assim os resultados (figura 6a). Desta forma, supostamente, reúnem-se as vantagens da técnica Cate-Nelson e da utilização dos valores SPAD relativos.

No exemplo que apresentamos, em que os SPAD críticos foram determinados pela técnica Cate-Nelson utilizando valores SPAD absolutos (figura 4) e relativos (figura 6a), ambas as metodologias deixam um ponto nos quadrantes negativos, sugerindo igual qualidade no diagnóstico. Contudo, o cálculo do IS pela técnica Cate-Nelson, dá origem a um IS crítico de 88% (figura 6a), ao qual está associada uma produção relativa próxima de 80% (figura 5b e figura 6a), tendo essa produção sido conseguida com menos de 100 unidades de azoto em fundo (figura 6b). Este resultado é de alguma forma inconsistente, na medida em que a aplicação de azoto em cobertura sobre a aplicação de 100 unidades de azoto em fundo ainda originou aumentos de produção. Resta-nos aguardar os resultados da próxima estação e novas publicações sobre o assunto para se poder definir de forma mais segura a melhor base de trabalho.

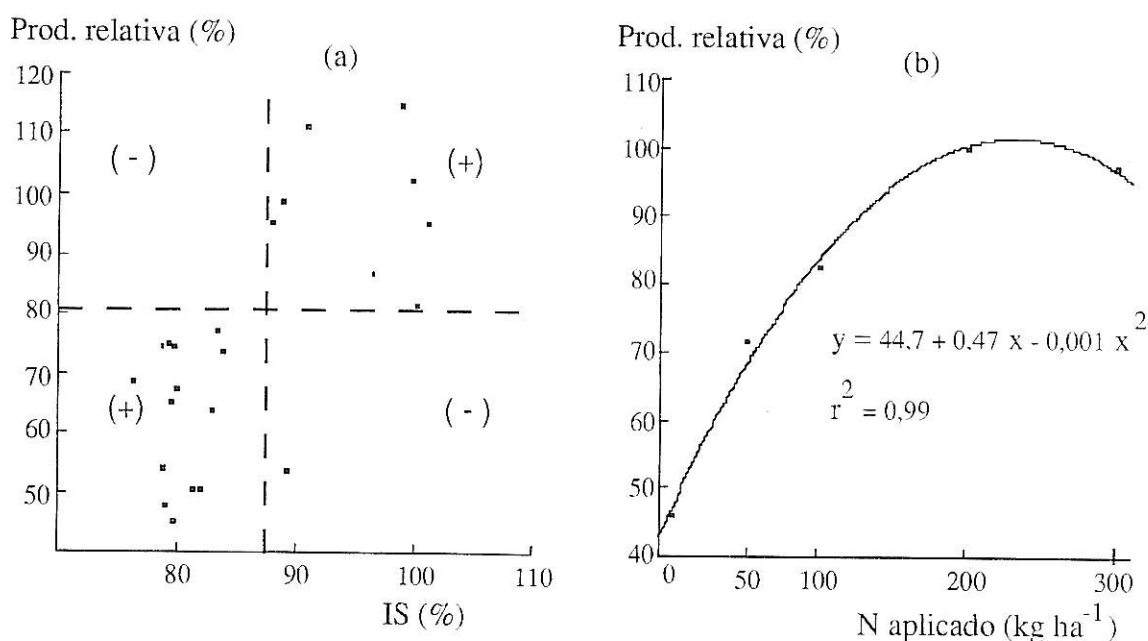


Figura 6.—Relação entre (a) o valor de IS e a produção (método de Cate-Nelson) e (b) entre o azoto aplicado em fundo e a produção.

Uma das críticas que se fazem aos medidores de clorofila é que não prevêm, adequadamente, as situações em que foram aplicadas quantidades de azoto excessivas, uma vez que os teores de clorofila não respondem ao consumo de luxo. Contudo, na estratégia de fertilização que aqui se sugere, essa é uma falsa questão, porque a aplicação de quantidades excessivas de azoto em adubação de fundo não está prevista.

3.—Conclusões

A utilização dos testes rápidos de tecidos como forma de avaliar o estado nutritivo das culturas e sugerir, em tempo útil, recomendações de fertilização em culturas anuais é uma técnica de reconhecidas potencialidades e de larga utilização em vários países.

A generalidade dos investigadores que têm utilizado estas metodologias são de opinião unânime e favorável sobre a qualidade dos resultados. Embora a sua utilização seja adequada a situações em que esteja apenas prevista uma cobertura, a expressão de todas as suas potencialidades consegue-se em sistemas de fertirrigação, onde se pode fazer uma fertilização multi-fraccionada durante o ciclo cultural.

Os custos resumem-se praticamente ao investimento inicial na aquisição do(s) aparelho(s). De qualquer forma, quando pensados para associações de agricultores ou cooperativas, e tendo em conta que podem ser usados em todas as culturas, não nos parece um investimento difícil de amortizar. No caso do RQflex pode ser ainda utilizado na avaliação do estado nutritivo das culturas para muitos outros nutrientes e na determinação de contaminantes químicos em águas de rega e consumo doméstico.

Embora estas metodologias possam ser utilizadas recorrendo a normas de interpretação de resultados obtidas noutros países, seria conveniente ir constituindo uma base de dados que permita, a médio prazo, obter normas de carácter nacional e/ou regional, para o maior número possível de culturas e, eventualmente, das suas cultivares mais representativas. Dentro de um a dois anos pensamos estar em condições de cumprir estes objectivos para a cv. Désireé, assegurando normas para o teor de nitratos e clorofila em diversos estados fenológicos.

Referências bibliográficas

- BATES, T. E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: a review. *Soil Sci.*, 112(2): 116-130.
- BISCHOFF, M., A. M. HIAR and R. F. TURCO. 1996. Evaluation of nitrate analysis using test strips: comparison with two analytical laboratory methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 27 (15-17): 2765-2774.
- BLACKMER, T. M. and J. S. SCHEPERS. 1994. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 25 (9&10): 1791-1800.
- CASTILLON, P., F. LAURENT and J. RAVAIL. 1994. Use the rapid nitrate test to characterize the nitrogen nutritional status of sorghum, p. 664-665. *In* M. Borin, e M. Sattin (eds). Third Congress of the European Society for Agronomy. ESA, Abano-Padova, Italy.
- CATE Jr., R. B. and L. A. NELSON. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 35: 658-660.
- DAHNIKE, W. C. and G. V. JOHNSON. 1990. Testing soils for available nitrogen. p. 127-139. *In* R. L. Westerman (ed.). *Soil Testing and Plant Analysis*. 3^a ed. SSSA Book Series n^o 3. SSSA, Madison, Wis.
- DAHNIKE, W. C. and E. H. Vasey. 1973. Testing soils for nitrogen. *In*: L. M. Walsh and J. D. Beaton (eds). *Soil Testing and Plant Analysis*. SSSA. Madison, Wisconsin.
- FOX, R. H., W. P. PIEKIELEK and K. M. MACNEAL. 1994. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 25 (3&4): 171-181.
- GARDNER, B. R. and J. P. JONES. 1975. Petiole analysis and the nitrogen fertilization of Russet Burbank potatoes. *Am. potato J.*, 52: 195-200.

- GUPTA, A. and M. C. SAXENA. 1976. Total nitrogen concentration in leaves of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) as an index of nutritional status. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, 87: 293-296.
- HANLEY, N. 1990. The economics of nitrate pollution. *Euro. R. Agri. Eco.*, 17: 129-151.
- HOUBA, V. J., J. J. VAN DER LEE, I. NOVOZAMSKY and I. WALINGA. 1989. Soil and Plant Analysis. Part 5 - Soil Analysis Procedures. Wageningen.
- JEMISON, J. M. and R. H. FOX. 1988. A quick-test procedure for soil and plant tissue nitrates using test strips and a hand-held reflectometer. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 19(14): 1569-1582.
- KEENEY, D. R. 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. p. 605-649. *In* F. J. Stevenson (ed.). Nitrogen in Agricultural Soils. Agronomy 22. ASA-CSSA-SSSA., Madison, Wis.
- LEWIS, R. J. and S. L. LOVE. 1994. Potato genotypes differ in petiole nitrate-nitrogen concentrations over time. *HortScience*, 29(3): 175-179.
- LOON, C. D. VAN, J. H. G. SLANGEN and J. H. HOUWING. 1987. Nitrate content of leaf petioles as a guide to optimization of N-fertilization of ware potatoes. p. 146-147. Proc. 10 th Triennial Conference, EAPR, Aalborg, Denmark.
- LOPEZ-CANTARERO, I., F. A. LORENTE and L. ROMERO. 1994. Are chlorophylls good indicators of nitrogen and phosphorus levels. *J. Plant Nutr.*, 17(6): 979-990.
- MAIER, N., C. WILLIAMS, K. POTOCKY, D. MOSS and G. LOMMAN. 1987. Interpretation standards for assessing the nutrient status of irrigated potato crops in SA. Department of Agriculture South Australia (Adelaide), Technote N^o 1/87, 4 pp.
- MARSCHNER, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
- MILLS, H. A. and J. B. JONES Jr. 1996. Plant Analysis Handbook II. MicroMacro Publishing, Georgia, USA.
- MINOTTI, P. L. and D. L. STANKEY. 1973. Diurnal variation in the nitrate concentration of beets. *HortScience*, 8(1): 33-34.
- MINOTTI, P. L., D. E. HALSETH and J. B. SIECZKA. 1994. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. *HortScience*, 29(12): 1497-1500.
- NITSCH, A. and E. VARIS. 1991. Nitrate estimates using the Nitrachek Test for precise N-fertilization during plant growth and after harvest, for quality testing potato tubers. *Potato Res.*, 34: 95-105.
- PAPASTYLIANOU, I. 1995. Diurnal variation of nitrate concentration in cereals grown under rainfed mediterranean conditions. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 26 (7&8): 1121-1131.
- PIEKIELEK, W. P. and R. H. FOX. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agron. J.*, 84: 59-65.
- PIEKIELEK, W. P. and R. H. FOX, J. D. TOTH and K. E. MACNEAL. 1995. Use of chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. *Agron. J.*, 87: 403-408.
- PORTER, G. A. and J. A. SISSON. 1991. Petiole nitrate content of maine-grown Russet Burbank and Shepody potatoes in response to varying nitrogen rate. *Am. Potato J.*, 68: 493-505.
- PRASAD, M. and I. C. RAVENWOOD. 1986. Evaluation of a rapid sap nitrate test for young kiwifruit vines. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 17(8): 829-837.
- RODRIGUES, M. A. R. e J. F. COUTINHO. 1995. Eficiência de utilização do azoto pelas plantas. *Série Estudos*. IPB (em publicação).
- SANTOS, J. Q. 1995. Fertilização e poluição. Reciclagem agro-florestal de resíduos orgâ-

- nicos. J. Quelhas dos Santos, Lisboa.
- SCAIFE, A., M. TURNER and K. STEVENS. 1983. Determination of critical petiole sap nitrate concentrations using test strips. *J. Sci. Food Agric.*, 34: 714.
- SCHAEFER, N. L. 1986. Evaluation of a hand reflectometer for rapid quantitative determination of nitrate. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, 17(9): 937-951.
- SCHEPERS, J. S., D. D. FRANCIS, M. VIGIL and F. E. BELOW. 1992. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 23(17-20): 2173-2187.
- SIMS, J. T., B. L. VASILAS, K. L. GARTLEY, B. MILLIKEN and V. GREEN. 1995. Evaluation of soil and plant nitrogen test for maize on manured soils of the atlantic coastal plain. *Agron. J.*, 87: 213-222.
- SMITH, P. F. 1962. Mineral analysis of plant tissues. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 13: 81-108.
- STEVENSON, F. J. 1986. *Cycles of Soil. Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients.* John Willey & Sons, New York, 380 p.
- VOS, J. and M. BOM. 1993. Hand-held chlorophyll meter: a promising tool to assess the nitrogen status of potato foliage. *Potato Res.*, 36: 301-308.
- WASKOM, R. M., D. G. WESTFALL, D. E. SPELLMAN and P. N. SOLTANPOUR. 1996. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 27(3&4): 545-560.
- WESTCOTT, M. 1994. Developments in on-plant nitrate testing for high input crops. p. 848-849. *In* M. Borin, e M. Sattin (eds). Third Congress of the European Society for Agronomy. ESA, Abano-Padova, Italy.
- WESTCOTT, M. P. and J. M. WRAITH. 1995. Correlations of leaf chlorophyll readings and stem nitrate concentrations in peppermint. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 26 (9&10): 1481-1490.