

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO NO SOLO PARA O TRIGO EM LATOSSOLO VERMELHO DO DISTRITO FEDERAL⁽¹⁾

Maria Fernanda Scian Meneghin⁽²⁾, Maria Lucrecia Gerosa Ramos⁽³⁾,
Sebastião Alberto de Oliveira⁽⁴⁾, Walter Quadros Ribeiro Junior⁽⁵⁾ &
Renato Fernando Amabile⁽⁶⁾

RESUMO

Em razão da grande importância do nitrogênio na nutrição mineral das plantas, instalou-se um experimento em condições de campo em um Latossolo Vermelho, no ano agrícola 2005, no campo experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina (DF), com o objetivo de realizar a calibração de métodos de determinação desse nutriente no solo para a cultura do trigo. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com seis repetições, e os tratamentos foram seis doses de N: 0, 70, 140, 210, 280 e 350 kg ha⁻¹. Amostras de solo das camadas de 0–20 e 20–40 cm foram retiradas, e três diferentes extratores químicos foram utilizados para avaliação da disponibilidade de N no solo. Os maiores coeficientes de determinação, obtidos pela regressão quadrática entre a produtividade do trigo e o N do solo extraído pelos diferentes extratores, foram observados nas análises das amostras da camada de 0–20 cm, de acordo com a seguinte ordem: KCl 2 mol L⁻¹ a 100 °C (R² = 0,997**) > H₂O₂/MnO₂ (R² = 0,992**) > tampão pH 11,2 + NO₃⁻ (R² = 0,985**) > tampão pH 11,2 (R² = 0,960**). Os elevados valores dos coeficientes de determinação indicam que a camada de 0–20 cm é a mais recomendada em análises de rotina de N no solo para o trigo. Considerando a simplicidade de análise e o elevado coeficiente de determinação, o método da solução-tampão pH 11,2 + NO₃⁻ pode ser indicado para análise de rotina de N no solo. Os níveis críticos econômicos

⁽¹⁾ Parte da Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias/Gestão de Solo e Água do primeiro autor, apresentada à Universidade de Brasília – UNB. Recebido para publicação em abril de 2007 e aprovado em setembro de 2008.

⁽²⁾ Pesquisadora do Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI. Rua Marynk Veiga 9, 18º andar, CEP 20050-910 Rio de Janeiro (RJ). E-mail: fernandameneghin@gmail.com

⁽³⁾ Professora adjunta da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – FAV/UnB. Caixa Postal 4508, CEP 70910-970 Brasília (DF). E-mail: lucrecia@unb.br

⁽⁴⁾ Professor adjunto da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB. E-mail: oliveira@unb.br

⁽⁵⁾ Pesquisador da Embrapa Cerrados – CPAC. Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina (DF). E-mail: walter@cpac.embrapa.br

⁽⁶⁾ Pesquisador da Embrapa Cerrados. E-mail: amabile@cpac.embrapa.br

de N no solo calculados pelos diferentes extratores químicos, para as relações preço do quilograma de N/preço do quilograma do trigo de 5 a 7, foram: 90 a 68 mg kg⁻¹ (H₂O₂/MnO₂), 87 a 66 mg kg⁻¹ (KCl 2M a 100 °C), 81 a 62 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2 + NO₃⁻) e 64 a 47 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2). Já os níveis críticos calculados pelo método matemático de Cate – Nelson foram: 94 mg kg⁻¹ (H₂O₂/MnO₂), 90 mg kg⁻¹ (KCl 2M a 100 °C), 82 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2 + NO₃⁻) e 61 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2).

Termos de indexação: adubação nitrogenada, *Triticum aestivum*, extratores químicos.

SUMMARY: SOIL NITROGEN AVAILABILITY FOR WHEAT IN A CERRADO RED LATOSOL

Nitrogen is a plant nutrient of great importance. To determine optimum N levels for wheat, a field trial was carried out in a Red Latosol, during the winter of 2005, at Embrapa Cerrados, Planaltina (DF – Brazil). The experiment was set up in a randomized block design, with six replications and the treatments consisted of six N doses (0, 70, 140, 210, 280 and 350 kg ha⁻¹). Soil samples were collected in the 0–20 cm and 20–40 cm layers and three different chemical extractors were used to estimate N availability. Highest determination coefficients were obtained by a quadratic regression between wheat yield and soil N extracted by the different extractors from samples of the 0–20 cm layer, in the following order: KCl 2 mol L⁻¹ a 100 °C (R² = 0,997**) > H₂O₂/MnO₂ (R² = 0,992**) > buffer pH 11,2 + NO₃⁻ (R² = 0,985**) > buffer pH 11,2 (R² = 0,960**). The high determination coefficients suggest that the 0–20 cm layer is the most appropriate for routine N analysis for wheat. The buffer pH 11,2 + NO₃⁻ solution can be recommended for routine N analysis, because of its simplicity and high determination coefficient. The economic critical levels for soil N calculated for the different chemical extractors, at a price ratio of 5 to 7 (kg kg⁻¹ of N wheat) were 90 to 68 mg kg⁻¹ (H₂O₂/MnO₂), 87 to 66 mg kg⁻¹ (KCl 2 mol L⁻¹ at 100 °C), 81 to 62 mg kg⁻¹ (buffer pH 11,2 + NO₃⁻) and 64 to 47 mg kg⁻¹ (buffer pH 11,2). The critical levels calculated by the Cate–Nelson mathematical method were 94 mg kg⁻¹ (H₂O₂/MnO₂), 90 mg kg⁻¹ (KCl 2 mol L⁻¹ at 100 °C), 82 mg kg⁻¹ (buffer pH 11,2 + NO₃⁻) and 61 mg kg⁻¹ (buffer pH 11,2).

Index terms: nitrogen fertilization, *Triticum aestivum*, chemical extractors.

INTRODUÇÃO

A alta exigência de N caracteriza esse nutriente como um dos principais fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Diversos estudos confirmam a influência do N sobre a cultura do trigo (Frizzzone et al., 1996; Coelho et al., 1998; Rodrigues et al., 2000; Didonet et al., 2000; Mundstock & Bredemeier., 2002; Da Ros et al., 2003; Sala et al., 2005).

A principal fonte de N no solo é a matéria orgânica, e a maioria dos solos agrícolas contém várias toneladas de N orgânico em seus perfis. No entanto, a maior parte desse N não está prontamente disponível para as plantas (Urquiaga & Zapata, 2000), pois é necessário que seja liberado sob formas minerais para que possa ser absorvido. O processo de mineralização em determinado período depende de vários fatores, como temperatura, umidade, aeração, pH, quantidade

e natureza do material orgânico presente. Assim, a variação nesses fatores determina distintas velocidades na transformação do N orgânico em formas minerais (Kolchinski & Schuch, 2003).

Alguns autores têm mostrado resultados promissores para o uso de extratores químicos na avaliação do N do solo (Curtin & Wen, 1999). Estreitas correlações foram obtidas entre o N extraído com KCl 2M a 100 °C e a absorção do nutriente pela planta, em experimentos de campo conduzidos no Brasil (Oliveira, 1987, 1989; Reichmann Sobrinho, 1989; Serra, 2006). As soluções H₂O₂/MnO₂ e fosfato-borato tampão pH 11,2 também se mostraram promissoras para avaliação de rotina do N do solo (Oliveira, 1987; Eciolaza & Oliveira, 1993; Serra, 2006).

O objetivo deste trabalho foi realizar o estudo de calibração de N no solo para a cultura do trigo, utilizando diferentes métodos químicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado durante o ano agrícola 2005, em um Latossolo Vermelho (Embrapa, 1978), no campo experimental da Embrapa Cerrados, localizado em Planaltina (DF), de coordenadas geográficas aproximadas de 15 ° 35 ' 30 " S e 47 ° 42 ' 00 " W, com 1.175 m de altitude, e com as seguintes propriedades químicas e características físicas: pH = 5,7 (em água), H + Al = 5,2 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0,2 cmol_c dm⁻³, P = 5,3 mg dm⁻³ (Mehlich I), K⁺ = 0,2 cmol_c dm⁻³, Ca²⁺ = 1,7 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 0,7 cmol_c dm⁻³, CTC = 7,8 cmol_c dm⁻³, matéria orgânica = 24,3g dm⁻³, argila = 47,5 dag kg⁻¹, silte = 5,5 dag kg⁻¹ e areia = 47 dag kg⁻¹, analisadas segundo método da Embrapa (1979).

As análises de N no solo foram realizadas no Laboratório de Química do Solo da Universidade de Brasília (UnB). As análises granulométricas e químicas do solo da área experimental foram feitas nos laboratórios da Embrapa Cerrados.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com seis repetições, e os tratamentos foram seis doses de N: 0, 70, 140, 210, 280 e 350 kg ha⁻¹.

O cultivar de trigo precoce Embrapa 42 foi semeado em parcelas de 4 m de comprimento por 2 m de largura. A área útil da parcela foi definida como as sete linhas centrais. O espaçamento de plantio foi de 0,20 m entre linhas e a densidade foi de 100 sementes por metro linear, com índice de germinação de 90 %.

Durante a condução do experimento, utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão, tendo sido aplicada uma lâmina de água de 500 mm, e não houve necessidade de controle químico de pragas.

Na adubação de plantio, foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo e 70 kg ha⁻¹ de FTE BR12. Também foi realizada a gessagem na dose de 2.000 kg ha⁻¹ de gesso agrícola. A fonte de N usada foi o sulfato de amônio, o qual foi aplicado a lanço no plantio e incorporado imediatamente após a aplicação.

No nono dia após o plantio foram coletadas as amostras de solo nas camadas de 0–20 e 20–40 cm, no total de 10 amostras simples por parcela. Para coleta das amostras, utilizou um cilindro de aço vazado de 4 cm de diâmetro e 64 cm de comprimento, que foi introduzido no solo sob pressão. Após a homogeneização das amostras simples de cada parcela, foram recolhidas as amostras compostas. Estas foram secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm e acondicionadas em potes plásticos com tampa e identificação, até que as análises químicas fossem realizadas.

Os dados de rendimento de grãos de trigo, uma vez corrigida a umidade para 130 g kg⁻¹, foram correlacionados com os teores de N extraídos do solo pelos diferentes extratores por meio de regressão polinomial quadrática.

Métodos químicos para a avaliação de nitrogênio no solo

Extração com H₂O₂/MnO₂ (Oliveira, 1987)

As análises foram feitas em duplicata, adicionando-se 2 mL de H₂O₂ 30 % a 2 g de solo acondicionados em béquer de 100 mL. Após repouso de 30 min, o excesso de H₂O₂ foi eliminado pela adição de 0,1 g de MnO₂. Depois da efervescência, foram adicionados 15 mL de água destilada. O material foi transferido para microdestilador, onde recebeu 0,2 g de MgO e 0,1 g de liga de Devarda.

O destilado foi recolhido, durante aproximadamente quatro minutos, em balão volumétrico de 50 mL contendo 10 mL de HCl 0,05N. Os cálculos foram realizados a partir da curva de calibração obtida pela destilação de soluções-padrão de N contendo 0–10–25–50–75–95 µg mL⁻¹ de N. O N extraído foi quantificado por colorimetria em espectrofotômetro de UV/VIS a 440 nm.

Extração com Na₃PO₄/bórax – tampão pH 11,2 (Gianello, 1985)

As análises foram feitas em duplicata, transferindo-se 2 g de cada amostra de solo para o microdestilador, onde foram adicionados 25 mL da solução-tampão pH 11,2 (200 g de Na₃PO₄.12H₂O + 50 g de bórax, em 2.000 mL de água destilada). A destilação e a análise foram feitas conforme descrito na extração com H₂O₂/MnO₂.

Extração com Na₃PO₄/bórax – tampão pH 11,2 + NO₃⁻ (Serra, 2006)

As análises foram feitas em duplicata, transferindo-se 2 g de cada amostra de solo para o microdestilador, onde foram adicionados 25 mL da solução-tampão pH 11,2 (200 g de Na₃PO₄.12H₂O + 50 g de bórax, em 2.000 mL de água destilada), 0,2 g de MgO, 0,1 g de liga de Devarda e 10 gotas de dimeticona para diminuir a excessiva formação de espuma em presença da liga metálica. A destilação e a análise foram feitas conforme descrito na extração com H₂O₂/MnO₂.

Extração com KCl 2M a 100 °C (Gianello, 1985)

As análises foram feitas em duplicata, colocando-se 2 g de cada amostra de solo em tubo de digestão Pirex, seguido da adição de 20 mL de KCl 2M. Os tubos tampados foram levados ao bloco digestor previamente aquecido a 100 °C, onde foram mantidos durante 4 h. Em seguida, todo o material foi transferido para o microdestilador, seguido da adição de 0,2 g de MgO, 0,1 g de liga de Devarda e 10 gotas de dimeticona. A destilação e a análise do N foram feitas conforme descrito na extração com H₂O₂/MnO₂.

As doses econômicas de N foram calculadas a partir da função de produção (produtividade de grãos *versus* doses de N) para três diferentes relações n/w (preço do quilograma de N/preço do quilograma do trigo), de acordo com a fórmula:

$$N \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = (b - n/w)/-2c$$

em que c = coeficiente de regressão quadrático; b = coeficiente de regressão linear; n = preço do quilograma de N; e w = preço do quilograma do trigo.

Os níveis críticos foram calculados pelo método matemático de Cate & Nelson (1971). No cálculo dos níveis críticos econômicos (Malavolta et al., 1999), substituíram-se os valores das produtividades estimadas para as três doses econômicas de N, nas equações de regressão entre o N extraído do solo pelos diferentes extratores químicos para a camada de 0–20 cm e a produtividade de grãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, os teores de N extraídos com H_2O_2/MnO_2 , nas duas camadas de amostragem, foram superiores aos extraídos pelos demais extratores químicos estudados (Quadro 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Cantarella et al. (1994) em um experimento com solos ácidos no Estado de São Paulo. Segundo Eciolaza & Oliveira (1993), a água oxigenada pode ser considerada uma solução extratora forte, capaz de extrair maior quantidade de N do solo.

Os teores de N extraídos do solo foram maiores na camada mais superficial (0–20 cm). Esse resultado pode ser devido à incorporação pouco profunda do adubo nitrogenado ou, ainda, aos maiores teores de matéria orgânica presentes nesta camada. Gonçalves et al. (2001) e D'Andréa et al. (2004) afirmam que as maiores reservas de N estão na camada de 0–20 cm do solo, concordando com os resultados obtidos. O nível e a natureza do estoque orgânico de Latossolos sob

diferentes sistemas de uso e de manejo foram estudados por Freitas et al. (2000), no Estado de Goiás. Os teores e estoques de N em todos os sistemas avaliados foram, em média, duas vezes maiores na camada de 0–20 cm em comparação com a de 20–40 cm, indicando a influência dos resíduos culturais no resultado.

Os dados de produtividade (Quadro 2) foram relacionados aos teores de N extraídos do solo pelos diferentes extratores químicos, e as análises de regressão mostraram que o modelo quadrático se ajustou aos dados (Figuras 2 a 9). Verificou-se estreita relação entre os valores obtidos, e os coeficientes de determinação (R^2) variaram de acordo com o extrator e a camada de amostragem do solo.

A análise de regressão apontou os maiores coeficientes de determinação na camada de 0–20 cm, quando comparado às análises da camada mais profunda, indicando que há melhor aproveitamento do N pela planta nas camadas mais superficiais do solo. Esse resultado sugere que a melhor camada de amostragem do solo para fins de adubação nitrogenada, para o trigo, seja a de 0–20 cm. Oliveira (1987) também observou estreita correlação entre o N extraído pelos diferentes extratores e a produção de grãos de trigo; contudo, em seu estudo, os maiores coeficientes de correlação foram obtidos na camada mais profunda (0–50 cm).

O ordenamento dos extratores de acordo com os melhores valores dos coeficientes de determinação, na camada de 0–20 cm, foi: KCl 2 mol L^{-1} a 100 °C ($R^2 = 0,997^{**}$) > H_2O_2/MnO_2 ($R^2 = 0,992^{**}$) > tampão pH 11,2 + NO_3^- ($R^2 = 0,985^{**}$) > tampão pH 11,2 ($R^2 = 0,960^{**}$).

A solução-tampão pH 11,2 foi a que apresentou os menores coeficientes de determinação nas duas camadas de solo analisadas. Jalil et al. (1994), Gianello et al. (2000) e Serra (2006) também

Quadro 1. Teores médios de nitrogênio para os diferentes extratores químicos, nas duas camadas do solo, para as doses de nitrogênio aplicadas

N kg ha ⁻¹	H_2O_2/MnO_2	KCl (2 mol L ⁻¹ 100°C)	mg kg ⁻¹	
			Tampão pH 11,2 + NO_3^-	Tampão pH 11,2
			0–20 cm	
0	21	20	20	12
70	82	76	65	45
140	106	104	98	76
210	128	123	119	87
280	162	156	158	123
350	188	189	185	162
			20–40 cm	
0	38	15	32	7
70	46	22	37	9
140	46	25	38	12
210	55	37	46	21
280	58	30	42	19
350	73	47	54	29

Quadro 2. Rendimento de grãos de trigo irrigado em função das doses de nitrogênio aplicadas

N	Produtividade de grãos
kg ha ⁻¹	
0	2.175
70	3.101
140	3.328
210	3.301
280	3.245
350	2.870

observaram que o coeficiente de correlação obtido a partir da extração de N pelo método da solução-tampão sem a adição de liga de Devarda era inferior àquele obtido por outros métodos de extração do N do solo. Apesar de ser um método rápido e simples, a extração de N através dessa solução não inclui a fração de N-NO₃⁻, a qual é importante na correlação com o N absorvido pelas plantas.

Os extratores H₂O₂/MnO₂, KCl 2 mol L⁻¹ a 100 °C e tampão pH 11,2 + NO₃⁻ não apresentaram coeficientes de determinação muito diferenciados nas análises realizadas para as amostras da camada de 0–20 cm. Resultados semelhantes foram obtidos por Serra (2006) em um estudo sobre a avaliação da disponibilidade de N por meio de extratores químicos, para a cultura do milho. Considerando as características de cada um desses extratores, pode-se sugerir que a solução-tampão pH 11,2 + NO₃⁻ seja recomendada para avaliação de N disponível em solos do Distrito Federal, uma vez que esta, além da praticidade de análise e economia de reagentes, é capaz de extrair nitrato, amônio e açúcares aminados do solo na mesma análise. A desvantagem do método de extração do N do solo com a solução-tampão pH 11,2 + NO₃⁻ é a formação excessiva de espuma na presença de liga metálica. No entanto, a adição do antiespumante dimeticona proposta por Serra (2006) mostrou-se eficiente na diminuição da tensão superficial dos líquidos, levando ao rompimento das bolhas formadas durante a destilação e impedindo a contaminação das amostras.

Oliveira (1989) afirma que os métodos mais promissores devem apresentar a vantagem de avaliar no mesmo extrato tanto o nitrato e amônio quanto o N orgânico facilmente mineralizável. A quantificação dessas frações é fundamental para avaliação do N disponível nos solos, fato confirmado pelos diversos estudos acerca da mineralização do N ao longo do ciclo de vida de culturas de importância agrônoma (Silva, 1999; Deng & Tabatabai, 2000; Kliemann & Buso, 2002; Mar et al., 2003).

A partir dos dados dos quadros 1 e 2 calcularam-se os níveis críticos de N no solo pelo método matemático de Cate-Nelson, e as doses econômicas, produtividades

estimadas e os níveis críticos econômicos foram calculados para três diferentes relações n/w (Figura 1, Quadros 3 e 4). A utilização do nível crítico econômico apresenta as vantagens de gerar valores que não são fixos e acompanhar as tendências de preço do mercado (Black, 1993).

Os níveis críticos econômicos calculados pelos diferentes extratores químicos, para as relações n/w de 5 a 7, são: 90 a 68 mg kg⁻¹ (H₂O₂/MnO₂), 87 a 66 mg kg⁻¹ (KCl 2 mol L⁻¹ a 100 °C), 81 a 62 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2 + NO₃⁻) e 64 a 47 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2). Já os níveis críticos calculados pelo método matemático de Cate-Nelson são: 94 mg kg⁻¹ (H₂O₂/MnO₂),

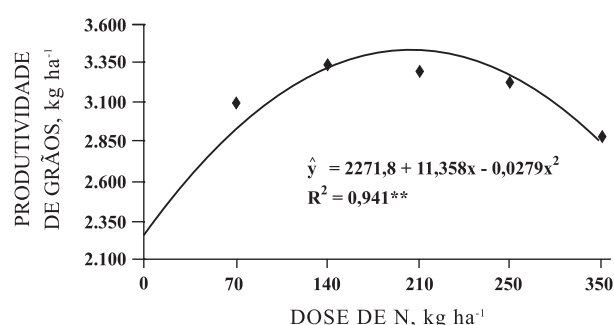


Figura 1. Rendimento de grãos de trigo em função das doses de nitrogênio.

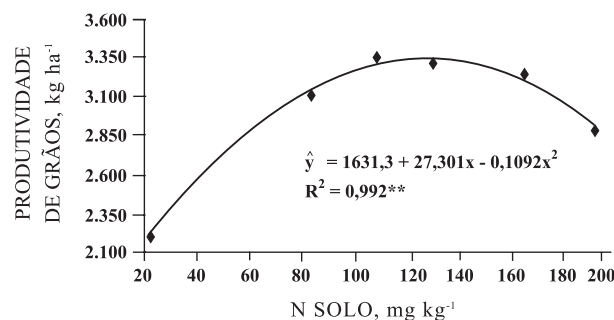


Figura 2. Rendimento de grãos de trigo em função do nitrogênio extraído do solo com H₂O₂/MnO₂, na camada de 0–20 cm.

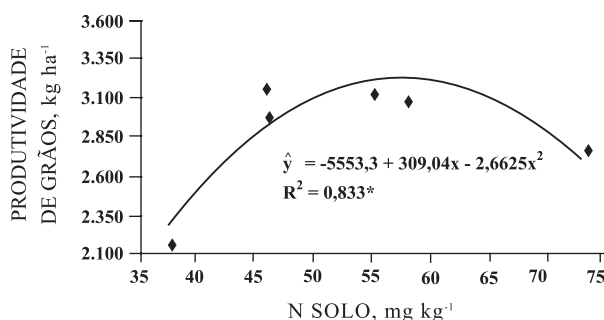


Figura 3. Rendimento de grãos de trigo em função do nitrogênio extraído do solo com H₂O₂/MnO₂, na camada de 20–40 cm.

90 mg kg⁻¹ (KCl 2 mol L⁻¹ a 100 °C), 82 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2 + NO₃⁻) e 61 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2).

No quadro 4, observa-se que os níveis críticos calculados pelo método matemático de Cate-Nelson são próximos àqueles encontrados para a relação n/w = 5.

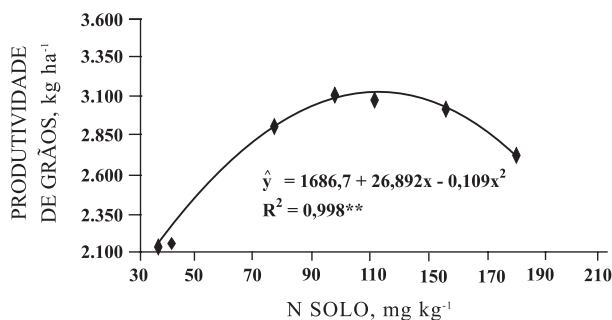


Figura 4. Rendimento de grãos de trigo em função do nitrogênio extraído do solo com KCl 2 mol L⁻¹ a 100 °C, na camada de 0–20 cm.

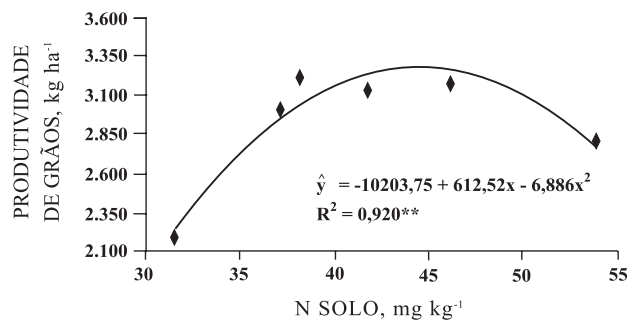


Figura 7. Rendimento de grãos de trigo em função do nitrogênio extraído do solo com solução-tampão pH 11,2 + NO₃⁻, na camada de 20–40 cm.

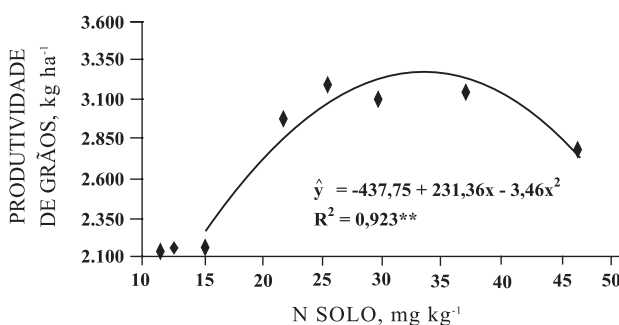


Figura 5. Rendimento de grãos de trigo em função do nitrogênio extraído do solo com KCl 2 mol L⁻¹ a 100 °C, na camada de 20–40 cm.

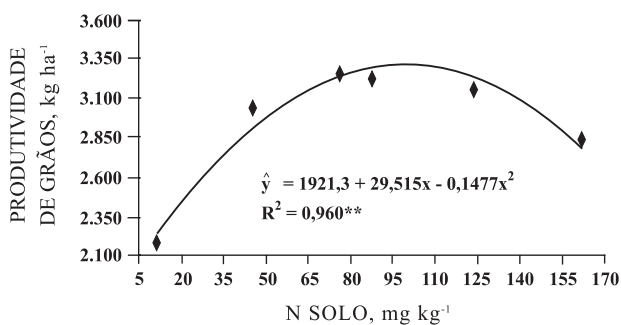


Figura 8. Rendimento de grãos de trigo em função do nitrogênio extraído do solo com solução-tampão pH 11,2, na camada de 0–20 cm.

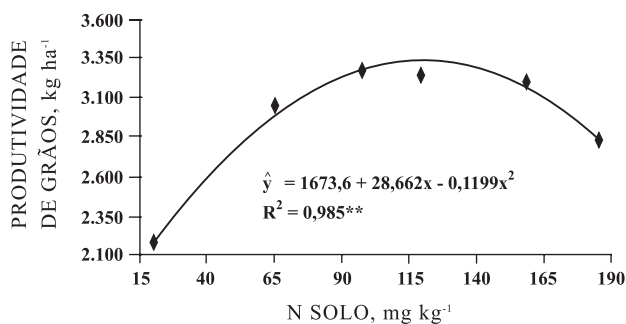


Figura 6. Rendimento de grãos de trigo em função do nitrogênio extraído do solo com solução-tampão pH 11,2 + NO₃⁻, na camada de 0–20 cm.

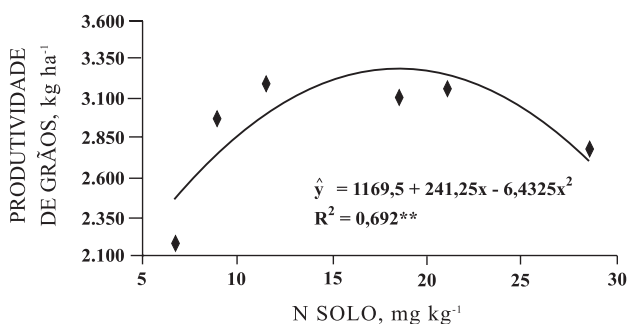


Figura 9. Rendimento de grãos de trigo em função do nitrogênio extraído do solo com solução-tampão pH 11,2, na camada de 20–40 cm.

Quadro 3. Doses econômicas de nitrogênio e produtividades estimadas para três relações n/w

Relação n/w	Dose econômica de N	
	kg ha ⁻¹	
5	114	3.204
6	96	3.105
7	78	2.988

n/w = preço do quilograma de N/preço do quilograma do trigo.

Quadro 4. Doses econômicas e níveis críticos econômicos de nitrogênio para o trigo, calculados para três relações n/w e pelo método matemático de Cate-Nelson, para diferentes extratores químicos na camada de 0–20 cm

Relação n/w	N kg ha ⁻¹	Níveis críticos de N (mg kg ⁻¹)			
		H ₂ O ₂ /MnO ₂	KCl (2 mol L ⁻¹ 100°C)	Tampão pH 11,2 + NO ₃ ⁻	Tampão pH 11,2
5	114	90	87	81	64
6	96	79	76	71	56
7	78	68	66	62	47
Cate-Nelson		94	90	82	61

CONCLUSÕES

1. A camada mais indicada de amostragem para as análises de N no solo foi a de 0–20 cm.

2. O extrator mais indicado para a análise de rotina de N no solo é a solução-tampão pH 11,2 + NO₃⁻, em razão da praticidade da análise e da economia de reagentes.

3. Os níveis críticos econômicos calculados pelos diferentes extratores químicos, para as relações n/w de 5 a 7, foram: 90 a 68 mg kg⁻¹ (H₂O₂/MnO₂), 87 a 66 mg kg⁻¹ (KCl 2M a 100°C), 81 a 62 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2 + NO₃⁻) e 64 a 47 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2).

4. Os níveis críticos calculados pelo método matemático de Cate-Nelson foram: 94 mg kg⁻¹ (H₂O₂/MnO₂), 90 mg kg⁻¹ (KCl 2M a 100 °C), 82 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2 + NO₃⁻) e 61 mg kg⁻¹ (tampão pH 11,2).

LITERATURA CITADA

BLACK, C.A. Soil fertility evaluation and control. Boca Raton, Lewis Publishers, 1993. 746p.

CANTARELLA, H.; MATTOS JÚNIOR, D. & RAIJ, B.van. Lime effect on soil N availability indexes as measured by plant uptake. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 25:989-1006, 1994.

CATE Jr., R.B. & NELSON, L.A. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 35:658-660, 1971.

COELHO, M.A.O.; SOUZA, M.A.; SEDIYAMA, T.; RIBEIRO, A.C. & SEDIYAMA, C.S. Resposta na produtividade de grãos e outras características agronômicas do trigo EMBRAPA-22 irrigado ao nitrogênio em cobertura. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:555-561, 1998.

CURTIN, D. & WEN, G. Organic matter fractions contributions to soil nitrogen mineralization potential. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63:410–415, 1999.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.N.; CURI, N. & GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 39:179-186, 2004.

DA ROS, C.O.; SALET, L.S.; PORN, R.L. & MACHADO, J.N.C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. *Ci. Rural*, 33:799-804, 2003.

DENG, S.P. & TABATABAI, M.A. Effects of cropping systems on nitrogen mineralization in soils. *Biol. Fert. Soils*, 31:211-218, 2000.

DIDONET, A.D.; LIMA, O.S.; GANDATEN, A.A. & RODRIGUES, O. Relocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido à inoculação com *Azospirillum*. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:401-411, 2000.

ECIOLAZA, M.C.B. & OLIVEIRA, S.A. Teste de extratores químicos para a avaliação da disponibilidade de nitrogênio em solos do Distrito Federal. *Pesq. Agropec. Bras.*, 28:523-532, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Classificação do Solo. Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1978. 455p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Classificação do Solo. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. 390p.

FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M. & FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:157-170, 2000.

FRIZZONE, J.A.; MELLO JÚNIOR, A.V.; FOLEGATTI, M.V. & BOTREL, T.A. Efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada sobre componentes de produtividade da cultura do trigo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 31:425-434, 1996.

GIANELLO, C. Chemical methods of assessing potentially available organic nitrogen in soil. Ames, Iowa State University, 1985. 93p. (Tese de Doutorado)

- GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O.; REICHMANN, E. & TEDESCO, M.J. Avaliação da disponibilidade do nitrogênio do solo estimada por métodos químicos. R. Bras. Ci. Solo, 24:93-101, 2000.
- GONÇALVES, J.L.M.; MENDES, K.C.F.S. & SASAKI, C.M. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do Estado de São Paulo. R. Bras. Ci. Solo, 25:601-616, 2001.
- JALIL, A.; CAMPBELL, C.A.; SCHOENAU, J.; HENRY, J.L.; JAME, Y.W. & LAFOND, G.P. Assessment of two chemical extraction methods as indices of available nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J., 162:147-150, 1994.
- KLIEMANN, H.J. & BUSO, W.H.D. Efeitos dos sistemas de manejo e da calagem na estimativa das frações potencialmente mineralizáveis de nitrogênio em solos do sudoeste de Goiás. Pesq. Agropec. Trop., 32:59-68, 2002.
- KOLCHINSKI, E.M. & SCHUCH, L.O.B. Eficiência no uso do nitrogênio por cultivares de aveia branca de acordo com a adubação nitrogenada. R. Bras. Ci. Solo, 27:1033-1038, 2003.
- MALAVOLTA, E.; OLIVEIRA, S.A. & WADT, P.G.S. Foliar diagnosis: The status of the art. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.F.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E. & CARVALHO, J.G., eds. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.205-241.
- MAR, G.D.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C. & NOVELINO, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. Bragantia, 62:267-274, 2003.
- MUNDSTOCK, C.M. & BREDEMEIER, C. Dinâmica do afilamento afetada pela disponibilidade de nitrogênio e sua influência na produção de espigas e grãos em trigo. R. Bras. Ci. Solo, 62:141-149, 2002.
- OLIVEIRA, S.A. Avaliação da mineralização e disponibilidade de nitrogênio para o trigo (*Triticum aestivum* L.) em solos do Distrito Federal. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1987. 128p. (Tese de Doutorado)
- OLIVEIRA, S.A. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo. Pesq. Agropec. Bras., 24:131-148, 1989.
- REICHMANN SOBRINHO, E.R. Seleção de métodos de laboratório para avaliação do nitrogênio orgânico do solo parcialmente disponível para as plantas. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1989. 107p. (Tese de Mestrado)
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; GOUVEIA, J. & SOARES, R.C. Nitrogen translocation in wheat inoculated with *Azospirillum* and fertilized with nitrogen. Pesq. Agropec. Bras., 35:1473-1481, 2000.
- SALA, V.M.R.; FREITAS, S.S.; DONZELI, V.P.; FREITAS, J.G.; GALLO, P.B. & SILVEIRA, A.P.D. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. R. Bras. Ci. Solo, 29:345-352, 2005.
- SERRA, D.D. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio para o milho (*Zea mays*) em solo do Distrito Federal. Brasília, Universidade de Brasília, 2006. 93p. (Tese de Mestrado)
- SILVA, E.B. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do café proveniente de plantas cultivadas em duas condições edafoclimáticas. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1999. 105p. (Tese de Doutorado)
- URQUIAGA, S. & ZAPATA, F. Fertilización nitrogenada en sistemas de producción agrícola. In: URQUIAGA, S. & ZAPATA, F., eds. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales em América Latina y el Caribe. Porto Alegre, Gênese, 2000. p.77-88.