

## **Eficiência da Adubação Nitrogenada Com Ureia Revestida Por Polímero na Cultura do Milho**

Mário Miyazawa<sup>1</sup>; Antônio Costa<sup>1</sup>; Roberto dos Anjos Reis Jr<sup>2</sup>; Íris Tiski<sup>3</sup>; Pereira, L. R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IAPAR; Londrina/PR; <sup>2</sup>Wscet/Produquímica; São Paulo/SP; roberto@wsct.com.br; roberto.reis@produquímica.com.br; <sup>3</sup>Produquímica; São Paulo/SP.

**RESUMO** - O milho é uma cultura altamente responsiva ao nitrogênio, apresentando incrementos em várias características que influenciam a produção final. Em virtude da baixa eficiência dessa adubação, é necessária a realização de estudos com fontes para melhorar a eficiência no fornecimento desse nutriente à planta. Dentre as fontes alternativas, destaca-se o revestimento da Ureia com polímeros, como o Policote. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de matéria seca, o teor e o acúmulo de nitrogênio na parte aérea e nas raízes de plantas de milho, utilizando ureia e ureia revestida por Policote como fontes de N, sob diferentes tempos de contato do adubo nitrogenado com a palhada do solo, antes da irrigação. Este trabalho foi realizado em casa-de-vegetação, no IAPAR, em Londrina/PR. O experimento, conduzido sob delineamento inteiramente ao acaso, com duas repetições, foi formado pelo fatorial 2x5+1, sendo duas fontes de adubo nitrogenado, cinco tempos de contato do adubo nitrogenado com a palhada do solo (antes da aplicação da irrigação por aspersão) e um tratamento adicional (sem nitrogênio). A ureia revestida com Policote aumentou em 54,5% e 28,8% a produção da matéria seca da parte aérea e raiz de milho, respectivamente, quando comparada à ureia. A ureia revestida com Policote aumentou o acúmulo de nitrogênio na parte aérea e nas raízes do milho em 51,8% e 26,2%, respectivamente, quando comparada à ureia. Os teores de nitrogênio na parte aérea e na raiz não foram influenciados pela adubação nitrogenada. O uso da ureia revestida com Policote aumentou a eficiência agrônômica de utilização do nitrogênio, quando comparada à ureia.

Palavras-chave: nitrogênio, eficiência agrônômica.

### **Introdução**

O milho é uma cultura altamente responsiva ao nitrogênio, apresentando incrementos em várias características que influenciam a produção final. Tem sido mostrado em trabalhos que, em geral, 70 a 90% dos experimentos com milho executados em campo no Brasil responderam à aplicação de nitrogênio (Cantarella e Raij, 1986). Esta elevada exigência em nitrogênio dificilmente será suprida somente pelo solo, havendo necessidade de usar outras fontes suplementares (fertilizantes) deste nutriente. O suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes à produtividade de grãos (Kappes et al., 2009). Segundo Amado et al., 2002 o nitrogênio é o que mais influencia na resposta em produtividade de grãos e mais onera no custo de produção da cultura. O manejo do N em sistemas agrícolas deve considerar os elevados riscos ambientais, uma vez que este nutriente está sujeito a perdas para o ambiente (erosão, lixiviação, desnitrificação e volatilização). Perdas por volatilização de até 78% do N aplicado podem ocorrer após a aplicação de Ureia sobre a superfície do solo (Lara Cabezas et al., 1997), fazendo com que este mecanismo de perda de N seja bastante estudado. Ao entrar em

contato com a urease presente em resíduos vegetais e no solo, a ureia sofre hidrólise, produzindo carbonato de amônio  $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ . O acúmulo de carbonato de amônio causa aumento no pH, e esse evento pode ser acompanhado pela emissão de  $\text{NH}_3$  (Melgar et al., 1999). Assim, a presença de resíduo vegetal no solo (palhada, por exemplo) favorece a ocorrência de volatilização quando o adubo nitrogenado é aplicado sobre a superfície do solo. Sangoi et al. (2003) estudaram a volatilização de  $\text{NH}_3$  em decorrência da forma de aplicação de Ureia, do manejo de resíduos e do tipo de solo e observaram que a aplicação superficial da ureia aumentou as perdas em relação à aplicação de forma incorporada, independentemente do manejo dos restos culturais, das características texturais, do teor de matéria orgânica e da CTC do solo. Segundo, Bayer e Mielniczuk, (1997), o incremento do conteúdo de matéria orgânica, verificado nas camadas superficiais do solo cultivado em sistema de plantio direto, tende a aumentar a população microbiana e a CTC. Com isto, tem-se maior atividade de urease, favorecendo a volatilização de  $\text{NH}_3$ . Vários pesquisadores têm realizado trabalhos avaliando a eficiência da adubação nitrogenada, encontrando eficiência na ordem de 36% (Melgar et al, 1991), 60% (Coelho et al., 1991), 30 a 40% (Freney et al, 1993) e 50 a 70% (Trenkel, 1997). Uma importante alternativa para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada tem sido o uso de fertilizantes de eficiência aumentada. Dentre estas fontes alternativas, destaca-se o revestimento da ureia com polímeros, como o Policote, produzido e comercializado pela Produquímica/Wsct. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de matéria seca, o teor e o acúmulo de nitrogênio na parte aérea e nas raízes de plantas de milho, utilizando ureia e ureia revestida por Policote como fontes de N, sob diferentes tempos de contato do adubo nitrogenado com a palhada do solo (antes da irrigação por aspersão).

### **Material e Métodos**

Este trabalho foi realizado em casa-de-vegetação, no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina/PR, utilizando substrato agrícola (Tabela 1).

O experimento, conduzido sob delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições, foi formado pelo fatorial  $2 \times 5 + 1$ , sendo duas fontes de adubo nitrogenado, cinco tempos de contato da fonte de N com a palhada antes da aplicação da irrigação (por aspersão) e um tratamento adicional (sem nitrogênio). A unidade experimental foi formada por vaso com capacidade de 4,0 L, no qual foi colocado o substrato, seguido de deposição de camada de palha de trigo, equivalente a 3,0 t/ha, sobre a superfície do substrato. As fontes de nitrogênio utilizadas foram: ureia (45% N) e ureia revestida com Policote (41% N), na dose de 250 mg N/vaso. O tempo de contato do adubo nitrogenado na palha até a aplicação da lâmina de irrigação foram de 0 ; 5 ; 13 ; 27 e 47 dias. A

adubação nitrogenada foi realizada em datas diferentes permitindo que a semeadura e a irrigação por aspersão fossem realizadas na mesma data para todos os tratamentos. Foi utilizado o híbrido de milho superprecoce Dow 2A106 (oito sementes/vaso) na semeadura do experimento (16/06/10), realizada dez dias antes da aplicação da lâmina de irrigação (por aspersão). Durante o experimento, a umidade da parcela experimental foi mantida por meio de aplicação de água na base do vaso, permitindo que o substrato ficasse úmido por meio de capilaridade. Após a emergência das plantas foi realizado desbaste, deixando-se três plantas/parcela experimental. Aos dez dias após a semeadura do milho foi realizada aplicação de lâmina de irrigação de 25 mm (por aspersão). Esta lâmina de irrigação foi suficiente para incorporar o fertilizante nitrogenado. A manutenção da umidade do substrato ao longo do experimento foi realizada por meio de fornecimento de água via capilaridade, conforme descrito acima, sempre que necessário. Após 44 dias de emergência foi realizada coleta da parte aérea e raiz para avaliação da produção de matéria seca e determinação do teor de N. A parte aérea e raiz das plantas foram secas em estufa, com circulação forçada de ar, a 60 °C e pesadas. Na matéria seca das plantas foi determinado o teor de nitrogênio, por meio de digestão com ácido sulfúrico e espectrofotometria azul de salicilato (Miyazawa, et al., 1992). Foram calculados os acúmulos de nitrogênio na raiz e parte aérea. As variáveis dependentes (produção de matéria seca, teor e acúmulo de N) foram submetidas à análise de variância e teste de médias. Os efeitos de manejo e fontes somente foram avaliados quando efeito estatisticamente significativo de tratamentos e do tratamento adicional foram constatados, indicando que a variável dependente sob avaliação foi influenciada pela presença de adubação. Com os valores médios de produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio na parte aérea, raiz e planta, foram calculados índices de eficiência agrônômica para produção de matéria seca de parte aérea e de raízes, para as fontes avaliadas, conforme a equação:

$$\frac{[\text{Matéria Seca com Nitrogênio (g)} - \text{Matéria Seca sem Nitrogênio (g)}]}{\text{Dose aplicada de Nitrogênio (g)}}$$

### **Resultados e Discussão**

A produção de matéria seca de parte aérea (MSPA) respondeu à adubação nitrogenada ( $p < 0,01$ ), aumentando de 3,81 g/pl (sem nitrogênio) para 8,97 g/pl (com nitrogênio). Segundo Bull, (1993), plantas adequadamente nutridas em N têm maior desenvolvimento vegetativo, uma vez que o nutriente influencia diretamente a divisão e expansão celular e o processo fotossintético. A MSPA foi significativamente influenciada pelo tempo de contato do adubo nitrogenado com a palhada ( $p < 0,01$ ) e pelas fontes de nitrogênio ( $p < 0,01$ ) (Figura 1), havendo interação significativa entre as variáveis independentes ( $p < 0,05$ ) (Figura 2). Em média, o uso da ureia+Policote como

fonte de N aumentou a MSPA em 3,84 g/pl quando comparada à Ureia, o que representou um aumento de 54,5% (Figura 1). Em relação ao tempo de contato do adubo nitrogenado com a palhada, a aplicação da irrigação logo após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados apresentou o melhor resultado de MSPA (12,26 g/pl). Para Lara Cabezas et al. (1997b), a água diminui a volatilização da amônia se for suficiente para diluir a concentração de oxidrilas (OH), ao redor dos grânulos de ureia, que foram produzidos na reação de hidrólise, além de proporcionar a incorporação da ureia no solo. Nota-se que a MSPA foi superior ao se utilizar a Ureia+Policote como fonte, independentemente do tempo de contato do adubo nitrogenado com a palhada, exceto para quando este tempo foi de 27 (Figura 2).

A produção de matéria seca de raiz (MSR) respondeu à adubação nitrogenada ( $p < 0,01$ ), aumentando de 1,70 g/pl (sem nitrogênio) para 3,21 g/pl (com nitrogênio). A MSR foi significativamente influenciada pelo tempo de contato do adubo nitrogenado com a palhada ( $p < 0,01$ ) (Figura 3) e pelas fontes de N ( $p < 0,01$ ) (Figura 1), mas não houve interação significativa entre estas. Em média, o uso de ureia+Policote como fonte de N aumentou a MSR em 0,82 g/pl quando comparada à ureia, o que representou um aumento de 28,8%. Entre as épocas de irrigação, a maior MSR foi observada quando a irrigação foi aplicada logo após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados.

Os resultados de produção de matéria seca indicam que a ureia revestida por Policote apresentou melhores resultados independentemente do intervalo de tempo entre a aplicação do fertilizante e a aplicação da irrigação (simulando um veranico), exceto para a época de aplicação da irrigação 27 dias após a aplicação do fertilizante. O substrato orgânico usado possuía todos os macronutrientes e micronutrientes necessários para o desenvolvimento da planta de milho com exceção do nitrogênio, nutriente exigido em maior quantidade pela cultura. A condição do experimento foi feita para obter o máximo de volatilização da  $NH_3$  da Ureia aplicada no solo (alternância de umedecimento e secagem).

Os teores de nitrogênio na parte aérea e na raiz, na colheita do experimento, não foram influenciados pela adubação nitrogenada, tampouco pelos manejos de irrigação e pelas fontes de nitrogênio avaliadas, apresentando valores médios de 7,93 g/kg e 8,56 g/kg, respectivamente.

O acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) respondeu à adubação nitrogenada ( $p < 0,01$ ), aumentando de 31,44 mg N/pl (sem nitrogênio), para 70,73 mg N/pl (com nitrogênio). O ANPA foi significativamente influenciado pelas fontes de N ( $p < 0,01$ ) (Figura 4) e tempos de contato do adubo nitrogenado com a palhada ( $p < 0,01$ ), havendo interação significativa entre estas variáveis ( $p < 0,05$ ) (Figura 5). Em média, o uso da ureia+Policote como fonte de N aumentou o ANPA em 29,13 mg N/pl quando comparada à ureia, o que representou um aumento de 51,8% (Figura 4).

Em relação ao tempo de contato entre o adubo nitrogenado e a palhada, a irrigação logo após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados apresentou o melhor resultado de ANPA (98,6 g/pl). Nota-se que o ANPA foi superior ao se utilizar a ureia+Policote como fonte independentemente do tempo de contato do adubo com a palhada, exceto para quando a aplicação da irrigação foi realizada aos 27 dias após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados.

O acúmulo de nitrogênio na raiz (ANR) respondeu à adubação nitrogenada ( $p<0,01$ ), aumentando de 16,26 mg N/pl (sem nitrogênio), para 27,18 mg N/pl (com nitrogênio). O ANR foi significativamente influenciado pelas fontes ( $p<0,01$ ) (Figura 4) e tempos de contato do adubo nitrogenado com a palhada ( $p<0,01$ ) (Figura 6), porém, não houve interação significativa entre estas variáveis. Em média, o uso da ureia+Policote aumentou o ANR em 6,31 mg N/pl quando comparada à ureia, o que representou um aumento de 26,2% (Figura 6). Em relação ao tempo de contato entre o adubo nitrogenado e a palhada, a irrigação logo após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados apresentou o melhor resultado de ANR (33,5 g/pl).

Na Tabela 2 estão ilustrados os índices de eficiência agronômica calculados para as produções de matéria seca de parte aérea e de raiz em função das fontes de nitrogênio. Nota-se que com a utilização da ureia como fonte observou-se que para o fornecimento de cada grama de N foi possível ter a produção de 38,88 g e 13,32 g de matéria seca de parte aérea e de raízes, respectivamente. Com a utilização de ureia revestida com Policote como fonte estes valores aumentaram em 17,5% e 73,8%, respectivamente.

### **Conclusões**

A ureia revestida com Policote aumentou em 54,5% e 28,8% as produções da matéria seca da parte aérea e raiz de milho, respectivamente, quando comparada à ureia. A ureia revestida com Policote aumentou o acúmulo de nitrogênio na parte aérea e nas raízes do milho em 51,8% e 26,2%, respectivamente, quando comparada à ureia. Os teores de nitrogênio na parte aérea e na raiz não foram influenciados pela adubação nitrogenada. O uso da ureia revestida com Policote aumentou a eficiência agronômica de utilização do nitrogênio, quando comparada à ureia.

### **Literatura Citada**

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v.26, p.241-248, 2002.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-145.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Adubação nitrogenada no Estado de São Paulo. In: SANTANA, M. B. M. (Coord.). *Adubação nitrogenada no Brasil*. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. p. 47-49.

COELHO, N. M. M.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H. Determinação de amônio e nitrato em solo por injeção em fluxo, pelo método de difusão-condutividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 16: 325-329. 1992.

FRENEY, J.R.; KEERTHISINGHE, D. G.; CHAIWANAKUPT, P.; Use of urease inhibitors to reduce ammonia loss following application of urea to flooded rice fields. *Plant and Soil*, 155/156:371-373. 1993.

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M., SILVA, J. A. N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 39, n. 03, p. 251-259, 2009.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G. H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21: 489-496, 1997 a.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G. H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.481-487, 1997b.

MELGAR, R.; CAMOZZI, M. E.; FIGUEROA, M. M, Guía de Fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales. Buenos Aires; INTA, cap.1, p. 13-25, 1999.

MIYAZAWA, M., PAVAN, M. A. & BLOCH, M. F. Análise química de tecido vegetal. IAPAR, Londrina, Circular 74, p.17, 1992.

MOREIRA, F. M. S; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2002. 625p. Cap.7: Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo.

TRENKEL, M. E. Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. Paris, IFA. 1997. 150 p.

**Tabela 1.** Análise química e física do substrato.

P	K	Ca	Mg	H+Al	S	T	Al
mg/dm <sup>3</sup>		----- cmol/dm <sup>3</sup> -----					
590,3	5,05	5,6	3,2	1,75	13,85	15,6	0
V	pH	Corg	Granulometria (mm)				
%	(água)	g/dm <sup>3</sup>	>4	4 -2	2-1	1-0,5	<0,5
88,73	7,4	13,24	8,05	22,35	39,13	19,63	2,59

Extratores: P, K, Ca, Mg à Mehlich; Al à KCl.

**Tabela 2.** Índices de eficiência agrônômica para produção de matéria seca de parte aérea (IEA\_PA) e de raízes (IEA\_R) observados nas fontes de nitrogênio.

	IEA_PA	IEA_R
	---- g de matéria seca/g de N ----	
Ureia	38,88	13,32
Ureia+Policote	84,60	23,16

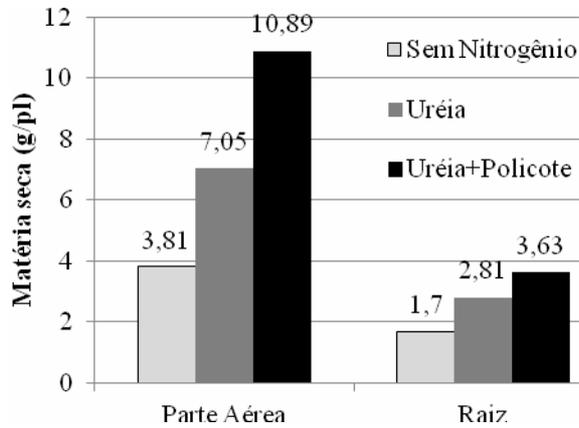


Figura 1. Médias de produção de matéria seca em função das fontes de nitrogênio.

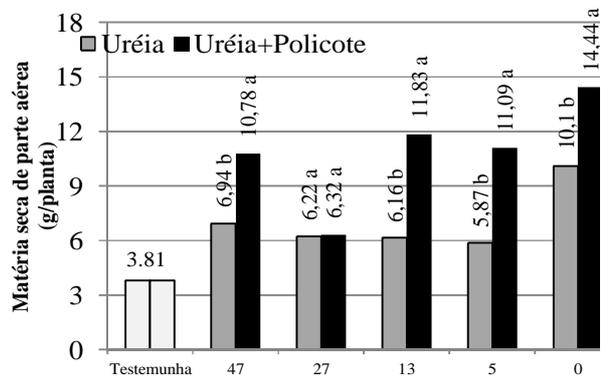


Figura 2. Produção de matéria seca de parte aérea em função de tempos de contato do adubo nitrogenado com a palhada, antes da irrigação (médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada época, são estatisticamente iguais entre si, Tukey 5%).

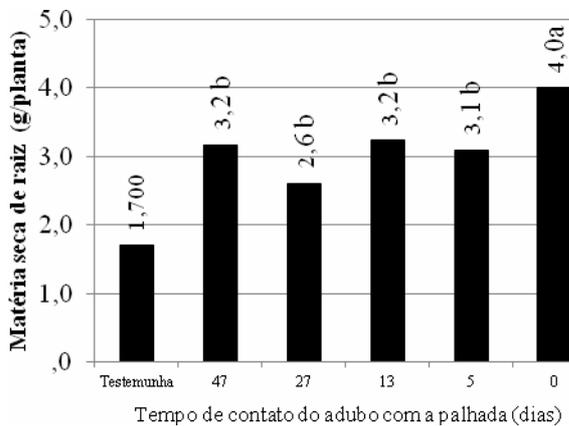


Figura 3. Produção de matéria seca de raiz em função de tempos de contato do fertilizante nitrogenado com a palhada, antes da irrigação (médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente iguais entre si, Tukey 5%).

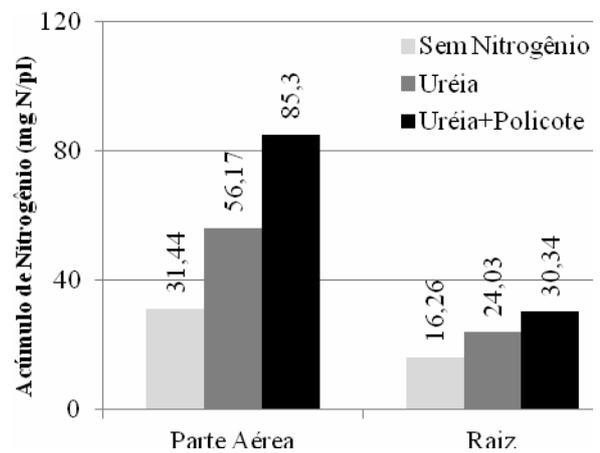


Figura 4. Médias de acúmulo de nitrogênio (mg/planta) em função das fontes de nitrogênio.

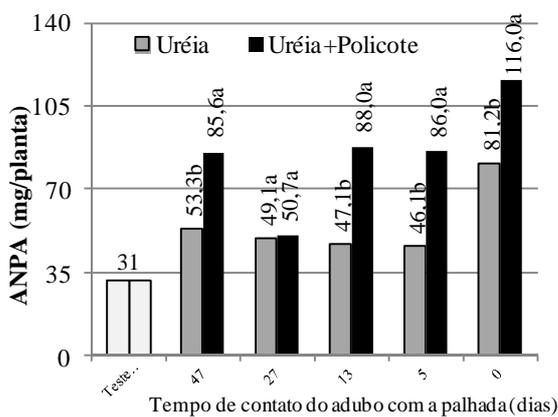


Figura 5. Acúmulo de N da parte aérea (ANPA) em função de tempos de contato do adubo nitrogenado com a palhada, antes da irrigação\*

\*médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente iguais entre si, Tukey 5%.

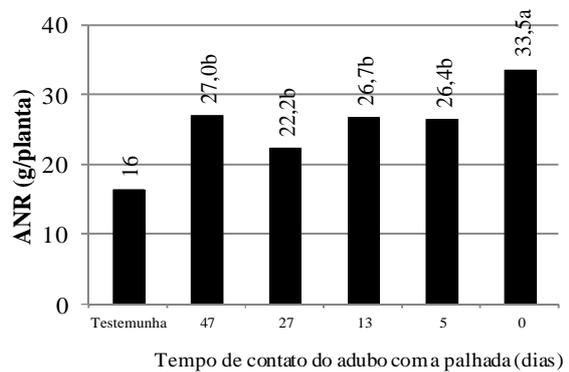


Figura 6. Acúmulo de N na raiz (ANR) em função de tempo de contato do adubo nitrogenado com a palhada, antes da irrigação\*