



Eficiência Agronômica de Fertilizantes Nitrogenados Modificados

Mário Miyazawa⁽¹⁾; Antonio Costa⁽²⁾; Roberto dos Anjos Reis Jr⁽³⁾; Iris Tiski⁽⁴⁾; Rafael Kodiro Conti Hoshino⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Pesquisador; Instituto Agronômico do Paraná; Londrina, PR; miyazawa@iapar.br; ⁽²⁾ Pesquisador; Instituto Agronômico do Paraná; Londrina, PR; antcosta@iapar.br; ⁽³⁾ Pesquisador-Consultor, Wirstchat Polímeros do Brasil; Londrina, PR; roberto@wsct.com.br; ⁽⁴⁾ Química, Wirstchat Polímeros do Brasil; Londrina, PR; iris@wsct.com.br; ⁽⁵⁾ Estudante Agronomia, Universidade Norte do Paraná; Londrina, PR.

RESUMO: Devido a sua importância agronômica, o adubo nitrogenado tem sido intensamente estudado, para maximizar a eficiência do seu uso. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de fertilizantes comerciais modificados, nominados de liberação lenta ou controlada, em relação à ureia revestida com Policote, fertilizante estabilizado, no desenvolvimento de plantas de milho em casa de vegetação. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições. Os fertilizantes nitrogenados foram Triabon 16-08-12; Producote 37-00-00; Producote 39-00-00; Endurene 30-11-00; Ureia revestida com Policote 41-00-00 e um tratamento controle. O experimento foi conduzido em vasos com solo corrigido e adubado e dose comum de 160 mg de N/kg de solo de cada fonte mencionada. Aos 42 dias após emergência das plantas foram avaliados o diâmetro de colmo, altura de planta, matéria seca, teores e acúmulo de nitrogênio na parte aérea e eficiência agronômica do nitrogênio em resposta à adubação com fontes de nitrogênio. A adubação nitrogenada aumentou a altura de plantas, o diâmetro de colmo, a produção de matéria seca, o teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas. A ureia revestida com Policote proporcionou aumento de 18,7% de altura de plantas, 7,5% de diâmetro de colmo, 17,1% na produção de matéria seca, 17,1% no teor e 40,5% no acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas e 70% no índice de eficiência agronômica do nitrogênio em relação à média obtida com os fertilizantes nominados de liberação lenta ou controlada.

Termos de indexação: fertilizante estabilizado, Policote, ureia.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio é o nutriente requerido em alta quantidade pelas gramíneas sendo, frequentemente aplicado em doses insuficientes. Dada a sua importância e sua complexa dinâmica nos solos, o fertilizante nitrogenado tem sido intensamente estudado para maximizar sua eficiência. A eficiência da adubação nitrogenada tem sido variável conforme a avaliação realizada. Pode alcançar valores elevados de 50 a 70 % (Trenkel, 1997), valores intermediários, 30 a 40 % (Freney et al., 1993) e de 43 % (Scivittaro et al., 2003), ou ainda valores muito baixos, 20,8 a 29,5% (Lara Cabezas et al., 2000). Entre as principais causas da baixa eficiência, estão: perda por volatilização de NH_3 , lixiviação de NO_3^- e NH_4^+ e desnitrificação. Para

aumentar taxa de aproveitamento, estão sendo desenvolvidas várias modificações técnicas nos produtos comerciais, tais como: fertilizantes estabilizados, de liberação lenta, de liberação controlada, e outras. O revestimento dos grânulos de fertilizantes com polímeros, como o Policote é uma das alternativas para aumento da eficiência dos adubos nitrogenados. Pesquisas recentes mostraram que o recobrimento da ureia com polímeros reduz perdas de N por volatilização e aumenta a eficiência na utilização do N pela cultura do milho (Pereira et al., 2009). Estudos constatando o aumento da eficiência agronômica da ureia revestida com Policote foram observados por vários pesquisadores (Santini et al., 2009; Cobucci et al., 2010; Costa et al., 2011; Zanão et al., 2011; Arf et al, 2012). Esse aumento da eficiência pode ser explicado, pela redução da volatilização (Kaneko et al., 2012) e da nitrificação (Miyazawa & Tiski, 2011). O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de plantas de milho adubadas com ureia revestida com Policote e fertilizantes de liberação lenta/controlada.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em casa-de-vegetação, no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em Londrina/PR, utilizando amostras de solo com os atributos descritos na **tabela 1**. O solo foi corrigido com a aplicação de 2,5 g de calcário dolomítico/kg de solo em 06/05/2014, e foi umedecido após a aplicação do corretivo. A unidade experimental foi formada por vaso com capacidade de 4,0 kg de solo. O experimento, conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições, teve seis diferentes fontes de adubo nitrogenado além de um tratamento sem nitrogênio (**Tabela 2**). Foram adicionados na unidade experimental 1.500 mg de P_2O_5 e 500 mg de K_2O /kg de solo, utilizando supertríplo e KCl, como fontes. Foi semeado milho híbrido ADV 9275 (22/09/14), com manutenção da umidade da parcela experimental. Após cinco dias da emergência foi realizado o desbaste, deixando-se três plantas/vaso, seguida da aplicação semanal de solução de potássio e micronutrientes segundo recomendação de Waugh & Fitts (1966). Quando as plantas estavam com quatro folhas totalmente desenvolvidas foram aplicados os fertilizantes sobre superfície úmida do solo, dose de 160 mg N/kg de solo e suspensa a irrigação por 5 dias. A rega foi retomada até os 42 dias após a emergência das plantas (DAE), quando o experimento foi colhido.



Avaliou-se a matéria seca o teor e o acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas. A determinação de matéria seca foi realizada com secagem do tecido vegetal em estufa, com circulação forçada de ar, a 60°C, com posterior pesagem. Na matéria seca da parte aérea foram determinados os teores de nitrogênio, após digestão com ácido sulfúrico; a determinação foi feita por espectrofotometria azul de salicilato (Miyazawa, et al., 1992). Com os dados de produção e teor de N na matéria seca foram calculados os acúmulos deste nutriente na parte aérea das plantas. Foram calculados índices de eficiência agrônômica (IEA), utilizando a equação descrita por Fageria (2005). As variáveis dependentes foram submetidas à análise de variância e teste de contrastes, conforme abaixo:

a. Resposta à adubação nitrogenada

$$\hat{C}_1 = 5T_6 - (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5)$$

b. Comparação entre ureia revestida com Policote e fertilizantes de liberação lenta-controlada

$$\hat{C}_2 = 4T_5 - (T_1 + T_2 + T_3 + T_4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **tabela 3** apresenta-se as médias e a análise estatística para os tratamentos estudados. Todas as características avaliadas foram significativamente influenciadas pelos tratamentos, aumentando com a adubação nitrogenada. Esses resultados indicam que as fontes de nitrogênio, aos 42 dias após a emergência do milho, liberaram o nutriente e aumentaram os atributos avaliados da planta, mesmo aquelas de liberação lenta ou controlada. A ureia revestida por Policote apresentou médias de altura de plantas (ALT), matéria seca (MS), teor (TN) e acúmulo (AcN) de nitrogênio e índice de eficiência agrônômica (IEA) maiores que aquelas observadas no grupo de fertilizantes de liberação lenta-controlada (**Tabela 4**). Portanto, essa fonte disponibilizou mais prontamente o nitrogênio que as demais fontes avaliadas. Em relação ao TN, a ureia revestida com Policote apresentou maior média que as demais fontes, exceto em relação ao Produco 39. As médias de MS observadas neste trabalho foram superiores às encontradas por Miyazawa et al. (2012), que foi de 8,97 g/pl em plantas de milho cortadas aos 44 DAE e adubadas com 62,5 mg N/kg e inferiores às encontradas por Villas Boas et al (2005), que foi de 100 g/pl em plantas cortadas aos 66 DAE e adubadas com 100 mg N/dm³. As médias de TN observadas neste trabalho foram superiores às encontradas por Costa et al (2012), que foi de 5,39 g/kg em plantas de milho cortadas aos 45 DAE e adubadas com 62,5 mg N/kg. As médias de AcN observadas neste trabalho foram superiores às encontradas por Costa et al (2012), que foi de 83,9 mg/pl em plantas de milho cortadas aos 45 DAE e adubadas com 62,5 mg N/kg. A eficiência do fertilizante estabilizado foi superior às demais fontes de nitrogênio avaliadas. Portanto, além de acumular maior quantidade de N na planta seu efeito proporcionou a maior produção de massa seca

da parte aérea por unidade de nutriente absorvido. Nas condições de avaliação do experimento, o fertilizante estabilizado apresentou melhor compatibilidade entre o fornecimento de nitrogênio por essa fonte e a demanda de nitrogênio pelas plantas de milho. As **Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6** ilustram as médias de ALT, DC, MS, TN, AcN e IEA entre as fontes de nitrogênio.

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada aumentou a altura de planta, diâmetro de colmo, produção de matéria seca, teor e acúmulo de N na parte aérea.

Houve aumento de 18,7% na altura das plantas, 7,5% no diâmetro de colmo, 17,1% na produção de matéria seca, 17,1% no teor e 40,5% no acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas e 70% no índice de eficiência agrônômica do nitrogênio quando o fertilizante nitrogenado foi a ureia revestida com Policote em relação a média obtida com os fertilizantes de liberação lenta-controlada.

REFERÊNCIAS

- ARF, M.V.; REIS JR, R. A.; PEREIRA, L. R. Adubação nitrogenada com ureia revestida por Policote na cultura do algodão. In: FERTBIO, 2012, Maceió. Anais... Maceió: SBCS, 2012. CD-ROM.
- COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; REIS JR, R. A.; LIMA, D. A. P.; SILVA, B. T. Eficiência do uso do nitrogênio pelo arroz de terras altas. In: FERTBIO, 2010, Guarapari. Anais... Guarapari: SBCS, 2010. CD-ROM.
- COSTA, A.; MIYAZAWA, M. & TISKI, I. Respostas da cultura do milho à adubação com ureia revestida com Policote. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2011. Anais... Uberlândia: SBCS, 2011. CD-ROM.
- COSTA, A.; MIYAZAWA, M.; REIS JR, R. A.; TISKI, I. Crescimento e estado nutricional da cultura do milho sob diferentes fontes e modos de aplicação de nitrogênio. In: FERTBIO, 2012, Maceió. Anais... Maceió: SBCS, 2012. CD-ROM.
- FAGERIA, N. K. Soil fertility and plant nutrition research under controlled conditions: basic principles and methodology. Journal of plant nutrition, 28: 1975 – 1999. 2005.
- FRENEY, J. R.; KEERTHISINGHE, D. G.; CHAIWANAKUPT, P. et al. Use of urease inhibitors to reduce ammonia loss following application of urea to flooded rice fields. Plant and Soil, 155/156: 371-373, 1993.
- KANEKO, H. F.; ARF, O.; LEAL, A. J. F. et al. Efeito da ureia e ureia revestida com polímero na volatilização da amônia em duas regiões do cerrado. In: FERTBIO, 2012, Maceió. Anais... Maceió: SBCS, 2012. CD-ROM.
- LARA CABEZAS, W. A. R. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, p. 363–376, 2000.
- MIYAZAWA, M. & TISKI, I. Teores de N-NH₄⁺ no solo em função de fontes nitrogenadas: ureia e ureia revestida por Policote. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia: SBCS, 2011. CD-ROM.
- MIYAZAWA, M., PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. Análise química de tecido vegetal. IAPAR, Londrina, Circular 74, 17p, 1992.
- MIYAZAWA, M.; COSTA, A.; REIS JR, R. A.; TISKI, I.; PEREIRA, L. Eficiência da adubação Nitrogenada com ureia



revestida por polímero na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012. Anais. Águas de Lindóia: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. CD-ROM
PEREIRA, H. S.; LEÃO, A. F.; VERGINASSI, A. et al. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1685-1694, 2009.
SANTINI, J. M. K.; PERIN, A.; GAZOLLA, P. R. et al. Produtividade de milho submetido à aplicação de ureia revestida por polímeros. In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2009. Fortaleza, SBCS. 2009. p. 323.
TRENKEL, M. E. Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture. IFA, Paris. 1997. 151 p.

VILLAS BOAS, R. L.; BOARETO, A. E.; GODOY, L. J. G.; FERNANDES, D. M. Recuperação de nitrogênio da mistura de ureia e sulfato de amônio por plantas de milho. Bragantia, 64(2): 263-272, 2005.
WAUGH, D. C.; FITTS, J. W. Estudos para interpretação de análises de solo, de laboratório e em vasos. Raleigh: International Soil Testing, 1966. 33p (Boletim técnico).
ZANÃO JÚNIOR, L. A.; DALCHIAVON, F.; ZAGATTO, M. R. G. et al. Eficiência agrônômica do revestimento da uréia com polímero aplicada em cobertura na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2011. Anais... Uberlândia: SBCS, 2011. CD- ROM.

Tabela 1 – Atributos químicos e físicos do solo.

| K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | H+Al | Al ⁺ | S.B | T |
|---------------------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|-------|-------|
| -----mmol/dm ³ ----- | | | | | | |
| 0,20 | 6,40 | 1,68 | 3,68 | 0,00 | 8,28 | 11,96 |
| pH | V | M.O | P | Argila | Silte | Areia |
| | | % | g/dm ³ | ----- g/kg ----- | | |
| 5,7 | 69,2 | 10,12 | 4,4 | 780 | 140 | 80 |

Extratores: P-K → Mehlichl. Ca-Mg-Al → KCl 1M. pH → CaCl₂. M.O. → Walkley-Black

Tabela 2 – Tratamentos avaliados no experimento.

| Tratamento | Fonte | Teor de N | Obs |
|------------|------------------------------|-----------|--|
| 1 | Triabon (16-08-12) | 16% | Fertilizante de Liberação Lenta-Controlada |
| 2 | Producote 37 (37-00-00) | 37% | Fertilizante de Liberação Lenta-Controlada |
| 3 | Producote 39 (39-00-00) | 39% | Fertilizante de Liberação Lenta-Controlada |
| 4 | Endurene (30-11-00) | 30% | Fertilizante de Liberação Lenta-Controlada |
| 5 | Ureia revestida com Policote | 41% | Fertilizante Estabilizado |
| 6 | Controle | - | - |

Tabela 3 – Médias, coeficientes de variação e resultados do teste F para altura de plantas (ALT), diâmetro de colmo (DC), matéria seca (MS), teor (TN) e acúmulo (AcN) de nitrogênio na parte aérea de milho e índice de eficiência agrônômica (IEA) e para os contrastes estabelecidos..

| | | ALT (cm) | DC (cm) | MS (g/pl) | TN (g/kg) | AcN (mg/pl) | IEA (g MS/mg N) |
|---------|--------------------|----------|--------------------|-----------|-----------|-------------|-------------------|
| Médias | Triabon | 75,83 | 1,34 | 20,10 | 7,80 | 153,57 | 0,014 |
| | Producote 37 | 72,28 | 1,31 | 17,55 | 6,93 | 120,82 | 0,003 |
| | Producote 39 | 83,95 | 1,29 | 22,07 | 8,85 | 196,26 | 0,024 |
| | Endurene | 78,78 | 1,46 | 22,65 | 7,65 | 173,03 | 0,026 |
| | Ureia com Policote | 95,28 | 1,46 | 28,83 | 9,42 | 270,71 | 0,055 |
| | Controle | 71,00 | 1,22 | 17,02 | 6,36 | 108,55 | - |
| | Média Geral | 79,52 | 1,35 | 21,37 | 7,84 | 170,5 | 0,024 |
| CV(%) | | 7,88 | 6,95 | 13,8 | 8,12 | 12,0 | 78,3 |
| Valor F | Tratamentos | 6,22** | 3,01 ^Δ | 6,36** | 9,72** | 24,9** | 3,14 ^Δ |
| | \hat{C}_1 | 6,66* | 6,24* | 7,78* | 19,3** | 33,1** | 4,08 ^Δ |
| | \hat{C}_2 | 18,9** | 3,11 ^{ns} | 18,5** | 15,3** | 63,4** | 4,96* |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^Δ significativo a 10% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Tabela 4 – Médias de altura de plantas (ALT), diâmetro de colmo (DC), matéria seca da parte aérea (MS), teor (TN) e acúmulo (AcN) de nitrogênio na parte aérea das plantas e índice de eficiência agrônômica do nitrogênio (IEA) das fontes de nitrogênio, bem como contrastes comparando a média da ureia revestida com Policote com as médias das demais fontes de nitrogênio.

| | ALT (cm) | DC (cm) | MS (g/pl) | TN (g/kg) | AcN (mg/pl) | IEA (g MS/mg N) |
|------------------------------|----------|--------------------|-----------|--------------------|-------------|-------------------|
| Ureia revestida com Policote | 95,28 | 1,46 | 28,83 | 9,42 | 270,71 | 0,055 |
| Triabon | 75,83 | 1,34 | 20,10 | 7,80 | 153,57 | 0,014 |
| Contraste | 14,4** | 2,20 ^{ns} | 13,0** | 9,69** | 49,4** | 6,82* |
| Producote 37 | 72,28 | 1,31 | 17,55 | 6,93 | 120,82 | 0,003 |
| Contraste | 20,2** | 3,68 ^{ns} | 21,7** | 22,9** | 80,8** | 11,4** |
| Producote 39 | 83,95 | 1,29 | 22,07 | 8,85 | 196,26 | 0,024 |
| Contraste | 4,91* | 4,75* | 7,81* | 1,19 ^{ns} | 19,9** | 4,09 ^Δ |
| Endurene | 78,78 | 1,46 | 22,65 | 7,65 | 173,03 | 0,026 |

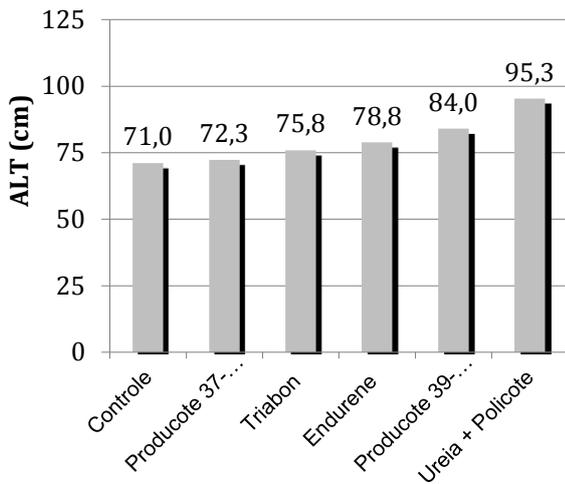


Figura 1 – Médias de altura de plantas (ALT) entre as fontes de fertilizantes.

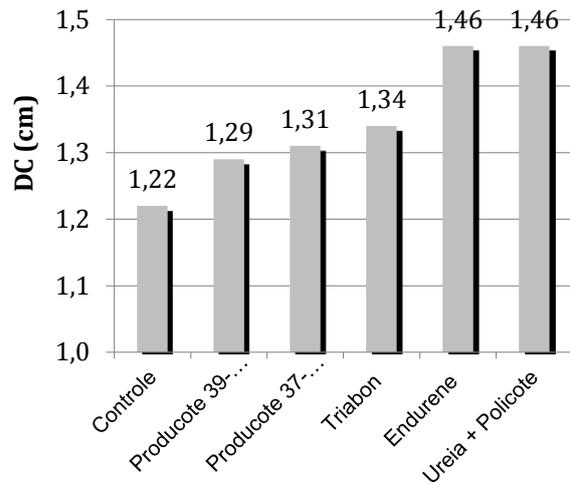


Figura 2 – Médias de diâmetro de colmo (DC) entre as fontes de fertilizantes.

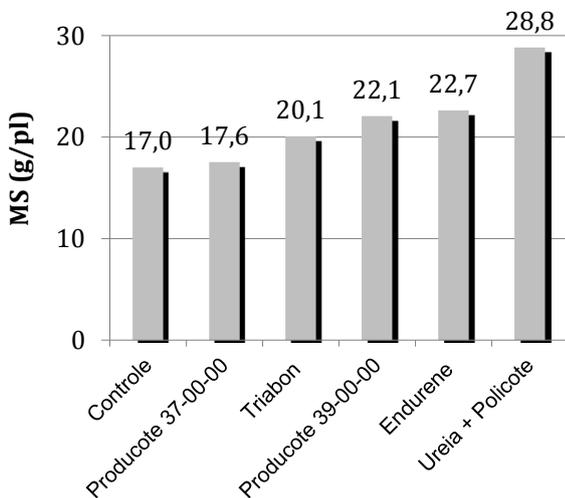


Figura 3 – Médias de matéria seca de plantas (MS) entre as fontes de fertilizantes.

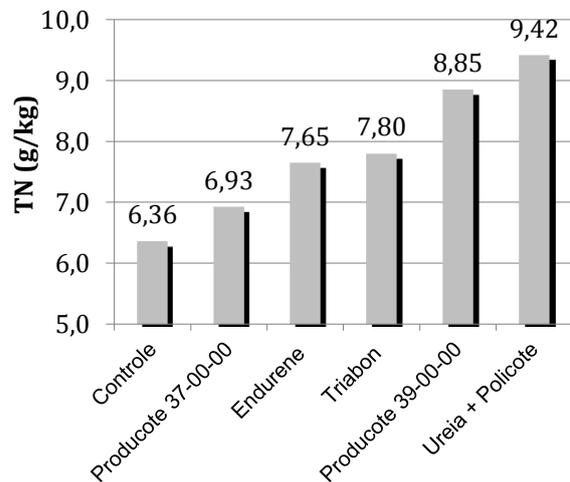


Figura 4 – Médias de teor de nitrogênio (TN) na parte aérea das plantas entre as fontes de fertilizantes.

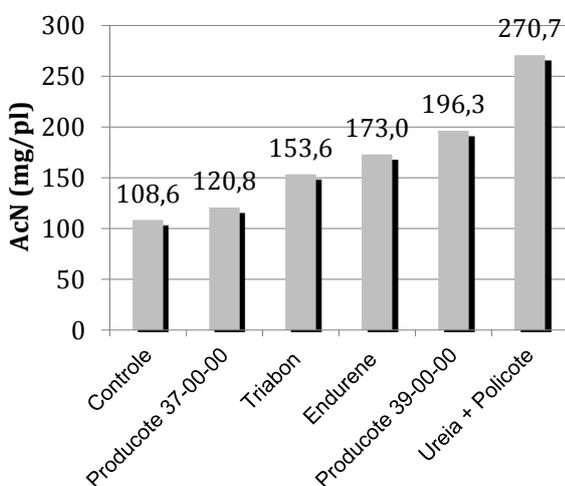


Figura 5 – Médias de acúmulo de N na parte aérea (AcN) entre as fontes de fertilizantes.

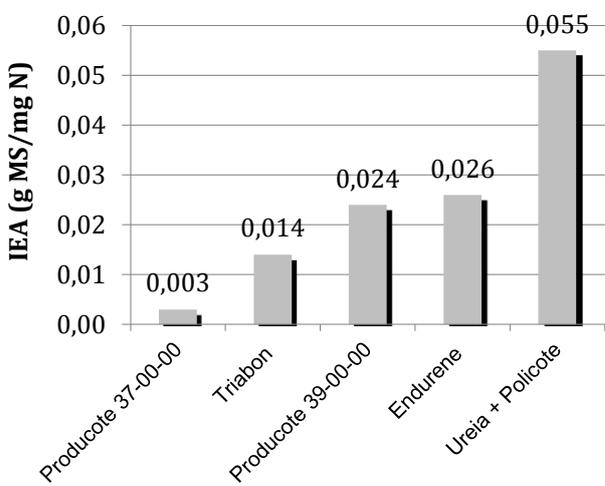


Figura 6 – Médias de índice de eficiência agrônômica (IEA) na parte aérea das plantas entre as fontes de fertilizantes.