

## DIAGNOSE FOLIAR DE TRIGO CULTIVADO COM COMPOSTO ORGÂNICO DE LODO E FERTIRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA<sup>1</sup>

Ana Carolina Barbosa Kummer<sup>1 2</sup>, Helio Grassi Filho<sup>3</sup>, Thomaz Figueiredo Lobo<sup>4</sup>, Caceia Furlan Maggi<sup>5</sup>

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo avaliar o estado nutricional de plantas de trigo submetidas à adubação com composto orgânico de lodo de esgoto e fertirrigadas com água residuária oriunda de estação de tratamento de esgotos. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo de parcelas subdivididas, com 10 repetições. Utilizaram-se nas parcelas 2 tipos de água para irrigação: água potável (AP) e água residuária (AR), e nas subparcelas sete níveis de adubação nitrogenada: T0, sem adubação nitrogenada; T1, 80 kg ha<sup>-1</sup> de N via ureia; T2, 40 kg ha<sup>-1</sup> de N via ureia + 40 kg ha<sup>-1</sup> de N via Composto Orgânico de Lodo (COL); T3, T4, T5 e T6 corresponderam à 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N via COL, respectivamente. As quantidades de N absorvidas pela cultura do trigo foram significativamente maiores à medida que se aumentou a quantidade de composto orgânico de lodo aplicado ao solo. A fertirrigação com água residuária de estação de tratamento de esgoto proporcionou incrementos significativos de N e K nos teores foliares de trigo.

**PALAVRAS-CHAVE:** fertilização orgânica, lodo de esgoto, efluente, irrigação.

## FOLIAR ANALYSIS OF WHEAT CULTIVATED WITH SLUDGE ORGANIC COMPOST AND FERTIRRIGATED WITH WASTEWATER

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the nutritional status of wheat plants submitted to fertilization with organic sewage sludge compost and fertirrigated with wastewater from a sewage treatment plant. We used the completely randomized design in a

<sup>1</sup> Trabalho extraído de tese de doutorado.

<sup>2</sup> Profa. Doutora, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Campus Irati, Rodovia PR 153, Km 7 s/n, Riozinho, CEP:84.500-000, Irati, PR. Fone: (42) 3421-3014. E-mail: ackummer@unicentro.br.

<sup>3</sup> Prof. Titular, Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", UNESP, Botucatu, SP.

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Universidade do Sagrado Coração, USC, Bauru, SP.

<sup>5</sup> Profa. Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS, Laranjeiras do Sul, PR.

split plot, with 10 replicates. Two types of irrigation water were used in the plots: drinking water (DW) and wastewater (WW), and in the subplots seven levels of nitrogen fertilization: T0, without nitrogen fertilization; T1, 80 kg ha<sup>-1</sup> of N of urea; T2, 40 kg ha<sup>-1</sup> of N of urea + 40 kg ha<sup>-1</sup> of N of Organic Compost Sludge (OCS); T3, T4, T5 and T6 corresponded to 80, 120, 160 and 200 kg ha<sup>-1</sup> of N of OCS, respectively. The amounts of N absorbed by the wheat crop were significantly higher as the amount of organic sludge applied to the soil was increased. Fertigation with wastewater from a sewage treatment plant provided significant increases of N and K in wheat leaf contents.

**KEYWORDS:** organic fertilization, sewage sludge, effluent, irrigation.

## INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma planta da família das gramíneas e foi uma das primeiras espécies a serem cultivadas pelo homem, estando associada ao desenvolvimento da civilização ocidental e da agricultura moderna (FORNASIERI FILHO, 2008). Segundo dados da Embrapa (2013), a produção anual brasileira de trigo oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas, com consumo anual mantendo-se em torno de 10 milhões de toneladas. No Brasil, o cultivo está concentrado na região Sul, principalmente nos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul com a finalidade de produção de grãos (INFORMAÇÕES..., 2011). Entretanto, vem sendo introduzido paulatinamente em outros estados, com destaque para a região do cerrado, sob irrigação ou sequeiro (EMBRAPA, 2013). Assim, diferentes regiões apresentam características químicas, físicas e biológicas do solo distintas, influenciando na disponibilidade de água e de nutrientes, fazendo com que a cultura seja estudada intensivamente sob diversos aspectos, inclusive de manejo de solo e adubação.

Sendo o N o elemento mais exigido pela cultura do trigo, apresentando dinâmica complexa no solo e podendo ser perdido por lixiviação e por volatilização (TEIXEIRA FILHO, et al., 2008) muitos trabalhos tem sido desenvolvidos objetivando avaliar a produtividade do trigo em função de diferentes doses de N e tipos de adubação (ESPÍNDULA et al., 2010; MARTINI JUNIOR et al., 2011; KUMMER et al., 2018). Nessa perspectiva, o diagnóstico do estado nutricional da cultura é de fundamental importância para avaliar a resposta das plantas à adubação do solo, com possibilidade de intervenção de maneira que não haja prejuízos à produção, seja pela falta ou pelo excesso de nutrientes.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o estado nutricional, por meio de diagnose foliar de macronutrientes, de plantas de trigo submetidas à adubação com composto orgânico de lodo de esgoto e fertirrigadas com água residuária oriunda de estação de tratamento de esgotos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em vasos (43L) dispostos em estufa agrícola, no Departamento de Solos e Recursos Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu/SP. A região encontra-se entre as coordenadas 22°52'55" de latitude Sul e 48°26'22" de longitude Oeste, a 789 m de altitude (CUNHA; MARTINS, 2009).

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo de parcelas subdivididas, com 10 repetições por tratamento. Utilizaram-se nas parcelas 2 tipos de água para irrigação: água potável (AP) e água residuária (AR), e nas subparcelas 7 níveis de adubação baseadas na quantidade de N disponível: T0, sem adubação nitrogenada; T1, 80 kg ha<sup>-1</sup> de N via ureia; T2, 40 kg ha<sup>-1</sup> de N via ureia + 40 kg ha<sup>-1</sup> de N via Composto Orgânico de Lodo (COL); T3, T4, T5 e T6 corresponderam à 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N via COL, respectivamente.

Utilizou-se a cultivar de trigo CD150, de porte baixo, com altura média de planta de 68 cm. A semeadura ocorreu em maio/2012, a partir da terceira aplicação de Composto Orgânico de Lodo (COL) no solo dos vasos, uma vez que os mesmos já vinham sendo trabalhados com COL na forma de adubação de cobertura e água residuária (AR) para fertirrigação há um ano, conforme delineamento experimental. Utilizaram-se 30 sementes por vaso, restando 24 plantas por vaso após o desbaste.

O Composto Orgânico de Lodo (COL) utilizado neste experimento foi resultante do processo de compostagem termofílica da mistura do lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgotos – ETE de Jundiaí/SP com restos de podas urbanas, bagaço de cana de açúcar e casca de eucalipto.

Para a fertirrigação utilizou-se água residuária (AR) proveniente da saída da Estação de Tratamento de Esgotos de Botucatu/SP. Um reservatório de fibra de vidro com capacidade para 1000L, fixado no exterior do ambiente protegido, foi utilizado para o armazenamento da AR, que semanalmente era reabastecido. A água potável foi oriunda do sistema de

abastecimento público do município de Botucatu/SP. A mesma era reservada em caixa d'água com capacidade de 500L, disposta no interior do ambiente protegido. O reabastecimento desse reservatório era realizado de forma automática, de acordo com o volume utilizado na irrigação.

Adotou-se a irrigação localizada por gotejamento, com dois sistemas independentes, uma para cada parcela experimental. A distribuição de água às plantas foi efetuada de maneira a repor a quantidade de água utilizada pelas plantas devido à evapotranspiração da cultura, estimada diariamente a partir da evaporação da água do Tanque Classe A, instalado na parte central do ambiente protegido.

Por ocasião do início da floração do trigo, realizou-se a diagnose foliar com coleta da folha bandeira de 3 plantas de cada unidade experimental (vaso), perfazendo uma amostra composta de 30 folhas por tratamento. As amostras foram mantidas em estufa com ventilação forçada de ar a 65°C até peso constante. Em triplicata, foram determinados os elementos químicos do tecido vegetal: N, P, K e Ca, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância à 5% e as médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 1 são apresentados os resultados médios dos teores dos macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca), encontrados na análise química das folhas de trigo em função da adubação com composto orgânico de lodo (COL) e irrigação com água residuária (AR) e potável (AP).

Os teores médios de N, P e K nas folhas de trigo apresentaram diferença estatística em função dos níveis de adubação nitrogenada, fonte de fertilizante (orgânico e mineral) e irrigação com AP e AR, apresentando interação significativa entre parcela e subparcela. A variação no teor de Ca nas folhas de trigo em função dos níveis de adubação foi independente do tipo de água utilizada na irrigação.

A média de 29,0 g kg<sup>-1</sup> de N encontrado no T0 da parcela irrigada com AP, está na faixa considerada adequada por Cantarella et al. (1997) (20 a 34 g kg<sup>-1</sup>), enquanto que os demais tratamentos apresentaram teores acima dos considerados adequados (Tabela 1). Esses resultados assemelham-se aos de Lobo (2010) que estudando as culturas de trigo e triticales, também encontrou teores foliares elevados de N em função do uso de lodo de esgoto. O autor

atribuiu o aumento desses valores ao fato de que a cultura que antecedia o triticale era o feijão, com relação C/N baixa em sua palha, o que provavelmente facilitou a mineralização do N do feijão para o triticale.

**Tabela 1.** Teor foliar de macronutrientes em folhas de trigo: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca).

| Tipo de Água   | Tratamentos |           |           |           |           |           |           | Médias |
|--|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
|  | T0          | T1        | T2        | T3        | T4        | T5        | T6        |        |
| <b>N (g kg<sup>-1</sup>)</b>                           |             |           |           |           |           |           |           |        |
| AP   | 29,00 Be    | 38,67 Bd  | 39,33 Bcd | 38,33 Bd  | 40,33 Abc | 41,33 Bab | 42,00 Ba  | -      |
| AR   | 39,67 Ac    | 42,00 Aab | 43,33 Aa  | 42,33 Aab | 41,00 Abc | 43,00 Aa  | 41,00 Abc | -      |
| CV1(%) = 0,77; CV2(%) = 1,52; DMS1 = 0,81; DMS2 = 1,50 |             |           |           |           |           |           |           |        |
| <b>P (g kg<sup>-1</sup>)</b>                           |             |           |           |           |           |           |           |        |
| AP   | 1,63 Bf     | 2,10 Be   | 2,20 Bd   | 2,37 Bc   | 3,10 Aa   | 3,00 Ab   | 3,00 Ab   | -      |
| AR   | 2,57 Abc    | 2,40 Aad  | 2,70 Ba   | 2,50 Ac   | 2,60 Bb   | 2,63 Bab  | 2,63 Bab  | -      |
| CV1(%) = 1,22; CV2(%) = 1,39; DMS1 = 0,06; DMS2 = 0,09 |             |           |           |           |           |           |           |        |
| <b>K (g kg<sup>-1</sup>)</b>                           |             |           |           |           |           |           |           |        |
| AP   | 14,33 Bcd   | 12,00 Be  | 10,00 Bf  | 15,00 Bc  | 16,00 Bb  | 13,66 Bd  | 17,33 Ba  | -      |
| AR   | 15,33 Ad    | 14,00 Ae  | 14,00 Ae  | 19,33 Ab  | 19,00 Ab  | 18,00 Ac  | 20,66 Aa  | -      |
| CV1(%) = 2,21; CV2(%) = 2,45; DMS1 = 0,63; DMS2 = 0,98 |             |           |           |           |           |           |           |        |
| <b>Ca (g kg<sup>-1</sup>)</b>                          |             |           |           |           |           |           |           |        |
| AP   | -           | -         | -         | -         | -         | -         | -         | 5,10 A |
| AR   | -           | -         | -         | -         | -         | -         | -         | 4,81 B |
| Médias   | 3,83 c      | 5,17 ab   | 5,67 a    | 5,00 b    | 5,00 b    | 5,00 b    | 5,00 b    |        |
| CV1(%) = 6,49; CV2(%) = 4,41; DMS3 = 0,19; DMS4 = 0,60 |             |           |           |           |           |           |           |        |

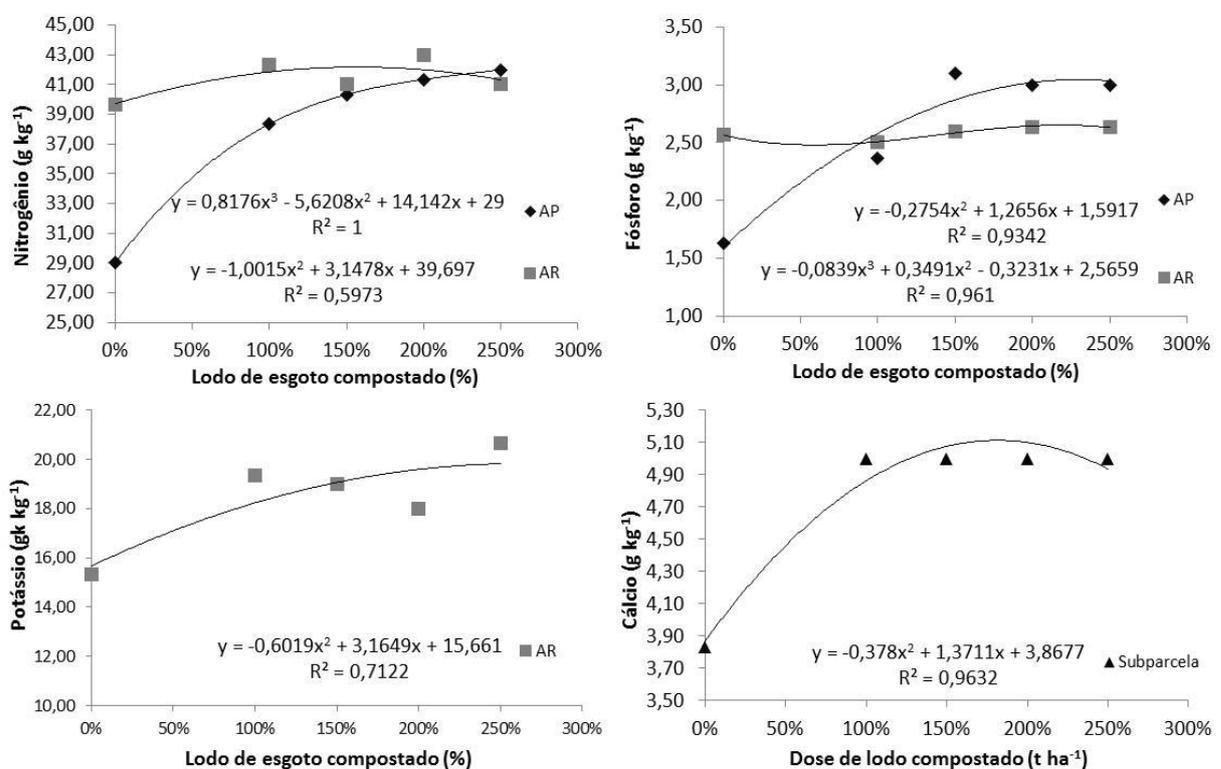
CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela; DMS1 = diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS2 = diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela; DMS3 e 4 = diferença mínima significativa da parcela e subparcela, respectivamente. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em geral, todos os tratamentos irrigados com AR apresentaram aumento no teor de N nas folhas de trigo, em comparação aos tratamentos irrigados com AP. Além disso, os tratamentos com lodo de esgoto apresentaram teores significativamente maiores que a testemunha (T0). Provavelmente o N contido tanto na AR quanto no COL foi prontamente mineralizado e absorvido pela cultura, talvez, devido à baixa relação C/N do composto utilizado nesse experimento (10/1). Nota-se que houve diferença significativa entre as parcelas nos tratamentos controle (T0), visto que a irrigação com AR proporcionou incremento no teor de N em folhas de trigo cerca de 36% maior em relação às médias do T0 da parcela irrigada com AP, demonstrando a contribuição da AR em termos de N.

As médias do teor foliar de N nos tratamentos T1, T2 e T3, tratamentos que foram adubados com a mesma quantidade de N por fontes diferentes, pouco diferiram entre si,

apresentando diferença estatística significativa entre parcela e subparcela, com maior acúmulo de N observado no T2 da parcela irrigada com AR.

Por meio da análise de regressão (Figura 1), observa-se que o aumento das doses do COL no solo implicou no aumento das quantidades de N absorvidas pela cultura, principalmente na irrigação com AP. Assim como neste estudo, Prando et al. (2012) encontraram aumento nos teores de N em folhas de trigo, em função de doses crescentes de N (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) tal qual como Lobo (2010) que observou acúmulo linear crescente de N em folhas de trigo e triticale em função do aumento de doses de lodo de esgoto no solo.



**Figura 1.** Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio no trigo, em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de composto orgânico de lodo no solo, equivalente à 0, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Nos teores foliares de P, as médias se enquadraram à faixa de valores considerados adequados por Cantarella et al. (1997) (2,1 a 3,3 g kg<sup>-1</sup>), exceto para o T0 da parcela irrigada com AP, indicando que houve deficiência de P nesse tratamento. Em comparação dos T0 entre as parcelas estudadas, é observado que a AR proporcionou incremento de P em folhas de trigo na ordem de 57% em relação às médias do T0 da parcela com AP. As médias dos T1, T2 e T3 variaram significativamente entre si, à medida que o uso do composto de lodo em substituição à adubação mineral (T3), conferiu melhores resultados, com maior acúmulo de P quando comparado aos tratamentos T1, apontando ainda, maior acúmulo nos tratamentos

irrigados com AR. Em estudo realizado por Lobo (2010), o autor concluiu que não houve relação significativa entre os teores P encontrados em folhas do triticales em função do aumento das doses de lodo.

Segundo a análise de regressão (Figura 1), os teores de P na parcela irrigada com AR não apresentaram grande variação em função dos níveis de adubação, enquanto que na parcela irrigada com AP houve aumento dos teores de P em função das doses crescente do COL no solo.

Para o K algumas médias não se ajustaram à faixa de valores considerada adequada por Cantarella et al. (1997) (15 a 30 g kg<sup>-1</sup>), apresentando deficiência desse elemento os tratamentos T0, T1, T2 e T5 da parcela irrigada com AP e os T1 e T2 da parcela irrigada com AR. Houve diferença significativa entre parcela e subparcela, com as maiores médias do acúmulo de K observadas com o uso da AR. Entre os tratamentos com a mesma quantidade de N por fontes diferentes, nota-se diferença significativa entre as médias, com maior acúmulo de K nos tratamentos onde foi utilizado 100% de composto de lodo em substituição à adubação nitrogenada convencional.

A análise de regressão não foi significativa para as médias da parcela irrigada com AP, apresentando, portanto, ajuste quadrático para as médias da parcela irrigada com AR, com incremento de K em folhas de trigo em função das doses crescentes de lodo de esgoto (Figura 1). Dessa forma, o maior acúmulo de K foi obtido nos tratamentos com as maiores doses do composto, apresentando valores de 17,33 e 20,66 g kg<sup>-1</sup>, nas parcelas irrigadas com AP e AR, respectivamente.

Os teores médios de Ca, nos diferentes tratamentos, estão dentro da faixa considerada adequada (2,5 a 10,0 g kg<sup>-1</sup>). O incremento de Ca com o uso de AP foi cerca de 6% maior do que com o uso de AR, independente dos níveis de adubação empregados. Esses resultados coincidem com os de Lobo (2010) que encontrou teores de Ca em folhas de triticales dentro da faixa considerada adequada, não apresentando diferença estatística em função do aumento de doses de lodo no solo.

A análise de regressão (Figura 1) foi significativa somente para os valores médios da subparcela, com ajuste quadrático, indicando aumento crescente nos teores de Ca até o intervalo de 150% e 200% de composto de lodo no solo.

## CONCLUSÕES

As quantidades de N absorvidas pela cultura do trigo foram significativamente maiores à medida que se aumentou a quantidade de composto orgânico de lodo aplicado ao solo.

A fertirrigação com água residuária de estação de tratamento de esgoto proporcionou incrementos significativos de N e K nos teores foliares de trigo.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos e ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem da FCA/UNESP, Botucatu-SP, pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C.E.O. Adubação de cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p.43-50. (IAC. Boletim técnico, 100).

CUNHA, A. R., MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, V. 14, n.1, p.1-11, janeiro-março, 2009.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Trigo**. Passo Fundo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Trigo. Disponível em <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/>>. Acesso em: 13 set. 2013a.

ESPINDULA, M. C. et al. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento da cultura do trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.6, p.1401-1411, Nov./dez., 2010a.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo**. Jaboticabal: Funep, 2008. 338p.

INFORMAÇÕES técnicas para trigo e triticale – safra 2012. V Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, Dourados, MS, 25 a 28 de julho de 2011. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 204p.

KUMMER, A.C.B.; GRASSI FILHO, H.; LIMA, R.A.S.; PUTTI, F.F. Parâmetros biométricos de trigo na terceira aplicação de lodo de esgoto compostado e irrigação com água residuária. *Holos Environment*, v.17, n.1, p.53-65, 2017.

LOBO, T. F. **Manejo de lodo de esgoto em rotações de culturas no sistema de plantio direto**. 198 f. 2010. Tese (Doutorado) – Agricultura, Universidade estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

MARTINI JUNIOR, P. C.; FERREIRA, D. T. L.; MOREIRA, G. C. Características agrônômicas da cultivar de trigo CD114 submetido à aplicação de adubação nitrogenada em cobertura. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.4, n.3, p.158-172, 2011.

PRANDO, A. M. et al. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agrônômico de genótipos de trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.2, p.621-632, 2012.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de trigo em resposta a população de plantas e a adubação nitrogenada. **Científica**, Jaboticabal, v.36, n.2, p.97-106, 2008.