



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO INFLUENCIADOS POR  
NITROGÊNIO E LÂMINAS DE ÁGUA NO DISTRITO FEDERAL**

**ANA PAULA MASSON BOSCHINI**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF**

**ABRIL/2010**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO INFLUENCIADOS POR  
NITROGÊNIO E LÂMINAS DE ÁGUA NO DISTRITO FEDERAL**

**ANA PAULA MASSON BOSCHINI**

**ORIENTADOR: CÍCERO LOPES DA SILVA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**PUBLICAÇÃO: 017/2010**

**BRASÍLIA/DF**  
**ABRIL/2010**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO INFLUENCIADOS POR  
NITROGÊNIO E LÂMINAS DE ÁGUA NO DISTRITO FEDERAL**

**ANA PAULA MASSON BOSCHINI**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

**APROVADA POR:**

---

**CÍCERO LOPES DA SILVA, Dr. (UnB)**

**ORIENTADOR      CPF: 261.510.306-72**

---

**CARLOS ALBERTO DA SILVA OLIVERIA, Ph.D (UnB)**

**EXAMINADOR INTERNO      CPF: 244.516.067-72**

---

**MARTHA ZAVARIZ DE MIRANDA, Dra. (Embrapa Trigo)**

**EXAMINADOR EXTERNO      CPF: 556.170.690-04**

**BRASÍLIA/DF, 08 de ABRIL de 2010.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Boschini, Ana Paula Masson

Produtividade e qualidade de grãos de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água no Distrito Federal / Ana Paula Masson Boschini; orientação de Dr. Cícero Lopes da Silva – Brasília, 2010.

44 p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2010.

1.Trigo. 2. Adubação Nitrogenada. 3. Irrigação. 4. Produtividade. I. Silva, C.L. da II. Dr.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BOSCHINI, A.P.M. **Produtividade e qualidade de grãos de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água no Distrito Federal**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2010, 55 p. Dissertação de Mestrado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ana Paula Masson Boschini

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Produtividade e qualidade de grãos de influenciados por nitrogênio e lâminas de água no Distrito Federal.

GRAU: Mestre ANO: 2010

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Ana Paula Masson Boschini

CPF 011396831-01

QI 14 conjunto L casa 26, Guará I

71015-120 - Brasília/DF - Brasil

(61) 3568-0023/9158-1755 anaboschini@yahoo.com.br

**Dedico à minha família e ao meu noivo,  
que sempre estiveram ao meu lado em  
todos os momentos. Em especial, à  
minha mãe, meu exemplo de vida.**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por ter me dado saúde, perseverança e oportunidade de aprendizagem diária.

Ao meu orientador Cícero Lopes da Silva, pela disposição e orientação.

Ao professor Carlos Alberto da Silva Oliveira, pelo apoio nas análises estatísticas.

Ao professor Marcelo Fagioli pela revisão final da dissertação.

Ao Engenheiro Agrônomo Manuel Pereira de Oliveira Júnior, pelo apoio fundamental durante a execução do experimento.

Aos funcionários da FAL, pela colaboração e dedicação, tornando possível a realização desse projeto.

Ao amigo Márcio, pelo apoio nas análises de laboratório, pela paciência e pela amizade.

À EMBRAPA TRIGO, pela realização das análises de qualidade do trigo, em especial à pesquisadora Martha Zavariz de Miranda, pela ajuda e cordialidade.

Às minhas grandes amigas Fabiana, Karuliny e Lídia, pelo apoio, pela ajuda, pelo companheirismo e, principalmente, pelos momentos agradáveis.

Aos meus pais, pela educação, apoio e compreensão. Por me impulsionarem a buscar sempre mais e me esforçar para isso. Por todo amor que dedicam a mim.

Aos meus irmãos Túlio e Fabiano, pelo companheirismo, pela ajuda e pelo conforto diante do medo e da ansiedade.

Ao meu noivo Luciano, pelos conselhos, pela ajuda, pelas cobranças, pelo carinho e, principalmente, pela segurança que me transmitia nos momentos mais difíceis.

A todos vocês a minha sincera gratidão.

## SUMÁRIO

RESUMO	Ix
ABSTRACT	X
1- INTRODUÇÃO GERAL	1
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1- Aspectos históricos e panorama do cultivo do trigo no Brasil	3
2.2- Qualidade do trigo	5
2.3- Produtividade de grãos e seus componentes	7
2.4- Nitrogênio e sua importância para o cultivo do trigo	7
2.5- Disponibilidade hídrica e o cultivo do trigo	10
2.6- Adubação nitrogenada, irrigação e o cultivo do trigo	11
3- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
CAPÍTULO ÚNICO	19
RESUMO	20
ABSTRACT	21
1- INTRODUÇÃO	22
2- MATERIAL E MÉTODOS	23
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4- CONCLUSÕES	35
5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXOS	39

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

**Al** – alumínio  
**Ca** – Cálcio  
**cmol<sub>c</sub>** – centimol carga  
**CTC** – capacidade de troca catiônica  
**dm<sup>3</sup>** – decímetro cúbico  
**F** – teste F  
**g** – grama  
**GL** – graus de liberdade  
**H + Al** – acidez potencial  
**ha** – hectare  
**K** – potássio  
**kg** – quilograma  
**kPa** – quilopascal  
**L** – lâmina de água  
**LVAd** – latossolo vermelho-amarelo distrófico  
**m** – metro  
**Mg** – magnésio  
**MH** – massa do hectolitro  
**ml** – mililitro  
**mm** – milímetro  
**MMG** – massa de mil grãos  
**MO** – matéria orgânica  
**N** – nitrogênio  
**Na** – sódio  
**NEE** – número de espiguetas por espiga  
**NG** – número de grãos por metro quadrado  
**NGE** – número de grãos por espiga  
**NGe** – número de grãos por espiguetas  
**NQ** – número de queda  
**NS** – não significativo  
**NV** – não válido  
**P** – fósforo  
**PB** – proteína bruta  
**pH** – potencial hidrogeniônico  
**PROD** – produtividade  
**SQM** – soma de quadrados médios  
**t** – tonelada  
**V** – saturação por bases  
**W** – energia de deformação da massa



# PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO INFLUENCIADOS POR NITROGÊNIO E LÂMINAS DE ÁGUA NO DISTRITO FEDERAL

Ana Paula Masson Boschini<sup>1</sup>, Cícero Lopes da Silva<sup>1</sup>, Carlos Alberto da Silva Oliveira<sup>1</sup>,  
Manuel Pereira de Oliveira Júnior<sup>1</sup>, Martha Zavariz de Miranda<sup>2</sup> Marcelo Fagioli<sup>1</sup>

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e a interação dos dois fatores sobre a produtividade e qualidade de grãos do trigo BRS 254, um experimento de campo foi instalado em Latossolo Vermelho-Amarelo, no ano de 2009. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas foram estabelecidas cinco doses de nitrogênio: 20, 50, 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> e, nas subparcelas, as lâminas de água: 120, 264, 342 e 392 mm. Variações na produtividade de grãos ocorreram em função das doses de nitrogênio em diferentes lâminas de água. Houve efeito significativo das lâminas de água e das doses de nitrogênio sobre o número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas, número de grãos por m<sup>2</sup> e massa de mil grãos, ao passo que o teor de proteína bruta foi influenciado significativamente pela interação dos dois fatores. O número de espiguetas por espiga, a massa do hectolitro, a energia de deformação da massa e o número de queda foram influenciados significativamente apenas pelas lâminas de água. A aplicação de lâminas de água menores do que 365 mm proporcionaram valores da massa do hectolitro abaixo de 78 kg hl<sup>-1</sup>. A aplicação de lâminas de água inferiores a 340 mm proporcionaram valores de número de queda abaixo de 250 s.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum*, adubação nitrogenada, irrigação

## **YIELD AND QUALITY OF THE WHEAT GRAINS INFLUENCED BY NITROGEN AND WATER DEPTHS IN THE FEDERAL DISTRICT**

A field experiment was introduced in a Red-Yellow Latossol in 2009 in order to assess the different effects of nitrogen fertilization and water depths, and their interaction over the grains yield and quality of wheat BRS 254. The experimental design was randomized block with subdivided plots and four replications. In the plots, the nitrogen doses were: 20, 50, 100, 200, and 400 kg ha<sup>-1</sup>; at the subplots the water depths were: 120, 264, 342 and 392 mm. Yield discrepancies resulted from nitrogen fertilization within different water depths. There was significant influence from the nitrogen fertilization and the water depths on the number of grains per spike, number of grains per spikelet, number of grains per m<sup>2</sup> and the mass of a thousand grains. The crude protein content was significantly influenced by the interaction of both factors. The number of spikelets per spike, the hectoliter weight, the strength of gluten and the falling number were exclusively influenced by water depth. The applying of water depths lower than 365 mm entailed hectoliter weight under 78 kg hl<sup>-1</sup>. The administration of water depths above 340 mm entailed falling numbers under 250 s.

**Key Words:** *Triticum aestivum*, nitrogen fertilization, irrigation

## 1- INTRODUÇÃO GERAL

Em todo o mundo, a planta de trigo é apontada como a segunda planta cultivada em produção de grãos, sendo superada apenas pelo milho. Com produção mundial de 689.945.712 toneladas, colhidas em 223.564.097 hectares em 2008 (FAO, 2009), o grão de trigo é produzido prioritariamente visando a alimentação humana, e o seu beneficiamento gera subprodutos, como o farelo de trigo, utilizados na alimentação animal.

Os grãos de trigo são de grande importância para o Brasil devido à crescente demanda da população brasileira por seus derivados. Na safra de 2008/2009 a área brasileira cultivada com trigo foi de 2.423.300 hectares, com produção de 6.015.600 toneladas de grãos e produtividade de 2482 kg ha<sup>-1</sup>. O Brasil teve consumo de 10.813.000 toneladas de grãos, importando 6.160.000 toneladas, ou seja, 57% do total do consumo (CONAB, 2009).

Segundo Mundstock (1999), a falta de incentivo à produção, a pequena área cultivada e as baixas produtividades são fatores decisivos para o déficit anual na produção brasileira de trigo. O grande desafio para a triticultura nacional é tirar o país da posição de grande importador e levá-lo à auto-suficiência no abastecimento desse cereal, sendo importante observar também o enfoque qualitativo.

A região do Brasil Central constitui comprovadamente uma alternativa para a expansão da área tritícola brasileira e, conseqüentemente, da produção brasileira. Segundo Roman (1994), a intensificação do plantio de trigo no Cerrado em sistemas de rotação de culturas poderá abrir espaço para o Brasil tornar-se um grande abastecedor do mercado internacional e também conquistar sustentabilidade técnica, ambiental e econômica na produção desse cereal.

Na região do Cerrado, o bom desempenho do cultivo de trigo vem sendo garantido pela adoção de modernas técnicas agropecuárias. Destacam-se, entre elas, o emprego da irrigação por aspersão, colheita mecanizada, novos genótipos de trigo com porte baixo, colmo forte, resistentes ao acamamento, e responsivos às adubações, principalmente à adubação nitrogenada (Mistro & Camargo, 2002).

Entre os nutrientes que influenciam o rendimento e a qualidade dos grãos de trigo, o nitrogênio é um dos mais absorvidos durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas. Por ser o nutriente responsável pelo crescimento vegetativo, o suprimento de nitrogênio reflete no índice de área foliar, na produção de gemas vegetativas, no perfilhamento e no teor de proteína dos grãos (Malavolta, 2006).

Vários estudos sobre o comportamento das cultivares de trigo em função da adubação nitrogenada foram conduzidos ao longo do tempo. Embora existam variações nas respostas às doses de nitrogênio de acordo com a cultivar, clima, solo e outros, a maioria dos resultados demonstraram que a aplicação do nitrogênio, mesmo em baixas doses, é sempre mais vantajosa em relação à produtividade do que sem a aplicação do nutriente (Vieira et al., 1995).

Aliada à adubação nitrogenada, a produtividade e a qualidade dos grãos se prendem à disponibilidade de água para a cultura. O déficit hídrico frequentemente limita o crescimento, o desenvolvimento e a reprodução, principalmente na região do Brasil-Central. Nesse caso, a irrigação torna-se prática indispensável para permitir o cultivo em época seca (Scalco et al., 2002).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e a interação desses dois fatores sobre a produtividade e a qualidade de grãos do trigo BRS 254.

## **2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1- Aspectos históricos e panorama do cultivo do trigo no Brasil**

O planta de trigo, como é conhecida hoje, originou-se do cruzamento de espécies silvestres de gramíneas que existiam nas proximidades dos rios Tigre e Eufrates, na Ásia, por volta de 15.000 a 10.000 a.C, sendo uma das primeiras plantas cultivadas (Silva et al., 1996). Desde os primórdios da agricultura no Sudoeste da Ásia, numa região montanhosa, árida, com elevada amplitude térmica e pouca precipitação, a história da humanidade e do cultivo de trigo estão interligadas (Castro & Kluge, 1999).

Os trigos primitivos tinham espigas muito frágeis, que quebravam com facilidade quando maduras e apresentavam sementes aderidas às pontas florais (IAPAR, 1999). Processos e mecanismos de hibridação e mutação naturais, além de seleções involuntárias ou não das civilizações primitivas, produziram variedades com inflorescências menos desagregáveis e aristas caducas, tendo sido essas mais fáceis de colher e disseminar tanto na natureza como, posteriormente, para cultivo (Fernandes, 1985).

No Brasil, a história do trigo teve início em 1534, quando as naus de Martim Afonso de Sousa trouxeram as primeiras sementes de trigo às terras da Capitania de São Vicente, de onde foram difundidas para outras capitanias (ABITRIGO, 2009). A cultura, todavia, somente adquiriu importância econômica em meados do século XVIII.

No século XIX, a abertura dos portos às nações amigas, a entrada de farinha de trigo americana no país, as epidemias de ferrugem, a falta de pagamento da farinha destinada às tropas imperiais e a falta de mão-de-obra foram alguns dos fatores que fizeram o plantio do trigo praticamente desaparecer do país (Queiroz, 2001). No século XX, ações governamentais reduziram a dependência pelo produto importado ao elevar a produção interna a níveis que garantiam o abastecimento de boa parte do mercado.

A retrospectiva da intervenção estatal no mercado de trigo tem como marco importante o ano de 1967, quando foi publicado o Decreto-Lei 210, em vigor até novembro de 1990, que regulamentou toda a política de produção, comercialização e industrialização do trigo no país. Em 1990, esse Decreto-Lei foi revogado e o Estado se afastou da normatização da produção e comercialização do trigo (Saab, 2005). O fim do controle estatal e a queda das barreiras tarifárias provocaram a reestruturação da indústria e a redução da produção, que durante décadas esteve calcada em programas de auto-suficiência, subsídio ao consumo, tabelamento de preços e monopólio governamental na comercialização (Café, 2003).

Na safra de 1994/1995, a produção foi capaz de suprir apenas 18,5% do total de trigo consumido no Brasil (Rossi & Neves, 2004), enquanto que em 1988 as importações de trigo chegaram a ser inferiores a 15% do consumo total (Queiroz, 2001), evidenciando, dessa forma, a instabilidade da produção de trigo no Brasil. A Tabela 1 apresenta o balanço entre produção e demanda de trigo entre as safras de 2003/2004 e 2008/2009 (CONAB, 2009). Entre 2003 e 2008, todas as safras evidenciaram percentual entre 48 e 76% de importação em relação à demanda, o que torna o Brasil dependente de países como Argentina, Canadá e EUA.

**Tabela 1.** Balanço entre produção, consumo e importação de trigo no Brasil (mil toneladas)

Safra	Produção	Consumo	Importação	Importação ( % do Consumo)
2003/2004	6073,5	9947,0	5707,5	57,4
2004/2005	5845,9	10196,0	5311,0	47,9
2005/2006	4873,1	10683,7	6266,1	58,6
2006/2007	2233,1	10260,7	7809,9	76,1
2007/2008	4097,1	10381,0	6895,7	66,4
2008/2009	6015,6	10813,0	6160,3	57,0

Fonte: Elaborado a partir de CONAB (2009)

A falta de incentivo à produção, a pequena área cultivada e os baixos tetos de produtividade são fatores que contribuem para o déficit anual na produção brasileira de trigo (Mundstock, 1999). Entretanto, a cultura do trigo no Brasil vem alcançando, a cada dia, maior importância frente aos países produtores e exportadores, alicerçada nos ganhos de produtividade, na rentabilidade e na melhoria da qualidade industrial (EMBRAPA, 2001).

Segundo Silva et al. (1996), a área tritícola no Brasil é dividida em três regiões, conforme características climáticas, cultivares e sistemas de produção: Sul, Centro Sul e Brasil Central. Os Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul são responsáveis por cerca de 90% da produção brasileira de grãos de trigo. Embora a produção em outros estados ainda seja discreta quando comparada com os outros dois grandes produtores, observa-se acentuado crescimento da produção no Cerrado.

A expansão do cultivo de trigo para a região do Brasil Central foi possível, principalmente, devido à implantação de lavouras irrigadas e ao desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas da região, com porte mais baixo e mais tolerantes às doenças. Reconhece-se todo o trabalho de pesquisa e hoje se produz trigo no Cerrado com qualidade comparável ao canadense e produtividade similar ao cereal francês (AGRIANUAL, 2005).

## 2.2- Qualidade dos grãos de trigo

A qualidade do grão de trigo pode ser definida como resultado da interação que a planta sofre no campo, pelo efeito das condições de solo, de clima, da incidência de pragas e moléstias, manejo da cultura, da cultivar, bem como das operações de colheita, secagem, armazenamento, moagem e, por fim, do uso industrial a ser dado à farinha (Pomeranz, 1987).

No Brasil, a Instrução Normativa n° 7 de 2001, legislação em vigor em abril de 2010, (Brasil, 2001) estabelece as características de identidade e qualidade do trigo, estabelecendo o seu enquadramento em classes e tipos. As classes são as seguintes: Trigo Brando, Trigo Pão, Trigo Melhorador, Trigo para outros usos e Trigo Durum, definidas em função das determinações analíticas de Alveografia (Energia de Deformação da Massa) e Número de Queda ou *Falling Number*, conforme a Tabela 2. Os tipos 1, 2 e 3 são definidos em função do limite mínimo da massa do hectolitro e dos limites máximos do teor de água e dos percentuais de matérias estranhas, impurezas e grãos avariados (Tabela 3).

**Tabela 2.** Classes de trigo definidas em função dos valores mínimos de energia de deformação da massa e de número de queda, segundo Instrução Normativa n° 7 de 2001 do MAPA

Classe	Valor Mínimo da Energia de Deformação da Massa ( $10^{-4}$ J)*	Valor Mínimo do Número de Queda (segundos)
Trigo Brando	50	200
Trigo Pão	180	200
Trigo Melhorador	300	250
Trigo para outros usos	Qualquer	< 200
Trigo Durum	Não determinado	250

\* Força de glúten é a denominação que consta na referida legislação

**Tabela 3.** Tipos de trigo definidos em função do limite mínimo da massa do hectolitro (MH) e dos limites máximos do teor de água e dos percentuais de matérias estranhas, impurezas e grãos variados, segundo Instrução Normativa n° 7 de 2001 do MAPA

Tipos	MH* (kg/hl)	Teor de Água (%)**	Matérias Estranhas e Impurezas (%)		Grãos Avariados (%)	
				Danificados por insetos	Danificados pelo calor, mofados e ardidos	Chochos, Triguilho e Quebrados
1	78	13	1,00	0,50	0,50	1,50
2	75	14	1,50	1,00	1,00	2,50
3	70	13	2,00	1,50	2,00	5,00

\* Peso do hectolitro é a denominação que consta na referida legislação

\*\* Umidade é a denominação utilizada que consta na referida legislação

A alveografia é um teste reológico para a determinação de características físicas da farinha. Nesse teste é preparada uma massa com farinha de trigo e solução de cloreto de

sódio, seguindo procedimento padronizado de mistura e preparo. Com a massa é feito um pequeno disco de espessura e circunferência uniforme e, posteriormente, é inflada, sob pressão constante, uma quantidade de ar suficiente para a extensão total e ruptura da bolha de massa formada (Faridi, 1985).

As características viscoelásticas da farinha de trigo podem ser avaliadas por diferentes parâmetros da alveografia. A energia de deformação da massa (W) corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura, expressa em  $10^{-4}$  J. A tenacidade (P) mede a sobrepressão máxima exercida na expansão da massa, expressa em mm, e corresponde a uma medida da capacidade de absorção de água da farinha. A extensibilidade da massa (L), também expressa em mm, representa a capacidade de extensão da massa, sem que ela se rompa e é usada para prever o volume do pão (Modenes et al., 2009). Deve existir uma proporcionalidade dos valores P e L (relação P/L) para, associados ao valor de W, expressarem um bom potencial de panificação (Chen & D'Appolonia, 1985).

O teste de número de queda (Falling Number) tem por finalidade verificar a atividade da enzima  $\alpha$ -amilase no grão de trigo, sendo o resultado expresso em segundos. Altos valores indicam baixa atividade dessa enzima, enquanto que baixos valores indicam alta atividade, situação que comumente resulta do processo de germinação da espiga (Modenes et al., 2009). Nessa situação, a alta atividade da enzima  $\alpha$ -amilase provoca a sacarização das moléculas de amido durante o processo de fabricação do pão, resultando em pães com textura interna pegajosa e úmida.

A massa do hectolitro é o massa de 100 litros de grãos, expresso em  $\text{kg hl}^{-1}$ . O fato de um trigo apresentar maior valor da massa do hectolitro não indica que apresente melhor qualidade. A comparação só será significativa quando se compara a mesma variedade com valores de massa do hectolitro bem diferenciados. Valores muito baixos de PH podem indicar problemas na lavoura que podem ter afetado o enchimento dos grãos e sua qualidade (Guarienti, 1996).

Além dos parâmetros de qualidade já relacionados, a massa de mil grãos merece destaque por estar relacionada ao tamanho dos grãos. Grãos de tamanho excessivo não são desejados pela indústria, pois podem provocar perdas devido às dificuldades de regulação dos equipamentos de limpeza e de moagem, enquanto grãos pequenos podem passar pelas peneiras de limpeza e causar perdas na produção de farinha pela diminuição da quantidade de trigo moído (Guarienti, 1996). A diferença de tamanho também influencia a quantidade de água absorvida, pois os grãos pequenos absorvem maior quantidade de água em relação aos grãos grandes durante a etapa de condicionamento do trigo (Posner & Hibbs, 1999).



### **2.3- Produtividade de grãos e seus componentes**

Entende-se por potencial produtivo do trigo, a produção de grãos obtida quando a cultura não foi sujeita a limitações ao nível de água ou de nutrientes e sem outras condições como pragas, doenças, plantas daninhas e do próprio local de plantio (Fisher, 2001).

A produção de grãos de trigo tem um caráter complexo, com diferentes componentes e condicionada por vários fatores de origem genética e ambiental. É, portanto, resultante da interação de um conjunto de fatores, entre os quais se destacam o potencial genético da cultivar, o manejo fitotécnico, o nível tecnológico adotado e as condições ambientais, que podem restringir ou expandir o potencial de produção (Trindade et al., 2006).

Correlações entre a produtividade de grãos e seus componentes têm sido objeto de numerosas pesquisas com diversas culturas. Em cereais com população de plantas constante, a produtividade de grãos pode ser obtida pelo produto de três componentes principais: número de espigas por unidade de área, número de grãos por espiga e massa média do grão, e esses componentes, até certo limite, variam independentemente um do outro (Gondim et al., 2008).

Rodrigues et al. (2003) avaliaram o potencial de produção do trigo e observaram que o número de grãos por metro quadrado foi o componente que esteve mais associado ao avanço da produtividade de grãos de trigo nos últimos anos e que a interpretação da produtividade de grãos de trigo por meio de seus componentes é difícil, principalmente devido a existência de compensação entre seus componentes.

Fenômenos compensatórios fazem com que, frequentemente, os componentes relacionem-se de forma negativa, tendendo a propiciar o incremento de uns componentes e o decréscimo de outros. Dessa forma, a mesma produtividade pode ser obtida por diferentes caminhos, sendo difícil estabelecer uma combinação ótima dos componentes (Lamothe, 1998).

### **2.4- Nitrogênio e sua importância para o cultivo do trigo**

O nitrogênio é essencial para as plantas, pois possui função estrutural em moléculas de aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas, vitaminas e pigmentos, faz parte de processos como absorção iônica, fotossíntese e respiração, e também estimula o crescimento de raízes (Malavolta, 1980). Por ser o nutriente responsável pela vegetação, o suprimento de nitrogênio reflete no índice de área foliar, na produção de gemas vegetativas, no perfilhamento e no teor de proteínas do grão (Malavolta, 2006).

O nitrogênio é considerado um dos nutrientes que causam maior impacto no desenvolvimento e na produtividade e, conseqüentemente, no aumento dos índices de qualidade dos produtos agrícolas (Magalhães, 1979). O fornecimento adequado do nitrogênio pelo solo ou pela adição de adubos, como regra, melhora a qualidade dos produtos agrícolas, o excesso, porém, pode ser prejudicial (Malavolta, 2006), principalmente devido ao desequilíbrio nutricional que aumenta a suscetibilidade das plantas às doenças, ao acamamento das plantas e à alteração na proporção das proteínas formadoras de glúten.

O nitrogênio tem grande importância para a cultura do trigo. A sua disponibilidade, entre outros fatores, é fundamental para a determinação dos seguintes componentes: rendimento de grãos, número de espigas por área, número de grãos por espiga, teor de proteínas no grão e massa de grãos (Pottker & Roman, 1998). No período compreendido entre a fase de emergência das plântulas até a diferenciação do primórdio floral, a falta de nitrogênio reduz o número de espigas por área, a formação de espiguetas por espiga e a massa de 1000 grãos de trigo (Frank & Bauer, 1996). Além disso, a deficiência de nitrogênio pode comprometer os processos de crescimento e de reprodução das plantas (Pottker & Roman, 1998).

Segundo Zagonel et al. (2002), todos os componentes de produção do trigo podem beneficiar-se em maior ou menor grau do nitrogênio, exceto a população de plantas. Embora se possa incrementar cada um dos componentes, individualmente, fenômenos compensatórios fazem com que, frequentemente, os componentes relacionem-se de forma negativa, tendendo a propiciar o incremento de uns e o decréscimo de outros. Assim, a mesma produtividade pode ser obtida por caminhos diferentes, sendo difícil estabelecer uma combinação ótima dos componentes de produção (Lamothe, 1998).

Vários estudos sobre o comportamento das cultivares de trigo em função da adubação nitrogenada foram conduzidos ao longo do tempo. Embora existam variações nas respostas às doses de nitrogênio de acordo com cultivar, clima, solo e outros, a maioria dos resultados mostraram que a aplicação do nitrogênio, mesmo em baixas doses, é sempre vantajosa em relação à produtividade do que sem a aplicação do nutriente (Vieira et al., 1995).

Avaliando a resposta de quatro genótipos de trigo irrigado na região do Cerrado a diferentes doses de nitrogênio (0, 30, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), Teixeira Filho et al. (2007) verificaram que as doses de nitrogênio aumentaram significativamente e de forma quadrática o comprimento de espigas, o número de espiguetas por espiga, o teor de N foliar, o número de espigas por metro, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos, sendo os máximos ajustados obtidos com as doses de 69, 60, 77, 74, 68 e 69 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Freitas et al. (1994), estudando a resposta da produção de grãos e de outras características agronômicas de diferentes cultivares de trigo irrigado a três níveis de nitrogênio (0, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), verificaram que para cada cultivar é necessária determinada quantidade de adubo nitrogenado, existindo cultivares que responderam até 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e outras que responderam até 120 kg ha<sup>-1</sup>. Observaram também que as doses de nitrogênio apresentaram efeito significativo sobre as características agronômicas número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiguetas.

Avaliando a resposta de uma cultivar de trigo de sequeiro à diferentes doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) na região de Cascavél- PR, Acorssi & Ferreira (2009) verificaram que a adubação nitrogenada aplicada em cobertura interfere no número de grãos por espigas e também no rendimento de grãos, e que a melhor produtividade foi obtida na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup>.

Silva & Goto (1991), avaliando a resposta de três cultivares de trigo de sequeiro ao nitrogênio após soja precoce, verificaram que a adubação com nitrogênio promoveu aumento significativo no número de espiguetas por espiga e no rendimento de grãos e pequeno incremento no acamamento. Da mesma forma, Camargo et al. (1988) obtiveram correlações positivas entre doses de nitrogênio (0, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e rendimento de grãos, altura de plantas, comprimento de espigas, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e teores protéicos nos grãos e efeitos negativos entre doses de N com massa hectolétrica e massa de 1.000 grãos.

Avaliando o efeito de cinco doses de nitrogênio (0, 28, 56, 84 e 112 kg ha<sup>-1</sup>) na rotação trigo-milho e trigo-sorgo, Halvorson et al. (2004) verificaram que a resposta da biomassa do trigo e do rendimento à adubação nitrogenada variou de ano para ano, mas não variou com a rotação de culturas, obtendo o máximo rendimento de grãos com a dose de nitrogênio de 84 kg ha<sup>-1</sup>.

Em condições mediterrânicas, López-Bellido et al. (2000) avaliaram o efeito do sistema de plantio, da rotação de culturas e da adubação nitrogenada (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>) sobre o rendimento e o crescimento do trigo de sequeiro durante quatro anos. Fortes chuvas durante o experimento impactaram negativamente o crescimento vegetativo e a produtividade de grãos de trigo. O trigo respondeu à adubação nitrogenada até a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> nos anos úmidos, mas não apresentou resposta nos anos secos.

Por outro lado, Freitas et al. (1995), avaliando a respostas de oito cultivares de trigo de sequeiro à diferentes doses de nitrogênio, verificaram que o aumento das doses de nitrogênio não influenciou os componentes número de grãos por espiga e número de grãos por espiguetas,

indicando que o potencial genético dos genótipos avaliados não foi limitado pela ausência da aplicação de nitrogênio.

Estudando o efeito de diferentes doses de nitrogênio (0, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) sobre o rendimento de trigo irrigado, cultivado após diversas sucessões de soja, Silva (1992) não observou efeito significativo das doses de nitrogênio no rendimento de grãos e no número de grãos por espiga.

Na determinação da resposta do trigo à adubação nitrogenada verifica-se a importância em considerar o comportamento diferencial entre cultivares e linhagens em relação à eficiência de absorção e utilização do nitrogênio. Provavelmente, a falta de resposta do trigo a esse elemento, constatada em alguns trabalhos, tenha sido decorrente do uso de cultivares de baixo potencial produtivo (Mielniczuk, 1982; Freitas et al., 1995).

Em virtude de seu alto custo, facilidade de perdas e constante deficiência nos solos, o nitrogênio é um dos principais fatores de sucesso e/ou insucesso dos agricultores (Mello et al., 1983). No manejo de nitrogênio em sistemas agrícolas deve-se considerar também os riscos ao ambiente, uma vez que esse nutriente está sujeito a elevadas perdas por erosão, lixiviação, desnitrificação e volatilização (Fernandes, 2006).

## **2.5- Disponibilidade hídrica e o cultivo do trigo**

O conteúdo de água no solo influencia diretamente a quantidade de água disponível para as culturas, que por sua vez influencia a maioria dos processos físicos e fisiológicos no sistema solo-planta-atmosfera (Eitzinger et al., 2003). Dessa forma, pode-se afirmar que a quantidade de água disponível para as plantas é um importante fator para o crescimento e rendimento das culturas na maior parte das áreas agrícolas do Planeta (Boyer, 1982; Streck, 2004).

A planta de trigo apresenta relativa tolerância à deficiência hídrica devido a sua maior eficiência no uso da água e por ser originária de uma região semi-árida (Schlehuber & Tucker, 1967). Embora se trate de uma cultura mais resistente ao déficit hídrico que muitas outras, alguns estádios de desenvolvimento são bastante afetados pelo estresse hídrico (Acevedo et al., 2002). Frizzzone & Olitta (1990) demonstraram que o trigo é bastante sensível ao déficit de água, obtendo-se as maiores reduções no rendimento de grãos quando este ocorria entre o início do florescimento e a fase de grãos leitosos.

O excesso de água é também prejudicial para a maioria dos cultivos. A redução da taxa de crescimento radicular é a primeira resposta ao estresse por excesso de água no solo. O metabolismo das raízes é rapidamente restringido quando a concentração de O<sub>2</sub> no solo

diminui a níveis críticos (Jackson & Drew, 1984). Em plantas de trigo, o crescimento radicular foi interrompido após 24 horas de inundação do solo devido à baixa concentração de O<sub>2</sub> e interferiu substancialmente na produtividade de grãos (Meyer et al., 1985).

A irrigação é o principal fator que determina a produção agrícola no Cerrado durante o período de maio a setembro. Nesse período, além da alta incidência de radiação solar aliada à baixa umidade relativa do ar, ocorre precipitação insignificante e insuficiente para suprir as necessidades hídricas das culturas (Guerra et al., 1994).

Frequentemente, a relação entre produção e lâmina de irrigação é uma função curvilínea (Frizzone, 1991). Após atingir valor máximo, a produtividade diminui com o aumento da quantidade de água aplicada, em consequência da redução na aeração do solo, da lixiviação de fertilizantes, de doenças associadas e do acamamento de plantas (Bucks & Hunsaker, 1987).

O cultivo de trigo sob condições controladas de irrigação e manejo adequado apresenta grande potencial de produção, com alto rendimento de grãos e estabilidade da produção. A possibilidade de alta rentabilidade tem levado os agricultores a optar pelo cultivo do trigo irrigado. Dessa forma, pode-se afirmar que o trigo plantado no inverno, no Cerrado, constitui excelente opção de cultivo em sucessão às culturas tradicionalmente semeadas no verão.

## **2.6- Adubação nitrogenada, irrigação e o cultivo do trigo**

Dentre os fatores de produção do trigo, a água e o nitrogênio merecem destaque não só pelo custo que representam, mas, sobretudo, devido à necessidade de se utilizar esses recursos de modo eficiente, garantindo, assim, a sustentabilidade da região.

Vários fatores referentes ao solo, à planta e à atmosfera interagem entre si, determinando a produtividade das culturas agrícolas. A resposta das culturas à irrigação e aos nutrientes pode variar em diferentes solos, climas e também em decorrência da lâmina e frequência de irrigação e doses de adubo (Frizzone, 1998). O emprego de funções de produção na análise da resposta da produtividade aos fatores de produção é algo bastante difundido e que apresenta grande utilidade.

Níveis adequados de irrigação e de adubação nitrogenada que proporcionem sinergismo desses dois fatores sobre a produção de trigo ainda necessitam de estudos mais refinados, a fim de fornecer ao agricultor práticas de manejo adequadas para otimizar o uso dos recursos e obter produção rentável (Frizzone et al., 1996).

A resposta de cultivares de trigo à irrigação e à adubação nitrogenada é normalmente caracterizada por interação positiva entre esses fatores. Frizzone et al. (1996), avaliando a

resposta do trigo irrigado a diferentes níveis de irrigação e adubação nitrogenada, em Sete Lagoas, MG, verificaram que a produtividade máxima de grãos foi obtida com 274 mm de água e 80 kg N ha<sup>-1</sup>. Constataram ainda que o número de grãos por espiga aumentou com a aplicação de nitrogênio e água, atingindo o máximo de 40,7 com 157 mm de água e 160 kg N ha<sup>-1</sup>.

Avaliando, em Lavras, MG, o efeito de quatro lâminas de irrigação, de quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 kg ha<sup>-1</sup>) e a interação desses fatores sobre a produtividade e componentes de qualidade industrial de duas cultivares de trigo, Scalco et al. (2002) constataram que as maiores produtividades das duas cultivares foram alcançadas com a aplicação de 352,30 mm de água e doses de nitrogênio acima de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Observaram ainda que aplicações acima de 120 kg N ha<sup>-1</sup> afetaram negativamente energia de deformação da massa.

Trindade et al. (2006) avaliaram, em Santo Antônio de Goiás, efeitos de doses de nitrogênio em cobertura (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>), sob dois manejos de irrigação, na produtividade de trigo irrigado e seus componentes, e constataram que a produtividade do trigo foi afetada significativamente apenas pelas doses de nitrogênio, apresentando resposta quadrática ao aumento das doses aplicadas em cobertura, devido ao efeito positivo desse nutriente no número de grãos por m<sup>2</sup>. Observaram ainda que o teor de proteína bruta aumentou linearmente com o incremento da dose de nitrogênio em cobertura e que o incremento da frequência de irrigação e da dose de nitrogênio em cobertura diminuiu a massa do hectolitro.

Em condições insatisfatórias de umidade do solo, a aplicação de nitrogênio é prejudicial ou pouco eficiente (Ramos, 1981). Em experimentos a campo e em casa de vegetação foi verificado que o estresse hídrico e a adubação nitrogenada tiveram interação negativa sobre a produção de trigo (Camargo, 1976; Parameswaran et al., 1974), pois a deficiência hídrica no solo retarda os principais processos envolvidos na nutrição mineral: difusão, fluxo de massa e interceptação pelas raízes (Trindade et al., 2006).

Adubação nitrogenada e irrigação, quando bem manejadas, são práticas altamente recomendadas, por influenciar direta e positivamente a produtividade e a qualidade dos grãos de trigo. Porém, a falta de informação sobre os níveis adequados de fertilizante nitrogenado e irrigação a serem aplicados em cada condição de plantio, tem impedido a obtenção de produções mais sustentáveis.

### 3- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABITRIGO. Associação Brasileira de Indústria de Trigo. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br>>. Acesso em: 20 jul. 2009.

ACEVEDO, E.; SILVA, P.; SILVA, H. Wheat growth and physiology. In: CUTIS, B.C.; RAJARA, S.; MACPHERSON, H.G. (Eds). **Bred Wheat- improvement and production**. Rome: FAO, 2002. p.39-70.

ACORSSI, E.E.; FERREIRA, D.T.L. Resposta produtiva da cultura do trigo na cultivar CD 104 submetida a diferentes dosagens de adubação nitrogenada aplicada em cobertura. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.2, n.2, p.165-173, 2009.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2005. p. 503-504.

BOYER, J.S. Plant productivity and environment. **Science**, Washington, v.218, n.4571, p. 443-448, 1982.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 7, de 15 de agosto de 2001. **Lex**: Diário Oficial da União, Brasília, seção 1, p. 33, ago, 2001.

BUCKS, D.A; HUNSAKER, D.J. Water use variability in irrigated level basins. **Transactions of the American Society Agricultural Engineers**, St Joseph, v.30, p.1090-1098, 1987.

CAFÉ, S.L.; FONSECA, P.S.M. da; AMARAL, G.F.; MOTTA, M.R.S.R; ROQUE, C.A.L.; ORMOND, J.G.P. Cadeia Produtiva do Trigo. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.18, p. 193-220, 2003.

CAMARGO, C.E.O. Adubação de trigo: IX- interpretação econômica dos resultados obtidos em experimentos com N, P, K e S, em latossolo roxo do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.1, p.95-106, 1976.

CAMARGO, C. E. O.; FELÍCIO, J. C.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; ROCCHA JÚNIOR, L. S. **Adubação nitrogenada em cultura do trigo irrigada por aspersão no Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1988. 62p. (Boletim Científico, 15).

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de cultivos anuais (trigo, milho, soja, arroz e mandioca)**. São Paulo: Nobel, 1999. 126p.

CHEN, J.; D'APPOLONIA, B.L. Alveograph studies on hard red spring wheat flour. **Cereal Food World**, v.30, p.862-867, 1985.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2008/2009, décimo levantamento, Julho 2009/Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 15 jul. 2009.

EITZINGER, J.; STASTNÁ, M.; ZALUD, Z.; DUBROVSKY, M. A simulation study of the effect of soil water balance and water stress on winter wheat production under different climate change scenarios. **Agricultural Water Management**, v.61, p.195-217, 2003.

EMBRAPA. **O melhoramento e os trigos da Embrapa em cultivo no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2001. 96p. (Comunicado Técnico, 81).

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 15 dez. 2009.

FARIDI, H. **Rheology of wheat products**. St Paul: American Association of Cereal Chemistis, 1985. 273p.

FERNANDES, E.C.; ZAGONEL, J. **Doses e épocas de aplicação do redutor de crescimento afetando cultivares de trigo**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

FERNANDES, M.I.B.M. Domesticar o grão. **Ciência Hoje**, São Paulo, v.3, n.17, p. 36-45, 1985.

FISCHER, R.A. Selection traits for improving yield potential. In: REYNOLDS, M.P.; ORTIZ-MONASTERIO, J.I.; MCNAB, A. (Eds.). **Application of Physiology in Wheat Breeding**. D.F.: CIMMYT, México, 2001. p.148-159.

FRANK, A.B.; BAUER, A. Temperature, nitrogen and carbon dioxide effects on spring wheat development and spikelet numbers. **Crop Science**, Madison, v.36, n.3, p.659-665, 1996.

FREITAS, J.G.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; PETTINELLI JÚNIOR, A. Produtividade e resposta de genótipos de trigo ao nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.53, n.2, p.281-290, 1994.

FREITAS, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; CASTRO, J.L. Eficiência e resposta de genótipos de trigo ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.229-234, 1995.

FRIZZONE, J.A. Planejamento otimizado da irrigação. In: D. NETTO, D.; SAAD, A.M.; Van LIER, Q.J. **Curso de agricultura irrigada**. Piracicaba: Departamento de Agricultura, ESALQ, 1991. p.1-26.



FRIZZONE, J.A. Função de produção. In: FARIA, M.A.; SILVA, E.L.; VILELLA, L.A.A.; SILVA, A.M (Eds). **Manejo de irrigação**. Lavras: UFLA/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.87-116.

FRIZZONE, J.A.; MELLO JUNIOR, 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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.425-434, 1996.

FRIZZONE, J.A.; OLITTA, A.F.L. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento e na produção do trigo. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v.1, n.1, p.23-36; 1990.

GONDIM, T.C.O; ROCHA, V.S.; SEDIYAMA, C.S.; MIRANDA, G.V. Análise de trilha para componentes de rendimento e caracteres agrônômicos de trigo sob desfolha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.4, p.487-493, 2008.

GUARIENTI, E.M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36 p. (Documentos, 27)

GUERRA, A.F.; SILVA, E.M.; AZEVEDO, J.A. Tensão de água no solo: um critério viável para a irrigação do trigo na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p.631-636, 1994.

HALVORSON, A.D.; NIELSEN, D.C.; REULE, C.A. Nitrogen fertilization and rotation effects on no till dryland wheat production. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, 2004.

IAPAR. **Informações técnicas para a cultura do trigo no Paraná 1999**. Londrina: IAPAR, 1999.148p. (Circular Técnica, 106).

JACKSON, M.B.; DREW, M.C. Effects of flooding on growth and metabolism of herbaceous plant. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed). **Flooding and plant growth**. Orlando: Academic press, 1984. p.47-113.

LAMOTHE, A.G. Fertilización com N y pontencial de rendimento em trigo. In: KOHLI, M.M.; MARTINO, D.L. (Eds). **Explorando altos rendimientos em trigo**. Montevideo: CIMMYT/INIA, 1998. p.207-246.

LÓPEZ-BELLIDO, L.; LÓPEZ-BELLIDO, R.J.; CASTILLO, J.E.; LÓPEZ-BELLIDO, F.J. Effect of tillage, crop rotation and nitrogen fertilizer on rainfed mediterranean conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.99, 2000.

MAGALHÃES, J.C.A.J. Calagem e adubação para o trigo na região do cerrado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n.50, p.23-28, 1979.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.C.B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.J.; NETO, A.C.; K, IEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 400p.

MEYER, W.S.; BARRS, W.D.; SMITH, R.C.G.; WHITE, N.S.; HERITAGE, A.D.; SHORT, D.L. Effect of irrigation on soil oxygen status and root and shoot growth of wheat in clay soil. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.36, n.7, p.171-185, 1985.

MIELNICZUK, J. Adubação nitrogenada. In: **Trigo no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. p.294-301.

MISTRO, J.C; CAMARGO, C.E.O. Avaliação da produção de grãos e características agronômicas em genótipos de trigo, em 1999 e 2000. **Bragantia**, v.61, n.1, p.35-42, 2002.

MODENES, A.N.; SILVA, A.M. da; TRIGUEROS, D.E.G. Avaliação das propriedades reológicas dos trigo armazenado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.3, p.508-512, 2009.

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: MUNDSTOCK, 1999. 228p.

PARAMESWARAN, K.V.M.; GRAHAN, R.D.; ASPINALL, D. Studies on the nitrogen and water relations of wheat II: effects of varying nitrogen and water supply on growth and grain yield. **Irrigation Science**, Berlin, v.5, n.2, p.105-120, 1974.

POMERANZ, Y. **Modern cereal science and technology**. New York: VHC, 1987. 496p.

POSNER, E.S.; HIBBS, A.N. **Wheat flour milling**. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1999. 341 p.

POTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito do nitrogênio em trigo cultivado após diferentes sucessões de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.5, p.501-507, 1998. Número especial.

QUEIROZ, J.A.C. **Análise da indústria moageira brasileira**: um estudo em empresas no sudeste brasileiro. 2001. 131p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Estudos Sociais Aplicados, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

RAMOS, M. Caracterização da curva de resposta do trigo à aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.5, p.611-615, 1981.

RODRIGUES, O.; DIDONETE, A.D.; TEIXEIRA, C.C.M.; ROMAN, S.E. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2003. 18p. (Circular técnica, 14).

ROMAN, E.S. O Brasil pode atender demanda futura de trigo, Goiânia-Goiás, 1994. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br>>. Acesso em: 5 Jan. 2010.

ROSSI, R.M.; NEVES, M.F. (Coord.); RODRIGUES, R.; VOGT, C.; GARCIA, O.R. (prefácios). **Estratégias para o trigo no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2004. 224p.

SAAB, A.A. **Inovação tecnológica no sistema agro-industrial do trigo – diagnóstico das demandas da cadeia de pão**. 2005. 145p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

SCALCO, M.S.; FARIA, M.A. de; GERMANI, R.; MORAIS, A.R. de. Produtividade e qualidade industrial do trigo sob diferentes níveis de irrigação e adubação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, n.2, p.400-410, 2002.

SCHLEHUBER, A.M.; TUCKER, B.B. Culture of wheat. In: QUISENBERRY, K.S.; REITS, L.P. (Eds.). **Wheat and wheat improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p.154-160.

SILVA, D.B. Efeito de boro e nitrogênio no rendimento de trigo irrigado e no teor de nutrientes na planta, na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.11, p.1.557-1.562, 1992.

SILVA, D.B. da; GUERRA, A.F.; REIN, T.A.; ANJOS, J.R.N.; ALVES, R.T.; RODRIGUES, G.C.; SILVA, I.A.C. **Trigo para o abastecimento familiar: do plantio à mesa**. Brasília: EMBRAPA-SPI, Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 176p.

SILVA, D.B.; GOTO, W.S. Resposta do trigo de sequeiro ao nitrogênio, após soja precoce, na região do alto Paranaíba MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1.401- 1.405, 1991.

STRECK, N. A. Do we know how plants sense a drying soil? **Ciência Rural**, v.2, n.34, p. 581-584, 2004.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R.C.F.; FREITAS, J.G.; ARF, O.; SÁ, M.E. Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v.29, n.3, p.421-425, 2007.

TRINDADE, M.G.; STONE, L.F.; HEINEMANN, A.B.; ABELARDO, D.C.; MOREIRA, J.A.A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.24-29, 2006.

VIEIRA, R.D.; FORNASIERI FILHO, D.; MINOHARA, L., BERGAMASCHI, M.C.M. Efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na produção e na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Científica**, v.23. n.2. p.257-264, 1995.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W.S.; KUNZ, R.P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.25-29, 2002.

## **CAPÍTULO ÚNICO**

**Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água**

Trabalho a ser encaminhado para a Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental

# ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DO GRÃO DE TRIGO INFLUENCIADOS POR NITROGÊNIO E LÂMINAS DE ÁGUA

Ana P. M. Boschini<sup>1</sup>, Cícero L. da Silva<sup>1</sup>, Carlos A. da S. Oliveira<sup>1</sup>, Manuel P. de Oliveira Júnior<sup>1</sup>, Martha Z. de Miranda<sup>2</sup> & Marcelo Fagioli<sup>1</sup>

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e a interação dos dois fatores sobre a produtividade e qualidade de grãos do trigo BRS 254, um experimento de campo foi instalado em Latossolo Vermelho-Amarelo, no ano de 2009. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas foram estabelecidas cinco doses de nitrogênio: 20, 50, 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> e, nas subparcelas, as lâminas de água: 120; 264; 342; 392 mm. Variações na produtividade de grãos ocorreram em função das doses de nitrogênio em diferentes lâminas de água. Houve efeito significativo das lâminas de água e das doses de nitrogênio sobre o número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas, número de grãos por m<sup>2</sup> e massa de mil grãos, ao passo que o teor de proteína bruta foi influenciado significativamente pela interação dos dois fatores. O número de espiguetas por espiga, a massa do hectolitro, a energia de deformação da massa e o número de queda foram influenciados significativamente apenas pelas lâminas de água. A aplicação de lâminas de água menores do que 365 mm proporcionaram valores da massa do hectolitro abaixo de 78 kg hl<sup>-1</sup>. A aplicação de lâminas de água inferiores a 340 mm proporcionaram valores de número de queda abaixo de 250 s.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum*, adubação nitrogenada, irrigação

<sup>1</sup> UnB, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900, Brasília, DF. Fone (61) 3307-2431. E-mail(s): anaboschini@yahoo.com.br; cicero@unb.br; dasilvao@unb.br; manueljr@unb.br; mfagioli@unb.br.

<sup>2</sup> Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 294, CEP 990001-970, Passo Fundo, RS. Fone (54) 3316- 5800. E-mail: marthaz@cnpt.embrapa.br

# QUANTITY AND QUALITY ASPECTS OF WHEAT GRAINS INFLUENCED BY NITROGEN AND WATER DEPTHS

## ABSTRACT

A field experiment was introduced in a Red-Yellow Latossol in 2009 in order to assess the different effects of nitrogen fertilization and water depths, and their interaction over the grains yield and quality of wheat BRS 254. The experimental design was randomized block with subdivided plots and four replications. In the plots, the nitrogen doses were: 20, 50, 100, 200, and 400 kg ha<sup>-1</sup>; at the subplots the water depths were: 120, 264, 342 and 392mm. Yield discrepancies resulted from nitrogen fertilization within different water depths. In all of them, the highest yields were achieved by nitrogen doses over 220 kg ha<sup>-1</sup>. There was significant influence from the nitrogen fertilization and the water depths on the number of grains per spike, number of grains per spikelet, number of grains per m<sup>2</sup> and the mass of a thousand grains. The crude protein content was significantly influenced by the interaction of both factors. The number of spikelets per spike, the hectoliter weight, the strength of gluten and the falling number were exclusively influenced by water depth. The applying of water depths lower than 365 mm entailed hectoliter weight under 78 kg hl<sup>-1</sup>. The administration of water depths above 340 mm entailed falling numbers under 250 s.

**Key words:** *Triticum aestivum*, nitrogen fertilization, irrigation

## 1- INTRODUÇÃO

No Cerrado brasileiro, a área cultivada com trigo aumentou consideravelmente nos últimos anos, devido ao desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas da região (Trindade et al., 2006). Nessa região, a ocorrência de temperaturas médias não superiores a 25°C e temperaturas baixas durante a noite são favoráveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A cultivar BRS 254 é uma dessas cultivares desenvolvidas para o plantio irrigado na região do Cerrado. Além da adaptabilidade, outros fatores que motivam a utilização dessa cultivar pelos produtores são sua qualidade, sua resistência, mesmo que moderada, ao acamamento e à germinação natural na espiga e, principalmente, seu alto potencial em rendimento de grãos (EMBRAPA, 2008).

O rendimento de grãos é o produto final de uma série de interações que ocorrem durante o ciclo da cultura e que envolvem não somente o potencial encerrado na carga genética de uma dada semente, mas de outros fatores que interagem com essa semente. A disponibilidade de temperatura, água e radiação, a nutrição, a ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas, são todos fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas e conseqüentemente o seu produto final de interesse econômico, os grãos (EMBRAPA, 2004). Diante disso, pode-se afirmar que o potencial genético de uma cultivar será expresso somente quando existirem condições climáticas e de manejo adequadas.

Na região do Cerrado, a boa performance do trigo vem sendo garantida pela adoção de modernas técnicas de cultivo. Destacam-se, entre elas, o emprego da irrigação por aspersão, colheita mecânica, genótipos de trigo com porte baixo, resistentes ao acamamento, com palha forte e responsivos às adubações, principalmente à adubação nitrogenada (Mistro & Camargo, 2002). Nesse contexto, a irrigação e a adubação nitrogenada merecem destaque não só pelo custo que representam, mas, sobretudo, devido à necessidade de se utilizar esses recursos de modo eficiente, garantindo, assim, a sustentabilidade da região.

A otimização do uso dos fatores envolvidos na produção é permitida, muitas vezes, pelo uso de funções de produção. A determinação dessas funções para o fator água tem sido proporcionada pela utilização do sistema de irrigação por aspersão em linha (line source sprinkler system). Hanks et al. (1976) afirmaram que o objetivo da utilização desse sistema é viabilizar a obtenção de dados quantitativos para a determinação de funções de produção de água, aliada ou não a outros fatores (fertilizantes e/ou cultivares, principalmente).

No Brasil, estudos sobre a resposta do trigo à irrigação e adubação nitrogenada foram relatados por Frizzone et al. (1996), Scalco et al. (2002), Trindade et al. (2006), entre outros.



Frizzone et al. (1996) verificaram, em Sete Lagoas, MG, máxima produtividade da cultivar BR 10-Formosa com 274 mm de água e 80 kg N ha<sup>-1</sup> e constataram que o número de grãos por espiga aumentou com a aplicação de nitrogênio e água, atingindo o máximo de 40,7 com 157 mm de água e 160 kg N ha<sup>-1</sup>.

Água e nitrogênio também afetam a qualidade do trigo. Segundo Guarienti et al. (2003), a qualidade pode ser definida mediante testes físico-químicos (massa do hectolitro, massa de mil grãos, número de queda) e reológicos (alveografia, farinografia). As características definidas por esses testes assumem significados diferentes que dependem da designação de uso ou tipo de produto (Rasper, 1991).

Schroeder (1987) apresenta conceitos relativos de qualidade e, portanto, dependentes do segmento que avalia. Dessa forma, para o moageiro, a qualidade significa matéria-prima uniforme em tamanho e forma, alto peso específico, alto rendimento em farinha e baixos teores de cinzas, coloração desejável do produto final e baixo consumo de energia elétrica durante o processamento industrial. Para o panificador, a farinha de boa qualidade deve possuir alta capacidade de absorção de água, boa tolerância à mistura, glúten bem balanceado e alta porcentagem de proteínas. Para o consumidor, o trigo de boa qualidade é aquele capaz de produzir pães de grande volume, com texturas interna e externa adequadas, cor clara e alto valor nutritivo.

Diante do exposto, percebe-se a necessidade de realizar pesquisas que visem a correta utilização de água e nitrogênio na produção do trigo irrigado. Portanto, avaliar o efeito de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e a interação desses dois fatores sobre a produtividade e a qualidade de grãos do trigo BRS 254, constitui o objetivo desse trabalho.

## **2- MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no período de maio a setembro de 2009, na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, em uma área de coordenadas geográficas iguais a 15° 56' S e 47° 56' W e altitude de 1080 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd), de textura franco-argilo-arenosa. Os resultados da análise química do solo, obtidos antes do início do experimento, estão apresentados na Tabela 1.

Utilizou-se a cultivar de trigo BRS 254, recomendada para cultivo sob regime de irrigação, com ciclo médio, porte médio e moderadamente resistente ao acamamento e à debulha natural (EMBRAPA, 2008). Após calagem e preparo adequado do solo, realizou-se a

semeadura mecanizada de 15 linhas por subparcela em 20/05/2009, no espaçamento de 0,20 cm, profundidade de 5 cm e densidade de 320 sementes por m<sup>2</sup>.

**Tabela 1.** Resultados da análise química do solo da área experimental, classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico

Camada	pH	P (ppm)	Ca	Mg	K	Na	Al	H + Al	CTC	V (%)	M.O
			(cmol <sub>c</sub> /cm <sup>3</sup> )								
0-20	6,1	1,8	2,2	0,3	0,19	0,01	0	3,7	6,4	42,19	48,85

Onde: pH = potencial hidrogeniônico; P = fósforo; Ca = Cálcio; Mg = magnésio; K = potássio; Na = sódio; Al = alumínio; H + Al = acidez potencial; CTC = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases; MO = matéria orgânica

Com base na análise química do solo, realizou-se a adubação de plantio, que consistiu de 20, 120, 20 e 1 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), potássio (K<sub>2</sub>O) e boro (B), respectivamente. Utilizou-se como fertilizantes, o sulfato de amônio, o superfosfato simples, o cloreto de potássio e o bórax. O suplemento de boro foi fornecido para evitar a perda de viabilidade dos grãos-de-pólen.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada aplicando-se sulfato de amônio nas linhas de plantio, no início do estágio de perfilhamento, 15 dias após a emergência do trigo. As doses de sulfato de amônio aplicadas foram de 0, 150, 400, 900 e 1900 kg ha<sup>-1</sup>, correspondentes à adubação nitrogenada de 0, 30, 80, 180 e 380 kg ha<sup>-1</sup>.

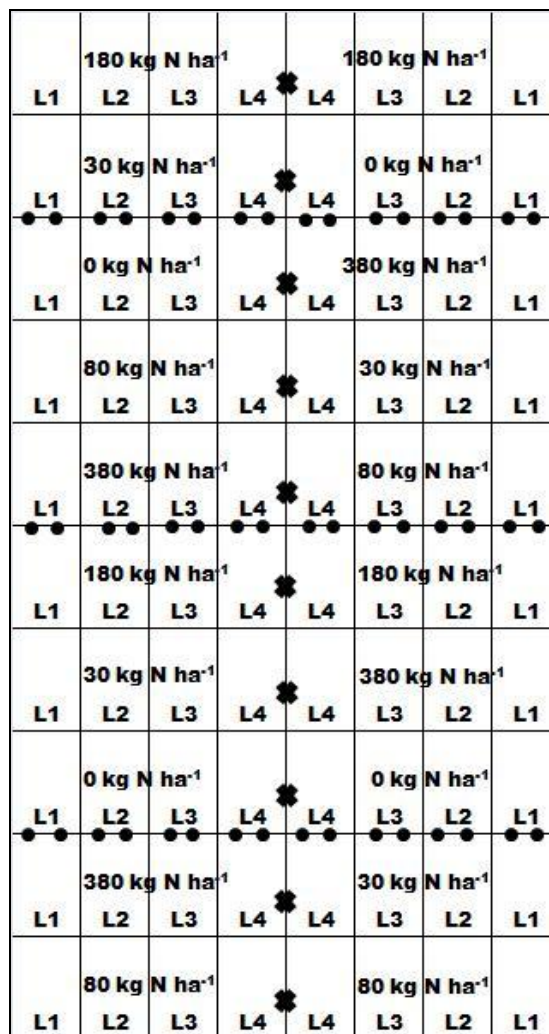
Para evitar o acamamento das plantas aplicou-se 125 g ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl, correspondente a 500 mL ha<sup>-1</sup> de Moddus. Na época da aplicação, as plantas de trigo apresentavam de 3 a 4 perfilhos, com o 1° e 2° nós visíveis, estatura entre 30 e 35 cm e desenvolvimento normal.

Uma lâmina de irrigação de 32 mm foi aplicada em todo o experimento até a emergência plena das plantas, quando, então, foram aplicados os tratamentos utilizando-se o sistema de aspersão em linha (*line source sprinkler system*). As lâminas de irrigação foram obtidas em função do gradiente decrescente de aspersão, resultante da linha central de aspersores, instalada na metade da área experimental, com aspersores espaçados de 6 m entre si (Figuras 1 e 2).

As distâncias da linha de aspersores ao centro de cada parcela foram: 2,5; 5,9; 9,3 e 12,7 m, de forma a proporcionar as lâminas de irrigação L<sub>4</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>1</sub>, respectivamente. A aplicação de água foi controlada por três linhas de coletores e, em cada parcela, foram utilizados dois coletores. As irrigações foram realizadas quando a tensão matricial do solo, controlada por tensiômetros instalados nas parcelas L<sub>3</sub> a 10 cm de profundidade, atingia 40 kPa. A lâmina de irrigação esperada para essa faixa foi calculada considerando-se a tensão no

solo nesse nível e uma camada de solo de 20 cm para todas as fases da cultura, resultando em 12 mm de irrigação.

O delineamento experimental usado foi blocos casualizados, com parcelas subdivididas. Às parcelas foram aplicadas, aleatoriamente, as doses de nitrogênio em cobertura. Às subparcelas foram aplicadas as lâminas de irrigação de forma não casualizada, visto que o sistema de aspersão de linha única impossibilita, em termos práticos, a sua utilização. Cada subparcela apresentou dimensões de 3 x 6 m (18 m<sup>2</sup>), e dessa área colheu-se apenas a área útil de 1,8 x 5 m (9 m<sup>2</sup>), correspondente às linhas centrais das subparcelas.



**Figura 1.** Distribuição do experimento no campo com linha central de aspersores (✱), três linhas perpendiculares de coletores (●), doses de nitrogênio nas parcelas e lâminas de água (L<sub>1</sub>=120, L<sub>2</sub>= 254, L<sub>3</sub>= 342 e L<sub>4</sub>=392 mm) nas subparcelas



**Figura 2.** Sistema montado com linha central de aspersores (A) e três linhas perpendiculares de coletores (C) na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília

A colheita do trigo foi realizada manualmente e individualmente por unidade experimental, aos 111 dias após a emergência plena das plantas, quando cerca de 90 % das espigas apresentavam grãos com coloração típica de maduro e umidade média de 12%. Parte do material colhido foi submetido posteriormente à trilhagem mecânica.

Dez espigas de trigo foram colhidas ao acaso na área útil de cada subparcela. Em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório para as seguintes determinações: número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e número de grãos por espigueta. O número de espiguetas por espiga e o número de grãos por espiga foram obtidos por meio do número médio de espiguetas e do número médio de grãos das dez espigas, respectivamente. O número de grãos por espigueta foi obtido por meio da divisão do número de grãos por espiga pelo número de espiguetas por espiga, de cada unidade experimental.

A produtividade e o número de grãos por  $m^2$  foram determinados a partir da colheita das plantas contidas em  $2 m^2$  e  $0,5 m^2$  da área útil de cada subparcela, respectivamente. Na

determinação da produtividade, os grãos foram trilhados e pesados, obtendo a seguir a produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$  a 13 % de umidade (base úmida). Para a determinação do número de grãos por  $\text{m}^2$ , os grãos foram trilhados, contados e os dados transformados em número de grãos por  $\text{m}^2$ .

O teor de proteína bruta nos grãos foi determinado utilizando-se uma amostra de 50g de grãos da área útil. Os grãos foram moídos em moinhos do tipo centrífuga, modelo TE-631, da Tecnal e, para a determinação do nitrogênio total, empregou-se o método de Kjeldahl, utilizando-se o fator de conversão de 6,25 para o cálculo da proteína bruta presente nos grãos.

A massa do hectolitro foi determinada segundo método descrito por Brasil (1992), em balança Dalle Molle, e os resultados foram expressos em  $\text{kg hl}^{-1}$ . A determinação da massa de mil grãos foi realizada conforme método descrito por Brasil (1992), em que se realiza a contagem manual de 100 grãos de trigo de cada subparcela, que a seguir são pesados em balança semi-analítica. O resultado é multiplicado por 10 para que o resultado seja expresso em mil grãos.

O número de queda da farinha de trigo foi determinado com correção de altitude (Passo Fundo, RS - 687 m) em equipamento *Falling Number*, modelo FN 1900, da Perten Instruments, de acordo com o Método 56-81B da AACC (AACC, 2000) e o Manual de Operação do aparelho *Falling Number*, sendo o resultado expresso em segundos. A energia de deformação da massa foi determinada no alveógrafo Chopin, modelo NG (Villeneuve-la-Garenne Cedex, França) utilizando o método n° 54-30A, da AACC (AACC, 2000).

A análise estatística foi feita com o programa MSTATC da Universidade de Michigan. Os dados foram submetidos à análise de variância preliminar para detectar as prováveis interações. Os dados de produtividade de grãos foram submetidos à análise de regressão de múltiplas variáveis, sendo a resposta da produtividade à aplicação de água e nitrogênio representada pelo modelo  $Y = b_0 + b_1 L + b_2 N + b_{11} L^2 + b_{22} N^2 + b_{12} LN + \xi$ , em que Y é a produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_{11}$ ,  $b_{22}$  e  $b_{12}$  são os coeficientes de regressão, L é a lâmina de água em mm, N é a dose de nitrogênio em  $\text{kg ha}^{-1}$  e  $\xi$  é o erro estatístico da regressão (Oliveira Júnior et al., 2010).

As médias do número de grãos por espiga, do número de grãos por espiguetas, do número de grãos por  $\text{m}^2$  e da massa de mil grãos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para o efeito das doses de nitrogênio. Dado que as lâminas de água não foram aleatorizadas, existiu a impossibilidade de utilização do teste de médias para o efeito delas. Dessa forma, foram ajustadas funções de resposta entre o número de espiguetas por espiga, a massa do hectolítrico, a energia de deformação da massa, o número de queda e as

lâminas de irrigação por meio da análise de regressão simples, selecionando-se o modelo de maior coeficiente de determinação e de melhor representatividade da relação de causa e efeito esperada para cada variável dependente.

### 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período do experimento ocorreu precipitação total de 36 mm. Foi observada a temperatura máxima de 30,9°C, a mínima de 6,3°C e a média de 19,2°C. A umidade relativa média do ar correspondeu a 72,6%, conforme dados climatológicos extraídos da Estação Agroclimatológica da Fazenda Água Limpa. As lâminas decorrentes das irrigações aplicadas e das precipitações que ocorreram no período de realização do experimento totalizaram: 120, 264, 342 e 392 mm.

A análise de variância mostrou efeito significativo das lâminas de água e das doses de nitrogênio sobre a produtividade, número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas, número de grãos por m<sup>2</sup> e massa de mil grãos. O número de espiguetas por espiga, a massa do hectolitro, a energia de deformação da massa e o número de queda foram influenciados significativamente apenas pelas lâminas de água. Já para o teor de proteína bruta houve influência significativa das lâminas de água, das doses de nitrogênio, bem como da interação desses fatores (Tabela 2 e Anexo A). Apesar de o efeito significativo das lâminas de água ter sido revelado pela análise de variância, é importante ressaltar que essa análise não é válida para a fonte de variação em questão, uma vez que a aleatorização das lâminas de água foi impossibilitada pela utilização do sistema de aspersão de linha única (*line source sprinkler system*).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para produtividade (PROD), número de grãos por espiga (NGE), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiguetas (NGe), número de grãos por m<sup>2</sup> (NG), massa de mil grãos (MMG), massa do hectolitro (MH), energia de deformação da massa (W), número de queda (NQ) e teor de proteína bruta (PB). Cinco doses de nitrogênio (N), quatro lâminas de água (L) e quatro blocos

Fonte de Variação	PROD	NGE	NEE	NGe	NG	MMG	MH	W	NQ	PB
Bloco	**	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
N	**	**	NS	**	**	*	NS	NS	NS	**
L <sup>1</sup>	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
N x L	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**

<sup>1</sup>Análise não válida para a fonte de variação em questão

NS = não significativo; \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* significativo 1% de probabilidade pelo teste F

Utilizando-se a análise de regressão múltipla para verificar a influência das doses de nitrogênio e das lâminas de água na produtividade de grãos, verificou-se que existe elevada

probabilidade de que as diferenças de produtividade sejam explicadas pelas diferenças nas variáveis mencionadas (Tabela 3). Realizou-se a análise de regressão múltipla apenas para a produtividade, uma vez que essa variável representa o comportamento das demais variáveis (número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetas, número de grãos por m<sup>2</sup> e massa de mil grãos) quando se avalia a resposta delas à aplicação de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio.

**Tabela 3.** Análise de variância da regressão múltipla para a variável dependente produtividade em função das variáveis: doses de nitrogênio e lâminas de água

Fonte de Variação	GL	SQM	F	Probabilidade
Regressão	4	8744930,35	106,06	0,000 **
Resíduo	15	81914,94		
Total	19			

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Pela análise de regressão e considerando as variáveis independentes com significância maior ou igual a 95%, foi possível estabelecer a equação abaixo cujo coeficiente de determinação R<sup>2</sup> foi igual a 0,97. Essa equação permite estimar a produtividade em função das variáveis independentes lâmina de água e dose de nitrogênio nas condições experimentais usadas e dentro dos intervalos avaliados. Outro motivo para apresentar a equação de regressão somente para produtividade reside no fato dela ser a variável mais importante sob o ponto de vista dos produtores.

$$Y = - 399,176 + 9,973 L + 7,853 N - 2,059 \times 10^{-2} N^2 + 1,275 \times 10^{-2} LN \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

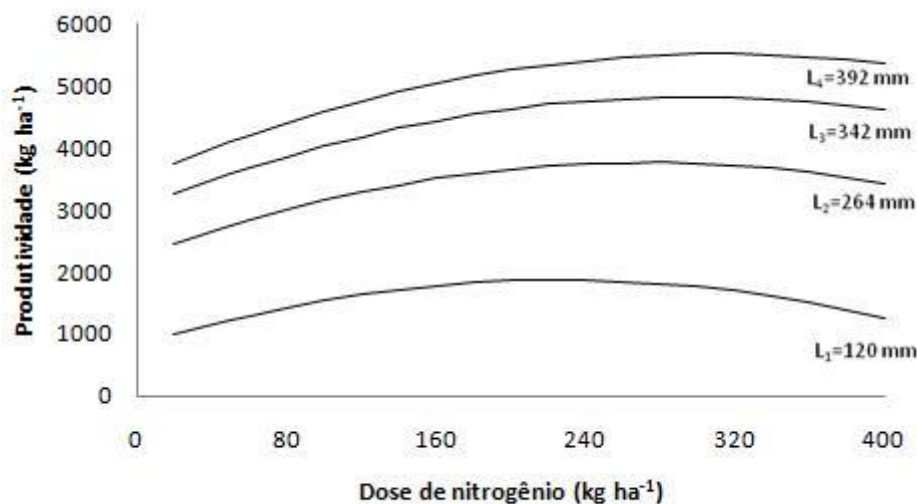
Y = produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)

N = dose de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>)

L = lâmina de água (mm)

Considerando-se o efeito do nitrogênio em cada lâmina de água (Figura 3), pode-se constatar que a produtividade apresentou resposta quadrática ao aumento das doses de nitrogênio para todas as lâminas de água aplicadas (Tabela 4). Convém ressaltar que o formato da Figura 3 deve-se ao fato de o modelo de regressão ter revelado a existência de interação entre lâminas de água e doses de nitrogênio, com maximização possível somente

com relação à variável nitrogênio visto que a derivada segunda dessa equação é nula com relação ao fator lâmina de água, razão pela qual os máximos com relação a esse fator não foram verificados.



**Figura 3.** Representação gráfica para produtividade do trigo em função de doses de nitrogênio em diferentes lâminas de água

As produtividades de trigo máximas ajustadas obtidas nas lâminas de água de 120, 264, 342 e 392 mm, com as doses de 228, 272, 297 e 312 kg N ha<sup>-1</sup> foram 1867, 3762, 4823 e 5515 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 4). As médias de produtividade da região Centro-Oeste e do Brasil na safra de 2008/2009 foram iguais a 2449 e 2482 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo superiores apenas à produtividade máxima estimada obtida na lâmina de 120 mm. Por outro lado, a média de produtividade no Distrito Federal foi de 5246 kg ha<sup>-1</sup> nessa mesma safra, valor bem próximo, mas inferior ao máximo obtido na lâmina de 392 mm (CONAB, 2009).

**Tabela 4.** Equações de regressão da produtividade em função das doses de nitrogênio nas diferentes lâminas de água, doses de nitrogênio para as produtividades máximas ajustadas em cada lâmina de água e produtividades máximas ajustadas obtidas em cada lâmina de água

Lâmina de Água (mm)	Equação de Regressão	Dose de N Otimizada (kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade Máxima Ajustada
120	$Y = -0,0206 N^2 + 9,383 N + 797,58$	228	1867
264	$Y = -0,0206 N^2 + 11,219 N + 2233,7$	272	3762
342	$Y = -0,0206 N^2 + 12,214 N + 3011,6$	297	4823
392	$Y = -0,0206 N^2 + 12,851 N + 3510,2$	312	5515



Vários trabalhos também possibilitaram verificar o efeito de doses de nitrogênio na produtividade de grãos (Millner et al., 1994; Frizzone et al, 1996; Zagonel et al, 2002; Trindade et al, 2006; Heinemann et al., 2006). Por outro lado, Silva (1991) não encontrou efeito significativo do nitrogênio na produtividade de grãos, em virtude da contribuição do nitrogênio residual da cultura da soja cultivada anteriormente na área.

Convém explicar que as equações apresentadas na Tabela 4 foram obtidas por meio da substituição das lâminas de água nos termos da Equação 1 que envolviam esse fator. Dessa forma, essas equações possuem o mesmo coeficiente de determinação da Equação 1.

Foram observadas produtividades inferiores a 1867 kg ha<sup>-1</sup> para os tratamentos que receberam 120 mm de lâmina de água (Tabela 5). A razão de se ter obtido menores produtividades na condição de menor disponibilidade hídrica pode advir do fato de a absorção de nitrogênio ocorrer principalmente por fluxo de massa, e esse processo é retardado nessa condição.

Foram observadas produtividades crescentes quando se aumentou a lâmina de água aplicada (Tabela 5). Reduções na produtividade de grãos são observadas quando a cultura é submetida a altos teores de água no solo por períodos longos. Essa condição resulta em menor troca gasosa, imposta pela redução da aeração, e tem como consequência a diminuição nos níveis de oxigênio e na assimilação de nutrientes pelas raízes das plantas. Para que essa situação fosse observada seria necessária a aplicação de lâmina maior do que 392 mm.

**Tabela 5.** Produtividades estimadas (E) e produtividades observadas (O) em kg ha<sup>-1</sup> em função das lâminas de água e das doses de nitrogênio (semeadura + cobertura)

Lâmina de água (mm)	Doses de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )									
	20		50		100		200		400	
	E	O	E	O	E	O	E	O	E	O
120	977	1137	1215	1136	1503	1319	1851	1352	1256	1423
264	2450	2818	2743	3076	3150	3404	3654	3890	3427	3499
342	3248	2706	3571	3457	4027	3823	4631	4848	4603	4537
362	3759	3652	4101	4066	4589	4847	5257	5209	5356	5201

As médias do número de grãos por espiga, do número de grãos por espiguetas, do número de grãos por m<sup>2</sup> e da massa de mil grãos em função de diferentes doses de nitrogênio estão apresentadas na Tabela 6. Analisando-se as médias do número de grãos por espiga foi possível constatar que o maior valor do número de grãos por espiga foi 44,4, obtido com a dose de 400 kg N ha<sup>-1</sup>. Esse valor, no entanto, não diferiu estatisticamente dos valores obtidos com as doses de 200 e 100 kg N ha<sup>-1</sup>. O menor valor do número de grãos por espiga (37,5) ocorreu com a dose de 20 kg N ha<sup>-1</sup>, não diferindo estatisticamente da dose de 50 e 100 kg N

ha<sup>-1</sup>. O incremento no número de grãos por espiga proporcionado pelo aumento das doses de nitrogênio também foi observado por Cazetta et al. (2007) e Frederick & Camberato (1995). Por outro lado, Freitas et al. (1995) não constataram resposta do aumento das doses de nitrogênio sobre o número de grãos por espiga.

**Tabela 6.** Médias de número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por espiguetas (NGe), número de grãos por m<sup>2</sup> e massa de mil grãos em função das doses de nitrogênio (semeadura + cobertura)

Variáveis	Doses de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )					Equações de Regressão
	20	50	100	200	400	
Número de grãos por espiga	37,5 c	39,9 bc	41,2 abc	43,5 ab	44,4 a	y = -8E-05N <sup>2</sup> + 0,0483N + 37,059
Número de grãos por espiguetas	2,46 c	2,58 bc	2,64 ab	2,74 ab	2,79 a	y = -3E-06N <sup>2</sup> + 0,0022N + 2,4444
Número de grãos por m <sup>2</sup>	7846 b	8656 ab	9941 a	9983 a	10150 a	y = -0,0364N <sup>2</sup> + 20,531N + 7703,5
Massa de mil grãos (g)	35,87 a	36,64 a	37,84 a	37,94 a	37,14 a	y = -5E-05N <sup>2</sup> + 0,0223N + 35,637

Em cada série de médias na horizontal, os valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Com relação ao número de grãos por espiguetas (Tabela 6), verificou-se que a dose de 400 kg N ha<sup>-1</sup> propiciou o seu maior valor (2,79), não diferindo estatisticamente dos valores obtidos com as doses de 200 e 100 kg N ha<sup>-1</sup>. O menor valor do número de grãos por espiguetas (2,46) ocorreu com a dose de 20 kg N ha<sup>-1</sup>, e esse não diferiu estatisticamente do valor obtido com 50 kg N ha<sup>-1</sup>. A ausência de resposta dessa variável às doses crescentes de nitrogênio são frequentemente encontradas na literatura. Freitas et al. (1995) e Teixeira Filho et al. (2007) que não constataram efeito significativo das doses de nitrogênio sobre o número de grãos por espiguetas.

Avaliando-se as médias do número de grãos por m<sup>2</sup> (Tabela 6), foi possível observar que o maior número de grãos por m<sup>2</sup> (10150) ocorreu com a dose de 400 kg N ha<sup>-1</sup> e não diferiu estatisticamente dos valores obtidos com as doses de 200, 100 e 50 kg N ha<sup>-1</sup>. A dose de 20 kg N ha<sup>-1</sup> propiciou o menor número de grãos por m<sup>2</sup> (7846), e esse não diferiu do número de grãos por m<sup>2</sup> obtido com a dose de 50 kg N ha<sup>-1</sup>.

Analisando-se as médias da massa de mil grãos (Tabela 6), verificou-se que não houve diferença estatística entre as médias para os tratamentos avaliados, demonstrando pouca sensibilidade da variável às diferentes doses de nitrogênio. Os valores obtidos concordaram com Zagonel et al. (2002) e indicam que a variação no rendimento de grãos, em função das diferentes doses de nitrogênio, não foi devida à variação do peso dos grãos. No entanto, as respostas da massa de mil grãos à adubação nitrogenada são muito variáveis na literatura. Frizzone et al. (1996) verificaram que o suprimento de nitrogênio pouco contribuiu para o

aumento da massa de mil grãos. Por sua vez, Grundy et al. (1996) obtiveram aumento desse componente com a utilização de doses mais elevadas de nitrogênio.

Comparando-se as médias do teor de proteína bruta pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (Tabela 7), verificou-se que, para todas as lâminas de água, os maiores teores de proteína bruta ocorreram com a dose de 400 kg N ha<sup>-1</sup>, sendo esse comportamento explicado pelo fato do nitrogênio ser elemento fundamental na constituição das proteínas. Nas lâminas de 392, 342 e 264 mm, os teores de proteína bruta obtidos com a dose de 400 kg N ha<sup>-1</sup> não diferiram estatisticamente dos teores obtidos com a dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup>. Na lâmina de 120 mm, o teor de proteína bruta obtido com a dose de 400 kg N ha<sup>-1</sup> não diferiu estatisticamente dos obtidos com as doses de 200, 100 e 50 kg N ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 7.** Médias do teor de proteína bruta (%) em função das lâminas de água (mm) e das doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>)

Lâmina de água (mm)	Doses de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )				
	20	50	100	200	400
120	14,8 Ba	15,4 Aba	16,1 ABa	16,2 ABb	16,6 Ab
264	13,4 Cb	14,0 Cb	16,0 Bab	17,6 Aa	19,0 Aa
342	13,1 Cb	13,6 BCb	14,8 Bb	16,3 Aab	16,5 Ab
392	14,1 Cab	14,8 Cab	15,5 BCab	16,8 ABab	17,0 Ab

DMS para Lâmina de água dentro de cada dose de nitrogênio = 1,33

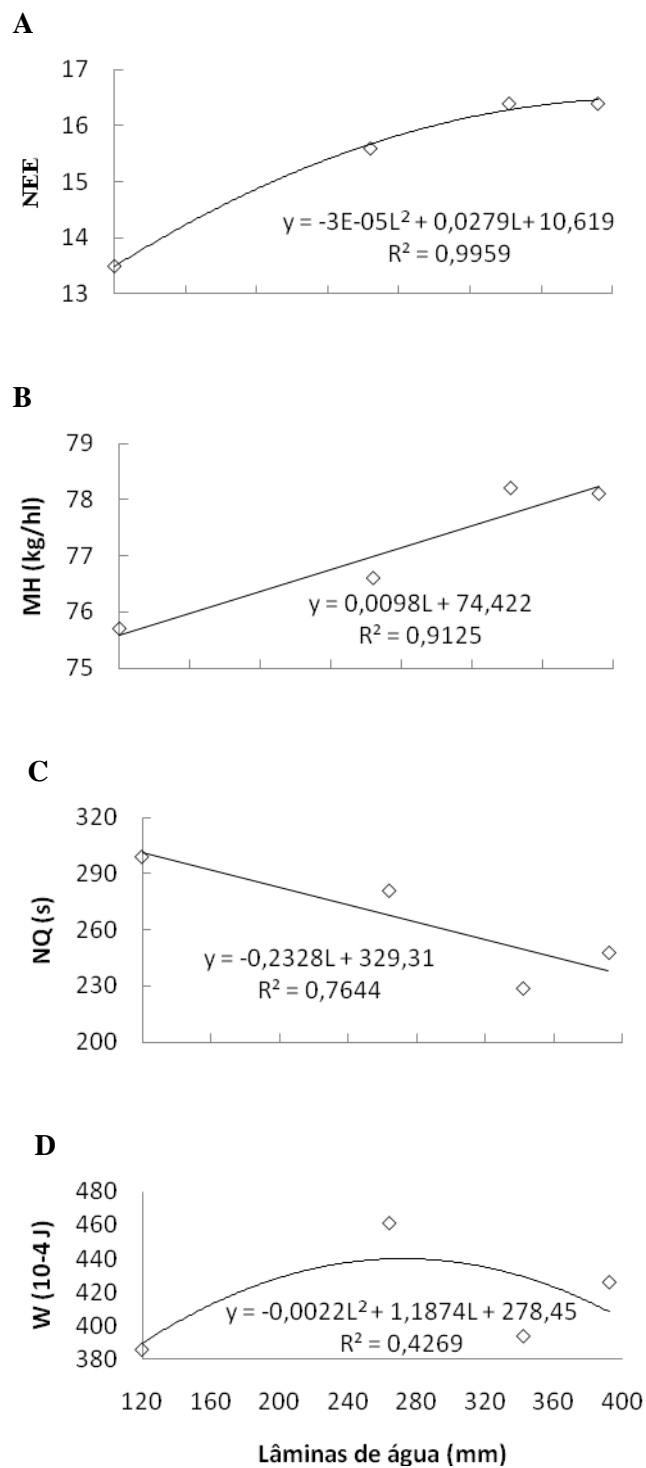
DMS para Dose de nitrogênio dentro de cada lâmina de água = 1,42

CV (%) = 4,57

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Para as doses de 200 e 400 kg N ha<sup>-1</sup>, os maiores teores de proteína bruta ocorreram com a lâmina de 264 mm. Para a dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup>, o maior teor de proteína bruta não diferiu estatisticamente dos teores obtidos com as lâminas de 342 e 392 mm. Nessa dose de nitrogênio, em todas as lâminas de água, os teores de proteína bruta não diferiram daqueles obtidos com a dose de 400 kg N ha<sup>-1</sup>.

A função de resposta entre o número de espiguetas por espiga e as lâminas de água aplicadas está apresentada na Figura 4A. Dentro do intervalo avaliado, o ajuste obtido pela análise de regressão mostrou que o número de espiguetas por espiga apresentou resposta quadrática ao aumento da lâmina de água. A maior lâmina de água aplicada não correspondeu a uma lâmina acima da ideal para a cultura do trigo, sendo assim, no tratamento que envolveu a maior lâmina de água, o número de espiguetas por espiga ainda foi superior (Figura 4A). Dessa forma, o comportamento da curva não apresentou modificação significativa até o limite superior da lâmina de água do intervalo avaliado.



**Figura 4.** Representação gráfica e equações de regressão do número de espiguetas por espiga (A), da massa do hectolitro (B), do número de queda (C) e da energia de deformação da massa (D) em função de lâminas de água

A partir do ajuste obtido pela análise de regressão, pode-se constatar que houve comportamento linear crescente para a massa do hectolitro em função do aumento da lâmina

de água, com elevado coeficiente de determinação (Figura 4B). Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de o fornecimento de água favorecer o enchimento de grãos, aumentando assim sua massa. Scalco et al. (2002) também observaram tendência de aumento da massa do hectolitro com o aumento da lâmina de água.

A massa do hectolitro é um índice referente ao rendimento dos grãos em farinha ou sêmola, sendo assim, espera-se que amostras com elevada massa do hectolitro apresentem maiores rendimentos. Nos tratamentos que receberam lâminas de água menores do que 365 mm, os valores da massa do hectolitro situaram-se abaixo de  $78 \text{ kg hl}^{-1}$ , valor mínimo exigido para a classificação do trigo como tipo 1 (BRASIL, 2001). A venda da produção com valor inferior a essa massa tem como consequência a sua desvalorização.

Pela análise de regressão, ficou evidenciado decréscimo nos valores do número de queda com o aumento das lâminas de água (Figura 4C), sendo possível inferir que em menores lâminas de água ocorre menor atividade da enzima  $\alpha$ -amilase. A farinha pode ser considerada ideal para a panificação quando o valor de número de queda encontra-se no intervalo de 250 a 350 segundos. Nesse trabalho, valores situados dentro desse intervalo foram obtidos quando foram aplicadas lâminas de água menores do que 340 mm.

É importante ressaltar que produtividades maiores poderiam ser alcançadas com a aplicação de lâminas maiores do que 392 mm. No entanto, aplicações de lâminas de água maiores afetariam negativamente o número de queda. Esse comportamento indica a necessidade do estabelecimento de lâminas que atendam tanto ao critério de produtividade quanto ao de qualidade.

Observou-se elevados coeficientes de determinação para todas as variáveis apresentadas na Figura 4, exceto para a energia de deformação da massa (Figura 4D). Isso demonstrou a discreta resposta dessa variável à variável independente lâmina de água. Esse resultado discorda do encontrado por Scalco et al. (2002), os quais, estudando quatro lâminas de irrigação e quatro doses de nitrogênio, constataram que os valores da energia de deformação da massas reduziram-se à medida que aumentou-se a lâmina de irrigação nos tratamentos que receberam  $120$  e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de amônio.

#### **4- CONCLUSÕES**

1. Variações na produtividade de grãos ocorreram em função das doses de nitrogênio com diferentes pontos de ótimo conforme a lâmina de água aplicada.

2. O modelo de regressão proposto para a produtividade funcionou satisfatoriamente na simulação dessa variável, principalmente para os maiores níveis de insumos aplicados.
3. Foi observada interação significativa entre os fatores lâmina de água e dose de nitrogênio para o teor de proteína bruta, enquanto que a análise de regressão mostrou também significância na mesma interação para a produtividade.
4. O comportamento da massa do hectolitro e do número de queda com relação à lâmina de água aplicada indica a necessidade de um controle rígido da irrigação para essa cultivar de trigo.

#### 4- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods**. 10 ed. Saint Paul: AACC, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras de análises para sementes**. Brasília, p.194-195, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 7, de 15 de agosto de 2001. **Lex**: Diário Oficial da União, Brasília, seção 1, p. 33, ago, 2001.

CAZETTA, D.A.; FORNASIERI FILHO, D.; ARF, O. Resposta de cultivares de trigo e triticale ao nitrogênio no sistema de plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.155-165, 2007.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2008/2009, décimo levantamento, Julho 2009/Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 15 jul. 2009.

EMBRAPA. **Avaliação de cultivares de trigo em sistema de manejo tradicional e otimizado**, Passo Fundo, 2004. Passo Fundo: EMBRAPA: CNPT, 2004. 5p. (Documentos online, 58).

EMBRAPA. **BRS 254 – Trigo melhorador: cultivar com alta qualidade industrial para a região do Cerrado**. Brasília: EMBRAPA CERRADOS, 2008. 18p. (Documentos, 228).

FREDERICK, J. R.; CAMBERATO, J. J. Water and nitrogen effects on winter in the Southeastern Coastal Plain: I. Grain yield and kernel traits. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.3, p.521-526, 1995.

FREITAS, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; CASTRO, J.L. Eficiência e resposta de genótipos de trigo ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.229-234, 1995.

FRIZZONE, J.A.; MELLO JUNIOR, 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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.425-434, 1996.

GRUNDY, A. C.; BOATMAN, N. D.; FROUDWILLIAMS, R. J. Effects of herbicide and nitrogen fertilizer application on grain yield and quality of wheat and barley. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.126, n.4, p.379-385, 1996.

GUARIENTI, M.E; CIACCO, C.F.; CUNHA, G.R. da; DUCA, L.J.A. del; CAMARGO, C.M.O. Avaliação do efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial e no rendimento de grãos de trigo pelo emprego de análise de componentes principais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.3, p. 500-510, 2003.

HANKS, R.J.; KELLER, J.; RASMUSSEM, V.P.; WILSON, G.A. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, v.40, p.426-429, 1976.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; TRINDADE M. G.; SOARES. B.B.; MOREIRA J. A. A.; CÁNOVAS A. D. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.352-356, 2006.

MILLNER, J. P.; MCEVAN, J.M.; VALENTINE, I. Effect of late nitrogen on the yield and quality of spring sown 'Rongotea' wheat. **Journal of Crop and Horticulture Science**, Palmerston North, v.22, n. 2, p.187-194, 1994

MISTRO, J.C; CAMARGO, C.E.O. Avaliação da produção de grãos e características agronômicas em genótipos de trigo, em 1999 e 2000. **Bragantia**, v.61, n.1, p.35-42, 2002.

OLIVEIRA JUNIOR, M. P. de ; SILVA, C. L. da ; OLIVEIRA, C. A. da S. Rendimento físico e econômico da aveia preta no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, p.14-1-24, 2010.

RASPER, V.F. Quality evaluation of cereal and cereal products. In: LORENZ, K.J, KULP, K. (Eds.). **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p.595-638.

SCALCO, M.S.; FARIA, M.A. de; GERMANI, R.; MORAIS, A.R. de. Produtividade e qualidade industrial do trigo sob diferentes níveis de irrigação e adubação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, n.2, p.400-410, 2002.

SCHROEDER, L.F. Farinhas mistas. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, n.92, p.4-6, 1987.

SILVA, D. B. Efeito do nitrogênio em cobertura sobre o trigo em sucessão a soja na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1387-1392, 1991.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R.C.F.; FREITAS, J.G.; ARF, O.; SÁ, M.E. Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v.29, n.3, p.421-425, 2007.

TRINDADE, M.G.; STONE, L.F.; HEINEMANN, A.B.; ABELARDO, D.C.; MOREIRA, J.A.A. Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.24-29, 2006.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W.S.; KUNZ, R.P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.25-29, 2002.



# **ANEXOS**

## ANEXO A - Análises de variância, significâncias e coeficientes de variação

**Tabela 1.** Análise de variância, significância e coeficiente de variação referentes à produtividade

Fonte de Variação	GL	SQ	SQM	F	Probabilidade
Bloco	3	4782639.047	1594213.016	11.1374	0.0009**
Doses de Nitrogênio (N)	4	16988372.061	4247093.015	29.6707	0.0000**
Erro	12	1717692.991	143141.083		
Lâmina de água (L)	3	122236097.201	40745365.734	157.3152	0.0000 <sup>nv</sup>
N x L	12	5609126.638	467427.220	1.8047	0.0764 <sup>ns</sup>
Erro	45	11655205.396	259004.564		

Coeficiente de variação (%) = 15.56

**Tabela 2.** Análise de variância, significância e coeficiente de variação referentes ao número de grãos por espiga (NGE)

Fonte de Variação	GL	SQ	SQM	F	Probabilidade
Bloco	3	99.407	33.136	1.7160	0.2167 <sup>ns</sup>
Doses de Nitrogênio (N)	4	492.609	123.152	6.3777	0.0054**
Erro	12	231.717	19.310		
Lâmina de água (L)	3	2589.819	863.273	48.7755	0.0000 <sup>nv</sup>
N x L	12	228.235	19.020	1.0746	0.4031 <sup>ns</sup>
Erro	45	796.451	17.699		

Coeficiente de variação (%) = 10.19

**Tabela 3.** Análise de variância, significância e coeficiente de variação referentes ao número de espiguetas por espiga (NEE)

Fonte de Variação	GL	SQ	SQM	F	Probabilidade
Bloco	3	2.494	0.8831	2.0679	0.1581 <sup>ns</sup>
Doses de Nitrogênio (N)	4	4.857	1.214	3.0199	0.0614 <sup>ns</sup>
Erro	12	4.825	0.402		
Lâmina de água (L)	3	11.617	37.206	82.9124	0.0000 <sup>nv</sup>
N x L	12	5.762	0.480	1.0700	0.4067 <sup>ns</sup>
Erro	45	20.193	0.449		

Coeficiente de variação (%) = 4.32

**Tabela 4.** Análise de variância, significância e coeficiente de variação referentes ao número de grãos por espiguetas (NGe)

Fonte de Variação	GL	SQ	SQM	F	Probabilidade
Bloco	3	0.303	0.101	2.0998	0.1537 <sup>ns</sup>
Doses de Nitrogênio (N)	4	1.092	0.273	5.6837	0.0084**
Erro	12	0.576	0.048		
Lâmina de água (L)	3	2.733	0.911	25.1264	0.0000 <sup>nv</sup>
N x L	12	0.381	0.032	0.8764	
Erro	45	1.631	0.036		

Coeficiente de variação (%) = 7.61

**Tabela 5.** Análise de variância, significância e coeficiente de variação referentes ao número de grãos por m<sup>2</sup> (NG)

Fonte de Variação	GL	SQ	SQM	F	Probabilidade
Bloco	3	78050832.200	26016944.067	8.8609	0.0023**
Doses de Nitrogênio (N)	4	66044174.500	16511043.625	5.6234	0.0087**
Erro	12	35233738.300	2936144.858		
Lâmina de água (L)	3	779309647.000	259769882.333	89.3913	0.0000 <sup>nv</sup>
N x L	12	35392333.500	2949361.125	1.0149	0.4518 <sup>ns</sup>
Erro	45	130769373.500	2905986.078		

Coeficiente de variação (%) = 18.31

**Tabela 6.** Análise de variância, significância e coeficiente de variação referentes à massa de mil grãos (MMG)

Fonte de Variação	GL	SQ	SQM	F	Probabilidade
Bloco	3	15.141	5.047	1.3815	0.2957 <sup>ns</sup>
Doses de Nitrogênio (N)	4	47.787	11.947	3.2701	0.0495 <sup>*</sup>
Erro	12	43.839	3.653		
Lâmina de água (L)	3	830.935	276.978	50.6664	0.0000 <sup>nv</sup>
N x L	12	49.450	4.121	0.7538	
Erro	45	246.002	5.467		

Coeficiente de variação (%) = 6.30

**Tabela 7.** Análise de variância, significância e coeficiente de variação referentes à massa do hectolitro (PH)

Fonte de Variação	GL	SQ	SQM	F	Probabilidade
Bloco	3	4.167	1.389	1.6244	0.2357 <sup>ns</sup>
Doses de Nitrogênio (N)	4	9.359	2.340	2.7365	0.0790 <sup>ns</sup>
Erro	12	10.260	0.855		
Lâmina de água (L)	3	92.276	30.759	31.2199	0.0000 <sup>nv</sup>
N x L	12	12.805	1.067	1.0831	0.3965 <sup>ns</sup>
Erro	45	44.335	0.985		

Coeficiente de variação (%) = 1.29

**Tabela 8.** Análise de variância, significância e coeficiente de variação referentes à energia de deformação da massa (W)

Fonte de Variação	GL	SQ	SQM	F	Probabilidade
Bloco	3	10478.550	3492.850	1.0867	0.3920 <sup>ns</sup>
Doses de Nitrogênio (N)	4	35433.925	8858.481	2.7561	0.0776 <sup>ns</sup>
Erro	12	38570.075	3214.173		
Lâmina de água (L)	3	68866.050	22955.350	7.7240	0.003 <sup>nv</sup>
N x L	12	62486.575	5207.215	1.7521	0.0870 <sup>ns</sup>
Erro	45	133738.375	2971.964		

Coeficiente de variação (%) = 13.08

**Tabela 9.** Análise de variância, significância e coeficiente de variação referentes ao número de queda (NQ)

Fonte de Variação	GL	SQ	SQM	F	Probabilidade
Bloco	3	20828.150	6942.717	2.7950	0.0857 <sup>ns</sup>
Doses de Nitrogênio (N)	4	9787.450	2446.863	0.9851	
Erro	12	29807.350	2483.946		
Lâmina de água (L)	3	58562.450	19520.817	5.3549	0.0031 <sup>nv</sup>
N x L	12	84847.550	7070.629	1.9396	0.0546 <sup>ns</sup>
Erro	45	164045.000	3645.444		

Coeficiente de variação (%) = 22.85

**Tabela 10.** Análise de variância, significância e coeficiente de variação referentes ao teor de proteína bruta (PB)

Fonte de Variação	GL	SQ	SQM	F	Probabilidade
Bloco	3	1.993	0.664	0.9517	
Doses de Nitrogênio (N)	4	129.684	32.421	46.4535	0.0000**
Erro	12	8.375	0.698		
Lâmina de água (L)	3	14.697	4.899	10.6894	0.0000 <sup>nv</sup>
N x L	12	32.157	2.680	5.8469	0.0000**
Erro	45	20.624	0.458		

Coeficiente de variação (%) = 4.34

## ANEXO B – FOTOS DO EXPERIMENTO



**Figura 1.** Área experimental com a cultura do trigo no estágio inicial de desenvolvimento



**Figura 2.** Unidades experimentais com a cultura do trigo, mostrando o efeito dos diferentes tratamento





**Figura 3.** Área experimental com a cultura do trigo em estágio de maturação



**Figura 4.** Colheita manual em cada unidade experimental