

## **ESTRESSE HÍDRICO E PRODUTIVIDADE EM *TRITICUM AESTIVUM* CV. ANAHUAC E *TRITICUM DURUM* CV. IAC 1003**

Divino Rodrigues Moreira e Victor José Mendes Cardoso<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Biociências, UNESP, Univ Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Campus de Rio Claro, Departamento de Botânica, CP 199, Rio Claro, SP, Brasil

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do estresse hídrico no crescimento e produtividade de *Triticum aestivum* L. c.v. Anahuac e *T. durum* L. c.v. IAC-1003 em quatro estádios fenológicos, com três diferentes doses de nitrogênio. Os ensaios foram realizados em caixas de amianto de 150 litros, preenchidas com latossolo vermelho do município de Araras - São Paulo, e mantidas sob cobertura móvel de polietileno transparente. As variedades comportaram-se de maneira similar em relação aos tratamentos de deficiência hídrica e adubação nitrogenada. A suspensão da irrigação no estágio de grão leitoso praticamente não é sentida pela planta, sendo os estádios "primórdios da espiga" (T3) e "emergência das espigas" (T4) mais sensíveis aos tratamentos de deficiência hídrica. A produtividade foi mais sensível ao estresse em T4, enquanto que o crescimento vegetativo tende a ser mais prejudicado pela suspensão das irrigações em T3. O padrão geral de resposta aos diferentes tratamentos de deficiência hídrica não foi afetado pela adição de nitrogênio ao solo, embora a adubação tenha provocado incrementos em praticamente todas as variáveis.

**Palavras chave:** trigo, desenvolvimento, água, nitrogênio.

### **ABSTRACT**

The objective was to evaluate the growth and productivity of two wheat varieties in response to water stress and different nitrogen rates. The assays were performed in 150 liters amianthus boxes filled in with red latossol from Araras, São Paulo state, and kept under a movable polyethylene transparent film cover. The response of the cultivars to the water stress and nitrogen fertilization did not differ from each other. The wheat plants practically did not respond to withdrawn irrigation at "milky grain" stadium, whereas water stress applied to "double head" (T3) and "ear emergence" (T4) stadia impaired strongly the productivity. Productivity was more susceptible to water stress applied in T4 whereas growth variables are more affected by withdrawn irrigation in T3. The general pattern of wheat response to water deficit was not influenced by nitrogen added to the soil, although fertilization increased practically all the parameters.

**Key words:** wheat, development, water, nitrogen.

### **INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento da produção de trigo nacional tem sido um objetivo constante da política dos governos brasileiros, tanto a nível federal como de alguns

Estados. Isto se justifica pela necessidade de não dispender divisas com importação desse alimento, quando existem condições de meio para a sua produção.

Os Estados do Rio Grande do Sul e Paraná respondem por cerca de 90% da produção nacional de trigo (IBGE <sup>15</sup>). No Estado de São Paulo o trigo é cultivado durante o inverno devido às suas exigências climáticas (Mota <sup>18</sup>), exigindo ainda o emprego da irrigação suplementar, visto que os índices pluviométricos não são suficientes para a demanda hídrica da cultura, principalmente no período que compreende a formação de órgãos reprodutivos e a floração, para atingir índices satisfatórios de produtividade (Lomas <sup>16</sup>). Entre as várias causas agronômicas para explicar a baixa produtividade, a deficiência hídrica nas diversas fases fenológicas da cultura, é uma das principais. O desenvolvimento pleno de uma planta, determinando o máximo de produção, resulta das condições intrínsecas do vegetal com o ambiente que a envolve. Deficiência de água durante o período de pré-florescimento em trigo pode ter efeito negativo sobre o número de grãos por espiga (Fischer <sup>11</sup>), possivelmente devido ao efeito na biomassa. A triticultura é também influenciada pelo tipo de solo e pelos tratos culturais (Camargo *et al.* <sup>5</sup>). No Brasil e, sobretudo no Estado de São Paulo, a acidez do solo e a adubação são os pontos mais limitantes à produtividade do trigo.

Do ponto de vista de manejo de água em sistemas irrigados, um dos aspectos fundamentais é a definição do momento das irrigações, pois a aplicação de água no momento certo é, sem sombra de dúvidas, um dos fatores mais importantes para o sucesso da agricultura irrigada. Para se estabelecer um programa de aplicação de água ao longo do ciclo da cultura, não se pode prescindir de tal informação. No entanto, faltam-nos conhecimentos mais detalhados dos potenciais de rendimento do trigo sob regime de irrigação; dos efeitos de *déficits* hídricos sobre o rendimento e seus componentes, das necessidades de água e momentos oportunos de irrigação ao longo do ciclo da cultura. Doorenbos e Kassan <sup>8</sup> afirmam que, desde que ocorra suprimento de água adequado durante a etapa de estabelecimento da cultura, os períodos críticos para deficiência hídrica são: 1) quando as plantas estão completando o perfilhamento e iniciando o alongamento; 2) durante o final do desenvolvimento da espiga até o início do período de florescimento; 3) no período inicial de formação da produtividade. Singh <sup>25</sup>, pesquisando sobre a sensibilidade dos períodos de crescimento à umidade, demonstrou que de acordo com o conceito de "estádio crítico", os três períodos de desenvolvimento do trigo, em ordem de sensibilidade decrescente, são: o emborrachamento-espigamento; florescimento ao desenvolvimento do grão e; estágio vegetativo.

O efeito do nitrogênio é complexo, por ser esse elemento dependente da água disponível, da cultura anterior, do solo e da variação genética dos genótipos. Camargo <sup>5</sup>, e Parameswaran *et al.* <sup>21</sup>, em ensaios de campo e casa de vegetação, verificaram que havia interação positiva entre a aplicação do fertilizante nitrogenado, a quantidade de água aplicada e a produção de grãos. Em quantidades adequadas, o nitrogênio pode favorecer os componentes da produtividade do trigo, tais como a

quantidade de espiguetas por espiga, o número de grãos por espiguetas e o tamanho do grão, apesar desse último depender também das condições ambientais durante a formação do grão (Trindade *et al.* <sup>28</sup>). Quanto à relação entre disponibilidade e eficiência no uso da água e aplicação de nitrogênio, mostrou-se uma grande interação entre esses fatores quanto à produção de grãos pela cultura de trigo. Bond <sup>3</sup> afirma que quando o conteúdo de água do solo, numa cultura de trigo que cobre totalmente o solo, não é limitante, aumentos no crescimento da cultura devido à aplicação de nitrogênio terão pequena influência no uso da água pelo trigo. Entretanto, quando o conteúdo de água é limitado, as culturas bem fertilizadas desenvolvem um extensivo sistema radicular e extraem água do solo em tensões mais altas e maiores profundidades do que uma cultura não adubada. Em relação a isso, Waraich *et al.* <sup>29</sup>, estudando a resposta de cultura de trigo a diferentes regimes de irrigação e níveis de nitrogênio, observaram que a eficiência do uso da água (EUA) diminuiu com o aumento das irrigações e aumentou com a aplicação de nitrogênio em todos os níveis de irrigação testados. Nielsen e Halvorson <sup>20</sup>, por sua vez, reportam que o aumento do nível de nitrogênio estimula a produção de biomassa e profundidade das raízes, acarretando uma maior necessidade de transpiração na planta e, ao mesmo tempo, maior demanda de água através do sistema radicular. Isto dá o potencial para um maior rendimento de grãos quando a água disponível é adequada ou moderadamente limitada. Entretanto, sob condições de estresse mais severo plantas crescidas com altos níveis de nitrogênio durante o estágio vegetativo podem sofrer estresse de água, resultando em menores rendimentos do que plantas crescidas em níveis mais baixos de nitrogênio.

O cultivar Anahuac, criado pelo Centro de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), do México, foi introduzido no Brasil pelo IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná, tendo sido recomendado para o Estado do Paraná em 1981, e produzido satisfatoriamente no Estado de São Paulo na região denominada zona H, na qual se situa o município de Araras. Esse cultivar é caracterizado como precoce, de porte baixo (em média 70 cm), coloração das aurículas heterogênea (predominância incolor), aristas normais, espigas fusiformes e pendentes com coloração vermelha, textura dos grãos vítrea ou dura. O cultivar IAC - 1003, foi introduzido no Brasil pelo IAC - Instituto Agrônomo de Campinas, sendo originado da linhagem de um cultivar europeu denominado Gallareta (*Triticum durum L.*). É também de ciclo precoce, 130 - 140 dias, de porte baixo, 65 cm em média, presença de aristas longas e escuras, espigas eretas e compactas, grãos vítreos e duros de qualidade superior, indicado para a indústria de massas especiais; é muito sensível à acidez do solo e a altas taxas de Al; é também recomendado para a zona H, na qual se situa o município de Araras SP.

Considerando as evidências sobre o efeito da deficiência de água no desenvolvimento de trigo, e considerando-se que o efeito da aplicação de nitrogênio sobre a produtividade da cultura de trigo pode ser fortemente influenciada por fatores climáticos, particularmente pelo regime hídrico, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do estresse hídrico no crescimento e produtividade de grãos de trigo

em *Triticum aestivum* L. c.v. Anahuac e *Triticum durum* L. c.v. IAC-1003 em quatro estádios fenológicos distintos da cultura, com três diferentes doses de nitrogênio. Busca-se determinar a fase de maior susceptibilidade, bem como testar possível influência do nitrogênio na resposta da planta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois cultivares de trigo, *Triticum aestivum* L. c.v. Anahuac, e *Triticum durum* c.v. IAC-1003. As sementes foram obtidas junto Centro de Plantas Graníferas do IAC - Instituto Agrônomo de Campinas.

Os ensaios foram conduzidos no Centro de Ciências Agrárias (C.C.A.) da Universidade Federal de São Carlos, Araras - SP (22°18' S; 47° 23' W), sendo os experimentos realizados sob uma cobertura móvel de filme transparente de PVC (KPS 11208, SANSUY S.A), utilizada durante os períodos de chuva. Tal procedimento foi para simular condições de campo e, ao mesmo tempo assegurar o controle das irrigações. O plantio das sementes foi feito em caixas de amianto de 70 cm de comprimento x 50 cm de largura x 50 cm de profundidade, com um volume de solo de 150 L. A semeadura foi em linha, à profundidade de 3 cm, com espaçamento de 17 cm entre linhas, numa densidade de 65 sementes/m. As caixas eram perfuradas na base e impermeabilizadas internamente com tinta betuminosa (NEUTROL). O preenchimento das caixas foi feito com latossolo vermelho distrófico típico; textura argilosa; A moderado; caulinitico; catiônico. A análise química do solo é apresentada na Tabela 1.

**TABELA 1** – Propriedades químicas do solo utilizado no preenchimento dos vasos nos ensaios de deficiência hídrica em *Triticum aestivum* L. c.v. Anahuac, e *Triticum durum* c.v. IAC-1003

Macronutrientes										
Prof.	P. Resina	M.O	PH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	Mg.dm <sup>-3</sup>	g.dm <sup>-3</sup>	Ca Cl <sub>2</sub>				Mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%
0-50	7	22	4,8	1,5	32	7	29	41	70	58,3
Micronutrientes										
mg.dm <sup>-3</sup>										
	B	Cu	Fe		Mn		Zn		S	
	0,29	3,20	13,5		50,20		1,40		19	

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo um fatorial 5x2x3x4, com 5 tratamentos, 2 cultivares, 3 níveis de nitrogênio, e 4 repetições, num total de 120 parcelas.

A fertilização com fósforo (P), potássio (K) e nitrogênio (N) no nível N1, foi feita conforme recomendação da Comissão Técnica de Trigo da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, sendo que, no caso do solo utilizado neste trabalho, aplicou-se 90 kg.ha<sup>-1</sup> de P e 40 kg. ha<sup>-1</sup> de K no plantio para todos os

tratamentos. Não houve aplicação de nitrogênio para o nível 0 (N0). Para o nível 1 (N1) foi aplicada a dose convencional de 120 kg de N.ha<sup>-1</sup>, sendo 40 kg.ha<sup>-1</sup> no plantio, 40 kg.ha<sup>-1</sup> trinta dias após plantio, e 40 kg.ha<sup>-1</sup> sessenta dias após plantio. Para o nível 2 (N2) foram aplicados 210 kg de N.ha<sup>-1</sup>, sendo 70 kg.ha<sup>-1</sup> no plantio, 70 kg.ha<sup>-1</sup> trinta dias após plantio, e 70 kg.ha<sup>-1</sup> sessenta dias após plantio. O fósforo foi aplicado sob a forma de superfosfato simples, e o nitrogênio sob a forma de uréia 45%.

O nível inicial de umidade nas caixas, até o estabelecimento da cultura, foi de 0,03 MPa (CC). Decorridos dez dias do plantio, foram iniciados os tratamentos, com interrupção das irrigações em 4 estádios fenológicos de acordo com a escala de Feekes (Scheeren <sup>23</sup>). A irrigação era interrompida até que um potencial de -4 MPa fosse atingido nas folhas 3 (T1), 4 (T3) ou bandeira (T4 e T5), estimado por método densimétrico (Slavik <sup>26</sup>). O controle da umidade nos vasos seguiu Moreira e Cardoso <sup>19</sup>. Os tratamentos foram realizados de acordo com o Quadro abaixo:

TRATAMENTO	INÍCIO DO TRATAMENTO (SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO)
T1	Controle, mantido em capacidade de campo (0,03 MPa) durante todo o ciclo da cultura.
T2	Perfilhamento em pelo menos 50% das plantas (Estádio 2, escala de Feekes).
T3	Surgimento dos primórdios da espiga, observado ao microscópio, em pelo menos 50% das plantas (Estádio 7).
T4	Início da emergência das espigas, ou seja; quando surgiram pelo menos 50% das aristas. (Estádio 10).
T5	Pelo menos 50% das plantas com grão leitoso.(Estádio 11.1).

A altura foi avaliada a cada 10 dias, sendo medidas 20 plantas por parcela. A área da folha bandeira (A) foi avaliada em 20 plantas por parcela, de acordo com Gascho e Shih <sup>13</sup>.

A colheita dos grãos foi efetuada removendo-se todas as espigas de cada parcela, debulhando-as e secando os grãos ao sol até atingirem a umidade de 12%; após o que foram efetuadas as pesagens para obtenção do peso total das parcelas e o peso de mil grãos. A análise do teor de nitrogênio nos grãos foi efetuada pelo método de Kjeldhal (Bremner <sup>4</sup>). A biomassa total foi obtida coletando-se a parte aérea e efetuando-se a secagem em estufa a 105 °C. As pesagens foram feitas somando-se a massa da palha e grãos, incluindo os debulhos. O índice de colheita foi calculado dividindo-se a produção de grãos pela biomassa total da parte aérea, e expresso em porcentagem.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância fatorial, por intermédio do software SAS (SAS Institute Inc), bem com à análise multivariada

(PCA, análise de componentes principais), através do programa PC-ORD 2.0 (MJM Software Design).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de componentes principais (PCA) para ambas as variedades, considerando todas as variáveis e tratamentos, concentra 79% da variância nos dois primeiros eixos, sendo 58% no eixo 1 (pc1) e 21% no eixo 2 (pc2) (Fig. 1). Observando-se a distribuição dos tratamentos ao longo dos eixos, é possível notar que o tratamento T5 (fase de grão leitoso) tende a se agrupar com o controle T1 mantido em capacidade de campo, enquanto que T4 ocupa a outra extremidade do eixo 1 (Fig. 1). Os tratamentos T2 e T3 ocupam uma posição intermediária, sendo o primeiro mais próximo e o segundo mais afastado do controle. Esses resultados são corroborados pela análise estatística, apresentada nas Tabelas 2 e 3. De um modo geral, para ambas as espécies, os tratamentos que o tratamentos T1 (controle, mantido à capacidade de campo) e T5 (suspensão da irrigação com menos 50% das plantas em estágio de grão leitoso) apresentaram valores mais elevados, em comparação com os demais tratamentos, independentemente da taxa de aplicação de nitrogênio. Os menores valores para as variáveis observadas foram encontrados nos tratamentos T3 (suspensão da irrigação com o surgimento dos primórdios da espiga) e T4 (tratamento de deficiência hídrica no início da emergência das espigas), sendo que esse último tratamento teve um maior efeito em *Triticum durum* (Tabela 3). Rodrigues *et al.*<sup>22</sup>, avaliaram os efeitos de deficiência hídrica na produção de grãos de trigo, cultivar BR 35, cultivado em vasos em casa de vegetação, tendo observado também que no estágio de grão leitoso a deficiência hídrica não afetou significativamente o rendimento de grãos em relação ao controle, embora tenham utilizado um maior potencial de água no solo (-2,0 MPa). Já Aslan *et al.*<sup>1</sup> observaram que a aplicação de déficit hídrico no estágio de grão leitoso produziu uma redução de 30% na produção de grãos, sugerindo que o grau de resposta do trigo ao déficit hídrico pode ser influenciada pelas condições experimentais, além da variedade. Uma das principais exceções ao padrão citado acima é a variável N% (porcentagem de nitrogênio nos grãos), onde se nota claramente que a suspensão da irrigação tende a favorecer o acúmulo de nitrogênio, tanto no cultivar Anahuac (Tabela 2) como no IAC-1003 (Tabela 3). Esse resultado concorda com Evans *et al.*<sup>10</sup>, que observaram que a deficiência severa de água pode ter como efeito principal o aumento de proteína nos grãos de trigo. Por outro lado, Shimischi e Kafkafi<sup>24</sup> notaram uma redução nos teores de proteína quando a cultura do trigo foi submetida a estresse hídrico durante o período de enchimento dos grãos. Por outro lado, N%, assim, como as demais, respondeu positivamente à fertilização com nitrogênio, o que concorda com Stanciu e Neacsu<sup>27</sup>, que observaram que o nitrogênio teve efeito altamente significativo na concentração de proteínas em grãos de trigo. Quanto à variável NEMQ (espigas.m<sup>-2</sup>), no caso da cultivar Anahuac praticamente não houve variação em função dos diferentes tratamentos de suspensão de irrigação (Tabela

2), enquanto que para IAC 1003 as respostas ao déficit hídrico variaram dependendo da taxa de aplicação de nitrogênio (Tabela 3).

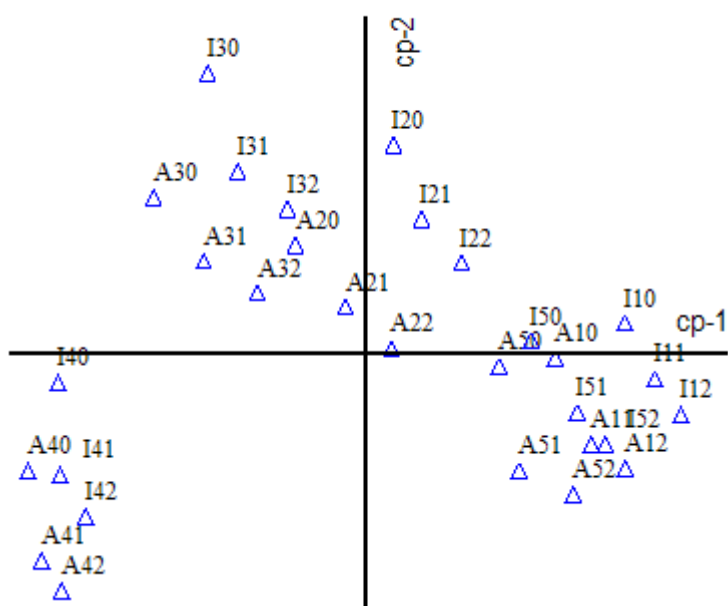


Figura 1 – Análise de componentes principais das variáveis ALT - altura da parte aérea; ARFO - área da folha bandeira; NEMQ - espigas.m<sup>-2</sup>; G/E - número de grãos por espiga; PMG - peso de mil grãos; PHCT - peso hectolitro; GRA - produtividade em grãos; BIOM - biomassa total da parte aérea; N% - porcentagem de nitrogênio no grão e; IC - índice de colheita, de *Triticum aestivum* L. c.v. Anahuac, e *Triticum durum* c.v. IAC-1003. Notação: 1º dígito, **A** indica *T. aestivum* cv. Anahuac, e **I** indica *T. durum*; 2º dígito, número do respectivo tratamento de deficiência hídrica (1 a 5); 3º dígito, nível de adubação com nitrogênio (0, 1 ou 2). Para detalhes, ver texto.

O padrão geral de resposta aos diferentes tratamentos de deficiência hídrica não foi afetado pela adição de nitrogênio ao solo, embora a adubação tenha provocado incrementos em praticamente todas as variáveis; considerando-se o conjunto dos tratamentos, os maiores valores ocorreram em geral no tratamento N2 (adição de 210 kg.ha<sup>-1</sup>), enquanto que os menores valores foram obtidos no grupo controle, sem adubação (Tabelas 2 e 3). Consideradas isoladamente, as variáveis podem responder de maneira diferente à adubação. Notou-se, principalmente para *T. durum* cv. IAC 1003, que as variáveis G/E (grãos.espiga<sup>-1</sup>), PHCT (peso hectolitro), GRA (produtividade de grãos) e IC (índice de colheita) não responderam à adição de nitrogênio quando o déficit hídrico foi aplicado na emergência das espigas (T4), ainda que a média dos tratamentos tenha respondido à adubação (Tabelas 2 e 3), sugerindo que o estresse nessa fase anulou os efeitos da aplicação de nitrogênio. Christen *et al*<sup>7</sup> estudaram o déficit temporário de água em um cultivar de trigo de primavera em três estádios do desenvolvimento da cultura (emergência da folha bandeira, emergência das espigas e florescimento), em diferentes níveis de nitrogênio, tendo observado que as maiores doses de nitrogênio compensaram parcialmente o efeito da escassez temporária de água, simplesmente por ter

aumentado também o número de espigas nos perfilhos secundários, o que não ocorreu neste trabalho. Nielsen e Halvorson <sup>20</sup>, trabalhando com trigo de inverno (*Triticum aestivum*), avaliaram a influência de diferentes níveis de nitrogênio sobre a resposta ao estresse hídrico em condições de plantio de sequeiro, tendo observado também que a altura, biomassa, índice de área foliar, profundidade da raiz e rendimento de grãos foram maiores com níveis mais altos de nitrogênio.

**TABELA 2** - Efeito da aplicação de deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos, em presença de diferentes níveis de nitrogênio, sobre o crescimento e produtividade de *Triticum aestivum* L. c.v. Anahuac. As últimas quatro linhas tratam das médias entre os tratamentos, para cada nível de nitrogênio.

	ALT	ARFO	NEMQ	G/E	PMG	PHCT	GRA	BIOM	N %	IC
T1N0	86.4a	26.3a	486a	48a	43.5a	80a	0.337a	1.012a	1.97b	33.3a
T2N0	75.5d	14.4c	514a	39bc	33.5c	74.7b	0.275c	0.840b	2.69a	32.8ab
T3N0	71.2e	12.2d	513a	38c	30d	70.4c	0.169d	0.569d	2.51a	29.7c
T4N0	80.1c	24.3b	504a	22d	29.6d	66.3d	0.045e	0.622c	2.73a	7.1d
T5N0	84.4b	27.4a	513a	43b	39.6b	78.8a	0.320b	1.002a	1.93b	31.9b
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	<b>1.1</b>	<b>0.9</b>	<b>37</b>	<b>4</b>	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>	<b>0.009</b>	<b>0.032</b>	<b>0.23</b>	<b>1</b>
T1N1	90.9a	28.1b	501b	51a	45.6a	81.6a	0.373a	1.073a	2.63bc	34.8a
T2N1	80d	17.8c	525ab	40c	35.7c	77.1b	0.289c	0.839c	2.85ab	34.4ab
T3N1	77.2e	14.4d	523ab	35d	33.9cd	73.1c	0.183d	0.547e	2.75bc	33.4b
T4N1	84.7c	27.4b	525ab	21e	31.8d	66.1d	0.047e	0.636d	3.07a	7.4c
T5N1	89.7b	30.1a	546a	45b	40.8b	78.9b	0.354b	1.025b	2.60c	34.8a
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	<b>1.1</b>	<b>0.9</b>	<b>37</b>	<b>4</b>	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>	<b>0.009</b>	<b>0.032</b>	<b>0.23</b>	<b>1</b>
T1N2	92.9a	28.3ab	509b	54a	48.1a	82.1a	0.384a	1.084a	2.73b	35.4a
T2N2	82.8d	19.2c	538ab	44b	38.7bc	79.1b	0.295c	0.840b	3.05a	35.1a
T3N2	79.8e	16.3d	523ab	35c	36.9c	75.9c	0.195d	0.581d	2.80b	33.7b
T4N2	87.2c	27.1b	543ab	24d	34.2d	64.9d	0.047e	0.632c	3.10a	7.5c
T5N2	91.9b	30.7a	550a	53a	43b	79.5b	0.374b	1.060a	2.71b	35.3a
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	<b>1.1</b>	<b>0.9</b>	<b>37</b>	<b>4</b>	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>	<b>0.009</b>	<b>0.032</b>	<b>0.23</b>	<b>1</b>
N0	79.5c	20.9c	506b	38b	35.2c	74c	0.229c	0.809c	2.37c	26.9b
N1	84.5b	23.5b	524a	38.4b	37.6b	75.4b	0.249b	0.824b	2.78b	29a
N2	86.9a	24.3a	532.6a	42a	40.2a	76.3a	0.259a	0.839a	2.88a	29.4a
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	<b>0.7</b>	<b>0.64</b>	<b>14</b>	<b>1.6</b>	<b>0.82</b>	<b>0.71</b>	<b>0.003</b>	<b>0.009</b>	<b>0.09</b>	<b>0.4</b>

ALT - altura da parte aérea; ARFO - área da folha bandeira; NEMQ - espigas.m<sup>-2</sup>; G/E - número de grãos por espiga; PMG - peso de mil grãos; PHCT - peso hectolitro; GRA - produtividade em grãos; BIOM - biomassa total da parte aérea; N% - porcentagem de nitrogênio no grão; IC - índice de colheita

Considerando-se apenas com as variáveis relacionadas à produtividade, ou seja, número de grãos/espiga, espigas/m<sup>2</sup>, peso de mil grãos, peso hectolitro e produtividade em grãos, observa-se que a suspensão da irrigação no perfilhamento (T2) tende a influenciar menos a produtividade de ambas as variedades pois, em geral, os valores em T2 se encontram mais próximos do grupo controle, em comparação com os demais tratamentos. Além disso, no cultivar IAC-1003, a adubação tendeu a reduzir mais esses indicadores de produtividade em T3 e T4 (Tabela 3). Misra *et al.* <sup>17</sup> mostraram que os estádios críticos de desenvolvimento do



trigo em função da umidade do solo são o florescimento e a formação do grão, o que concorda parcialmente com os nossos resultados, já que o estresse no estágio T5 (grão leitoso) não afetou a produtividade dos cultivares Anahuac e IAC-1003. Guarienti *et al.* <sup>14</sup>, por sua vez, observaram que o déficit hídrico do solo favoreceu o incremento das variáveis 'peso do hectolitro', 'peso de mil grãos' e 'rendimento de grãos' quando aplicado após a maturação fisiológica da semente, causando redução dessas variáveis quando aplicado em períodos anteriores. Quanto às variáveis "vegetativas" (altura, área da folha bandeira e biomassa da parte aérea), observa-se, tanto para *Triticum aestivum* cv. Anahuac, como para *T. durum* cv. IAC 1003, que os tratamentos T1 (controle) e T5 (déficit hídrico no estágio de grão leitoso) apresentaram valores próximos, ao passo que T3 (déficit hídrico no surgimento da espiga) foi o tratamento que produziu o estresse mais severo sobre o crescimento do trigo, avaliado por intermédio das variáveis acima.

**TABELA 3** – Efeito da aplicação de deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos, em presença de diferentes níveis de nitrogênio, sobre o crescimento e produtividade de *Triticum durum* L. c.v. IAC 1003. As últimas quatro linhas tratam das médias entre os tratamentos, para cada nível de nitrogênio.

	ALT	ARFO	NEMQ	G/E	PMG	PHCT	GRA	BIOM	N %	IC
T1N0	83.7a	26.2a	460a	57a	45.5a	81.2a	0.377a	1.106a	1.93c	34.3ab
T2N0	73.1c	12.5c	467a	46b	35.9c	79.5ab	0.301c	0.866c	2.22b	34.8a
T3N0	63.8d	11.1d	405b	35c	32.5d	76.9c	0.212d	0.628d	2.51a	33.7b
T4N0	75.2b	24.5b	386b	23d	32.8d	69.3d	0.047e	0.613d	2.63a	7.6c
T5N0	82.7a	26.2a	482a	53a	43.1b	78.1bc	0.338b	0.965b	2.20b	34.9a
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	<b>1.1</b>	<b>0.9</b>	<b>37</b>	<b>4</b>	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>	<b>0.009</b>	<b>0.032</b>	<b>0.23</b>	<b>1</b>
T1N1	87.1a	26.8b	464bc	60a	47.9a	81.9a	0.414a	1.140a	2.46d	36.4a
T2N1	77.5c	15c	468b	46b	39c	78.8bc	0.325c	0.898c	2.53cd	36.2a
T3N1	67.7d	12d	534a	37c	35.1d	77.1c	0.226d	0.632d	2.86b	35.8a
T4N1	78.9b	26.6b	450c	24d	33.1d	70.1d	0.049e	0.611d	3.10a	7.8b
T5N1	87.4a	27.5a	485bc	57a	45b	79.7b	0.376b	1.050b	2.70bc	35.8a
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	<b>1.1</b>	<b>0.9</b>	<b>37</b>	<b>4</b>	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>	<b>0.009</b>	<b>0.032</b>	<b>0.23</b>	<b>1</b>
T1N2	89.4a	27.3ab	499b	57a	51a	83.1a	0.430a	1.133a	2.58b	37.9a
T2N2	79.4c	15.5c	515ab	49b	43.4b	79.2b	0.337c	0.902c	2.65b	37.4ab
T3N2	70.9d	13.2d	549a	38c	39.3c	78.5b	0.233d	0.631d	2.90a	36.9b
T4N2	81.1b	27.7b	508b	24d	33.3d	70.5c	0.049e	0.663d	3.00a	7.2c
T5N2	90.2a	27.8a	482b	59a	43.2b	79.9b	0.389b	1.033b	2.96a	37.7ab
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	<b>1.1</b>	<b>0.9</b>	<b>37</b>	<b>4</b>	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>	<b>0.009</b>	<b>0.032</b>	<b>0.23</b>	<b>1</b>
N0	75.7c	20.1c	440c	42.8b	37.9c	77b	0.255c	0.835c	2.30c	29.1c
N1	79.7b	21.6b	480.2b	44.8a	40b	77.5ab	0.278b	0.866b	2.73b	30.4b
N2	82.2a	22.3a	510.6a	45.4a	42a	78.2a	0.288a	0.872a	2.82a	31.4a
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	<b>0.7</b>	<b>0.64</b>	<b>14</b>	<b>1.6</b>	<b>0.82</b>	<b>0.71</b>	<b>0.003</b>	<b>0.009</b>	<b>0.09</b>	<b>0.4</b>

ALT - altura da parte aérea; ARFO - área da folha bandeira; NEMQ - espigas.m<sup>-2</sup>; G/E - número de grãos por espiga; PMG - peso de mil grãos; PHCT - peso hectolitro; GRA - produtividade em grãos; BIOM - biomassa total da parte aérea; N% - porcentagem de nitrogênio no grão; IC - índice de colheita

De um modo geral, as duas variedades comportaram-se de maneira similar em relação aos tratamentos de deficiência hídrica e adubação nitrogenada. É possível concluir que a suspensão da irrigação no estágio de grão leitoso praticamente não é sentida pela planta, o que pode ser explicado pelo fato do desenvolvimento da cultura já estar quase completo nesse estágio fenológico. Isso concorda com Doorenbos e Kassan <sup>9</sup>, que observaram que na fase de grão leitoso o estresse hídrico só produzirá um pequeno efeito sobre o rendimento final do trigo. Uma condição de estresse é observada quando a suspensão da irrigação ocorre no começo do perfilhamento, tornando-se mais severa após o surgimento dos primórdios da espiga (T3) e, principalmente, início da emergência das espigas (T4). As variáveis de produtividade mostraram-se mais sensíveis à deficiência aplicada em T4, enquanto que as variáveis de crescimento vegetativo são mais prejudicadas pela suspensão das irrigações em T3, estágio em que ocorre a formação dos órgãos reprodutivos, devendo ocorrer, portanto, uma drenagem acentuada de recursos à custa das partes vegetativas. Westgate e Peterson <sup>30</sup>, e Frizzone e Ollita <sup>12</sup> encontraram resultados similares afirmando que, pelo fato dos tecidos dos órgãos reprodutivos serem muito susceptíveis a danos pela falta de água, a formação de pólen e a fecundação são afetadas, reduzindo assim a produtividade, considerando-se que nesse estágio é definido o tamanho e o número de grãos por espiga. Abayomi e Wright <sup>2</sup> observaram também que, de um modo geral, o estresse hídrico têm maior efeito na produtividade de cultivares de trigo quando ocorre durante o estágio reprodutivo.

A adição de nitrogênio tem um efeito positivo sobre o desenvolvimento e produtividade dos cultivares Anahuac e IAC-1003, mas praticamente não interfere nos padrões de resposta à deficiência hídrica aplicada em diferentes estádios fenológicos, indicando assim uma forte predominância do fator água. Em síntese: a fase de início do espigamento mostrou-se mais sensível à suspensão da irrigação, em termos de produtividade, em ambos os cultivares; o crescimento vegetativo foi mais afetado pela suspensão da irrigação no estágio de primórdio da espiga; o estágio de grão leitoso foi menos sensível à deficiência hídrica e; a adubação com nitrogênio não afetou o padrão de resposta dos cultivares aos tratamentos de deficiência hídrica

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelas bolsas concedidas durante a realização do presente trabalho

## **REFERÊNCIAS**

1. Aslan, M., Hussain, G., Hussain, M., Rashid, A (2008) Role of water stress at different growth stages in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Science International*, 20, 229-231.
2. Abayomi, Y. e Wright, D (1999) Effects of water stress on growth and yield of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Tropical Agriculture*, 76, 120-125.

3. Bond, J..J (1971) Soil water extraction by N-fertilized spring wheat. *Agronomy Journal*, 63, 280-283.
4. Bremner, J. M (1976) Total nitrogen. In: Black, C. A. et al. (Ed.) *Methods of soil analysis – Chemical and microbiological properties*. New York: Academic Press, pp. 1171-1178.
5. Camargo, C. O (1976) 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*, 35, 95-106.
6. Camargo, C. E. O., Felício, J. C., Ferreira Filho, A. W. P., Freitas, J. G., Pettinelli Junior, A., Ramos, V. J., Kanthack, R. A. D (1989) *Zoneamento para a cultura do trigo do Estado de São Paulo*. In: Reunião da Comissão Centro Sul Brasileira de Trigo, 5., Cornélio Procópio. ATAS: Cornélio Procópio: Cooperativa Agrícola de Cotia.
7. Christen, O.; Sieling, K., Richterharder, H., Hanus, H (1995) Effects of temporary water-stress before anthesis on growth, development and grain-yield of spring wheat. *European Journal of Agronomy*, 1, 27-36.
8. Doorembos, J., Kassam, A. H (1979) *Yield response to water*. Roma, FAO, 193 p.
9. Doorembos, J., Kassam, A. H (1988) *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. Roma FAO, 212 p.
10. Evans, L. T., Warlan, I. F., Fischer, R. A (1976) Wheat. In: Evans, L. T. *Crop Physiology*. London: Cambridge University Press, pp. 101-149.
11. Fischer, R. A (1980) Influence of water stress on crop yield in semiarid regions. In Turner, N.C.;Kramer, P. J. (Eds) *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*. New York: J. Wiley, pp. 323-339.
12. Frizzzone, J.A, Ollita, A. F. L (1990) Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento na produção do trigo. *Engenharia Rural*, 1, 23-26.
13. Gascho, G. J., Shih, S. F (1983) Sugarcane. In: Teere, I. D., Peet, M. M. *Crop Water relations*. New York: A Wirley Interscience, pp. 445-479.
14. Guarienti, E.M., Ciacco, C.F., Cunha, G.R., Del Duca, L.J.A., Camargo, C.M.O (2005) Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25, 412-418.
15. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Produção de Cereais, Leguminosas e Oleaginosas. Brasília,. Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_200912comentarios.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_200912comentarios.pdf). Acesso em: 20 Jan. 2010.
16. Lomas, J (1976) Meteorological requirements of the wheat crop. In: *WMO. Symposium on Agrometeorology of Wheat Crop*. Braunschweig, *Proceedings*, 396, pp. 1-29.
17. Misra, R. D., Sharma, K. C., Wright, B. C., Singh, V. P (1969) Critical stages in irrigation and irrigation requirements of wheat variety "Lerma Rojo". *Indian Journal of Agriculture Science*, 39, 898-906.
18. Mota, F. S (1982) Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil. In: OSÓRIO, E. A. (coord.). *Trigo no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, pp. 27-61.

19. Moreira, D. R., Cardoso, V.J.M (1998) Effect of soil moisture content and the irrigation frequency on the sugarcane germination. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33, 721-729.
20. Nielsen, D. C., Halvorson, A. D (1991) Nitrogen Fertility Influence on Water Stress and Yield of Winter Wheat. *Agronomy Journal*, 83, 1065-1070.
21. Parameswaran, K. V. M., Graham, R. D., Aspinall, O (1984). Studies on the nitrogen and water relations of wheat. II. Effects of varying nitrogen and water dippy on growth and grain yield. *Irrigation Science*, 5, 105-121.
22. Rodrigues, O., Lhamby, J. C. B., Didonet, A. D., Marchese, J. A., Scipioni, C (1998) Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33, 839-846.
23. Scheeren, P. L (1986) *Informações sobre o trigo no Brasil (Triticum spp)* Passo Fundo EMBRAPA - CNPT.
24. Shimischi, D., Kafkafi, U (1978) The effect of supplemental irrigation and nitrogen fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.). *Irrigation Science*, 1, 27-38.
25. Singh, S. D (1981) Moisture-sensitive growth stages of dwarf wheat and optimal sequencing of evapotranspiration deficits. *Agronomy Journal*, 73, 387-391.
26. Slavik, B (1974) *Methods of Studying Plant Water Relations*, Berlin: Springer-Verlag.
27. Stanciu, G., Neacsu, A (2008) Effects of genotype, nitrogen fertilizer and water stress on mixing parameters in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Romanian Agricultural Research*, 25, 29-35.
28. Trindade, M.G., Stone, L.F., Heinemann, A.B., Canovas, A.D., Moreira, A.A (2006) Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10, 24-29.
29. Waraich, E.A., Ahmad, R., Ahmad, S., Ullah, S (2008) Water use efficiency and yield performance of wheat (*Triticum aestivum*) under different levels of irrigation and nitrogen. *Caderno de Pesquisa Serie Biologia*, 20, 23-34.
30. Westgate, M. E., Peterson, C.M (1993) Flower and pod development in water deficient soybeans (*Glycine max*) *Journal of Experimental Biology*, 44, 109-117.



Naturalia – eISSN:2177-0727 - ISSN: 0101-1944 - UNESP, Rio Claro, SP, Brasil  
 Licenciada sob [Licença Creative Commons](#)