



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DO REDUTOR DE  
CRESCIMENTO (trinexapac-ethyl) EM  
GENÓTIPOS DE TRIGO SOB DIFERENTES  
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

**ADLEY CAMARGO ZIVIANI**

**TESE DE DOUTORADO  
EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF**

**MARÇO/2014**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DO REDUTOR DE CRESCIMENTO  
(trinexapac-ethyl) EM GENÓTIPOS DE TRIGO SOB DIFERENTES  
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

**ADLEY CAMARGO ZIVIANI**

**ORIENTADORA: MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS  
CO-ORIENTADOR: WALTER QUADROS RIBEIRO JÚNIOR**

**TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA**

**PUBLICAÇÃO: 24/2014**

**BRASÍLIA/DF**

**MARÇO/2014**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**EFEITO DA APLICAÇÃO DO REDUTOR DE CRESCIMENTO  
(trinexapac-ethyl) EM GENÓTIPOS DE TRIGO SOB DIFERENTES  
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

**ADLEY CAMARGO ZIVIANI**

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À  
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM AGRONOMIA**

**APROVADA POR:**

---

**MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS, Ph.D. (UnB – FAV)**  
**(ORIENTADORA) CPF: 002.094.438-12. E-mail: [lucrecia@unb.br](mailto:lucrecia@unb.br)**

---

**JOSÉ RICARDO PEIXOTO, Dr. Professor Associado.**  
**(UnB – FAV) – CPF: 354.356.236-34. E-mail: [peixoto@unb.br](mailto:peixoto@unb.br)**

---

**EIYTI KATO, Dr., Professor Adjunto.**  
**(UnB – FAV) – CPF: 143483571-53. E-mail: [kato@unb.br](mailto:kato@unb.br)**

---

**ANDRÉ FERREIRA PEREIRA, Dr. Pesquisador.**  
**(Embrapa – Cerrados) – CPF: 898.027.301-06. E-mail: [andre.ferreira@embrapa.br](mailto:andre.ferreira@embrapa.br)**

---

**CRISTIANE ANDRÉA DE LIMA, Dra. Pesquisadora PNPd**  
**(Embrapa – Cerrados/UnB) – CPF: 007.117.611-08: E-mail: [agro.cristiane@gmail.com](mailto:agro.cristiane@gmail.com)**

**BRASÍLIA/DF, 12 de Março de 2014.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ziviani, Adley Camargo

Efeito da aplicação do redutor de crescimento (trinexapac-ethyl) em genótipos de trigo sob diferentes lâminas de irrigação. / Adley Camargo Ziviani; Orientação de Maria Lucrecia Gerosa Ramos; Co-orientação de Walter Quadros Ribeiro Júnior – Brasília, 2014.

95 p. : il.

Tese de Doutorado (D) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014.

1. *Triticum aestivum*. 2. Déficit hídrico. 3. Regulador de crescimento. 4. Tolerância à seca. I. Ramos, M. L. G. II. PhD.

CDD ou CDU  
Agris / FAO

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ZIVIANI, A. C. **Efeito da aplicação do redutor de crescimento (trinexapac-ethyl) em genótipos de trigo sob diferentes lâminas de irrigação**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 95 p. Tese de Doutorado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Adley Camargo Ziviani

TÍTULO DA TESE: Efeito da aplicação do redutor de crescimento (trinexapac-ethyl) em genótipos de trigo sob diferentes lâminas de irrigação

GRAU: Doutor ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

-----  
Nome: Adley Camargo Ziviani

CPF: 119.953.718-74

Tel. (61) 9976 – 9608

Email: adley@agronomo.eng.br

*Dedicatória*

**Ao meu filho  
Atílio Martins Ziviani  
que trouxe luz à minha vida e se  
tornou a principal razão da minha existência**

## AGRADECIMENTOS

À Deus por guiar meus passos e me indicar o caminho do bem.

Aos meus orientadores Walter Quadros e Maria Lucrecia por me servirem de referência de companheirismo, de dedicação, de família, de honestidade, de motivação e de amizade. Sou muito grato a vocês!

Aos membros da banca: André Pereira, Cristiane Andréa, Eiyti Kato e José Ricardo Peixoto pelas relevantes contribuições para este trabalho.

A Lúcia Elena Martins Ziviani pelo apoio incondicional na realização deste trabalho e por zelar tão bem pelo maior tesouro das nossas vidas.

Aos meus pais João Bosco e Zilda pela base sólida na formação do meu caráter.

Aos meus grandes amigos Adilson Jayme, Antônio Alberto Fonseca Filho, Marco Aurélio A. F. Barbosa, Omar Rocha e Remidijo Tomazini pelas orientações, discussões e apoio em TODAS as etapas da minha história recente.

As minhas grandes amigas da UPIS: Fabiana Elias, Marília Viviane Snel de Oliveira e Soraya Vasconcelos por me aturarem por todos esses anos.

A Adriana Moraes Silva pelo auxílio nas formatações e revisões e principalmente pela amizade.

A Eliandra Bianchini pelo auxílio nas análises estatísticas, formatações e tantas discussões, colaborando de forma significativa na realização desse sonho.

A Leticia Rampazzo pelas valiosas sugestões e discussões.

A Vilma Gomes pelo exemplo de determinação e superação constantes.

Aos meus avós Aguinaldo e Édima pelo exemplo de vida.

Aos antigos estagiários e atuais colegas de profissão (“e dos bons”): Afonso Côrtes Diniz Neto, Auri Fernando de Moraes, Ednei Izoton, Giovani Felipe Sandri, Johnson Zuketta Sousa e Vagnir Uebel pelo auxílio na condução dos experimentos.

A todos os colegas, alunos, funcionários e docentes do IFB, em especial: Anna Carolina, Caio Vinícius, Cleuza, Cris, Larissa Oliveira, Marcinha, Marcelo Salviano, Marly, Maria Dourado, Marizelma, Monaliza, Silvia e Vânia pelo apoio durante essa etapa.

Aos meus “irmãos de sangue” André Camargo Ziviani e Breno Camargo Ziviani e aos “irmãos do peito” Adilson Jayme de Oliveira, Fausto Ferreira de Sousa e Márcio Henrique Gomes de Mello pelo apoio nos momentos difíceis.

Aos funcionários da Embrapa Cerrados: Alberto Pires, Fabiano Sagin e Ronaldo Bedeu, pelo apoio nos trabalhos de campo.

Aos colaboradores e docentes da UPIS, em especial: Anderson Cordeiro, Anderson Farias, Álvaro Aguiar, Antônio Fabrício, Emanuel Elzo, Fernanda Mulinari, Francinete Melo, Gislaine Gonçalves, Guilherme Carvalho, Janine Camargo, Karina Hass, Leandro Moraes Souza, Luciana Dinato, Marlene Silva, Mateus Rollemberg Santin, Paulo César Sales, Rogério Rodrigues, Rosemary Araújo e Simone Carolina, pelo apoio e amizade.

A UPIS pela oportunidade de ascensão profissional.

## ÍNDICE

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 OBJETIVOS .....	3
1.2 HIPÓTESES .....	4
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	5
2.1 ALIANÇA .....	17
2.2 BRILHANTE .....	17
2.3 PF020037 .....	18
2.4 PF020062 .....	18
2.5 REFERÊNCIAS .....	19
CAPÍTULO 1	
<b>EFEITO DA APLICAÇÃO DO REDUTOR DE CRESCIMENTO NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE TRIGO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO</b> .....	27
3.1 INTRODUÇÃO .....	30
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
3.4 CONCLUSÕES .....	48
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49
CAPÍTULO 2	
<b>EFEITO DA APLICAÇÃO DO REDUTOR DE CRESCIMENTO NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E NA EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM GENÓTIPOS DE TRIGO SUBMETIDOS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO</b> .....	54
4.1 INTRODUÇÃO .....	56
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	58
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	62
4.4 CONCLUSÕES .....	70
4.5 REFERÊNCIAS .....	71
CAPÍTULO 3	
<b>EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE REDUTOR DE CRESCIMENTO NA PRODUÇÃO DE TRIGO IRRIGADO NA REGIÃO DO DISTRITO FEDERAL</b> .....	74
5.1 INTRODUÇÃO .....	77
5.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	78
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	81
5.4 CONCLUSÕES .....	91
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92
<b>ANEXOS</b> .....	94
Anexo A – Resumo da análise de variância da produtividade de grãos, eficiência no uso de água e comprimento da espiga relacionadas ao efeito da aplicação do redutor de crescimento em diferentes genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação..	95
Anexo B – Resumo do resultado da análise de variância para altura de plantas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência de diferentes genótipos de trigo submetidos a aplicação de redutor de crescimento e a diferentes lâminas de irrigação. ....	96

## ÍNDICE DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Atributos químicos da camada 0 a 20 cm de profundidade do Latossolo Vermelho Escuro – Textura argilosa - utilizado na área experimental, em Planaltina-DF, 2010. ....	33
Tabela 2 – Resumo da análise de variância da produtividade de grãos (PROD), massa de mil grãos (MMIL), massa do hectolitro (PH), número de espigas por metro quadrado (NESP), número de grãos por metro quadrado (NGM2), número de grãos por espiga (NGESP) e massa de grãos por espiga (MGESP) do efeito da aplicação do redutor de crescimento nos diferentes genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação, em Planaltina-DF, 2010. ....	36
Tabela 3 - Massa de mil grãos de quatro genótipos de trigo tratados com redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010 .....	37
Tabela 4 - Massa média de mil grãos de quatro genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação, em Planaltina-DF, 2010. ....	38
Tabela 5 - Número de espigas de trigo por metro quadrado, submetidos a diferentes doses de redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010. ....	40
Tabela 6 - Número de espigas por metro quadrado, de genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação.....	41
Tabela 7 - Número médio de grãos de trigo por metro quadrado .....	42
Tabela 8 - Massa de grãos (g) por espiga de genótipos de trigo, submetidos a diferentes lâminas de irrigação, em Planaltina-DF, 2010. ....	44
Tabela 9 - Produtividade de grãos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação e doses de redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010. ....	45
Tabela 10 - Produtividade de grãos de genótipos de trigo, submetidos a diferentes lâminas de irrigação, em Planaltina-DF, 2010. ....	47

### CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e eficiência no uso de água ( $\text{g l}^{-1} \text{m}^{-2}$ ) relacionado ao efeito da aplicação do redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010.....	62
Tabela 2 - Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e eficiência no uso de água ( $\text{g l}^{-1} \text{m}^{-2}$ ) relacionado ao efeito da aplicação do redutor de crescimento em diferentes lâminas de água aplicadas, em Planaltina-DF, 2010.....	63
Tabela 3 - Produtividade de grãos e eficiência no uso de água relacionado ao efeito do genótipo em diferentes lâminas de água aplicadas, em Planaltina-DF, 2010. ....	65
Tabela 4 - Altura de plantas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência e comprimento da espiga relacionado ao efeito da aplicação do redutor de crescimento .....	67
Tabela 5 - Altura de plantas (cm) de genótipos de trigo, aos 100 dias após a emergência, em diferentes doses de redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010. ....	69

### CAPÍTULO 3

Tabela 1 – Atributos químicos da camada 0 a 20 cm de profundidade do Latossolo Vermelho – Textura argilosa - utilizado na área experimental, em Planaltina-DF, 2010.....	78
Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura de plantas avaliadas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência, em Planaltina-DF, 2010. ....	81
Tabela 3. Altura de cinco genótipos de trigo irrigado avaliados aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência (DAE) , em Planaltina-DF, 2010.....	81
Tabela 4. Efeito das doses de trinexapac-ethyl na altura de plantas avaliadas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência do trigo, em Planaltina-DF, 2010. ....	82

Tabela 5. Altura de plantas de genótipos de trigo, avaliadas aos 100 dias após emergência, tratados com diferentes doses de redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010.....	83
Tabela 6. Resumo da análise de variância para massa de 1000 grãos, massa do hectolitro e produtividade de grãos, em Planaltina-DF, 2010.....	87
Tabela 7. Peso de 1000 grãos, peso hectolitro e produtividade de cinco genótipos de trigo irrigado, em Planaltina-DF, 2010.....	87
Tabela 8. Massa de 1000 grãos (g), peso do hectolitro (kg hL <sup>-1</sup> ) e produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) nas diferentes doses de trinexapac-ethyl, em Planaltina-DF, 2010.....	89

#### ANEXOS

Anexo A – Resumo da análise de variância da produtividade de grãos, eficiência no uso de água e comprimento da espiga relacionadas ao efeito da aplicação do redutor de crescimento em diferentes genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação. ....	95
Anexo B – Resumo do resultado da análise de variância para altura de plantas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência de diferentes genótipos de trigo submetidos a aplicação de redutor de crescimento e a diferentes lâminas de irrigação. ....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1. Série histórica das precipitações de 1974 a 2010 (mm) e precipitações (mm), temperaturas máximas e mínimas (°C) para o ano de 2010. ....	33
Figura 2- (A) Massa de mil grãos (g) e (B) peso do hectolitro de diferentes genótipos de trigo em função de diferentes lâminas de irrigação (mm).....	40
Figura 3 - Número de espigas por metro quadrado de diferentes genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação (mm).....	41
Figura 4 – Número de grãos de trigo por metro quadrado com e sem a aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em função de diferentes lâminas de irrigação (mm).....	43
Figura 5 - Massa de grãos por espiga (g) de diferentes genótipos de trigo por metro quadrado em função de diferentes lâminas de irrigação (mm) .....	44
Figura 6 - Produtividade de grãos de trigo em função de diferentes lâminas de irrigação e da aplicação de redutor de crescimento .....	46
Figura 7 - Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) de diferentes genótipos de trigo em função de diferentes lâminas de irrigação (mm).....	47

### CAPÍTULO 2

Figura 1 – Temperaturas máximas e mínimas (°C) e a precipitação pluviométrica (mm) observadas durante o período de condução do experimento em Planaltina DF no ano de 2010. ....	59
Figura 2 -Eficiência no uso da água (g l <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> ) em diferentes lâminas de irrigação e aplicação de redutor de crescimento. ....	64
Figura 3 – Evolução da altura das plantas do trigo, com e sem a aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, avaliadas aos 30, 45, 65 e 100 DAE em função das diferentes lâminas de irrigação .....	68

### CAPÍTULO 3

Figura 1. Altura de plantas do genótipo Aliança avaliada aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha <sup>-1</sup> . ....	84
Figura 2. Altura de plantas do genótipo Brilhante avaliada aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha <sup>-1</sup> . ....	84
Figura 3. Altura de plantas do genótipo BRS254 avaliada aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha <sup>-1</sup> . ....	85
Figura 4. Altura de plantas do genótipo PF020037 avaliada aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha <sup>-1</sup> . ....	85
Figura 5. Altura de plantas do genótipo PF020062 avaliada aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha <sup>-1</sup> . ....	86
Figura 6. Massa do hectolitro (kg hL <sup>-1</sup> ) dos cinco genótipos em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha <sup>-1</sup> . ....	88
Figura 7. Produtividade de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> ) dos cinco genótipos em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha <sup>-1</sup> . ....	89

# EFEITO DA APLICAÇÃO DO REDUTOR DE CRESCIMENTO (trinexapac-ethyl) EM GENÓTIPOS DE TRIGO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

## RESUMO GERAL

O cerrado brasileiro apresenta enorme potencial para a produção de trigo na época denominada de “safrinha” que corresponde a implantação da triticultura em sucessão à soja precoce ou ao cultivo do feijão. Entretanto, essa época do ano associa temperatura relativamente elevada e baixa disponibilidade hídrica, necessitando de plantas mais tolerantes à seca ou da utilização de um sistema de manejo que as torne mais tolerantes. O objetivo principal deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação de redutor de crescimento no desenvolvimento vegetativo, produção e eficiência no uso da água em genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação. Foram instalados dois experimentos durante o inverno de 2010 na área experimental da Embrapa Cerrados em Planaltina-DF, um com delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema de parcelas sub-subdivididas com três repetições. As parcelas foram submetidas a 0 ou 125 g i.a. ha<sup>-1</sup> do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, nas sub-parcelas foram semeados quatro diferentes genótipos de trigo (Aliança, Brilhante, PF020037 e PF020067) e nas sub-subparcelas foram aplicados quatro diferentes níveis de irrigação correspondentes a 572 (108%), 530 (100%), 364 (69%) e 204 (38%) mm, respectivamente, e considerados como: excesso de água, lâmina normal (100%), estressado e muito estressado. Nesse experimento foram avaliados: a produtividade de grãos (PROD); o comprimento médio de todas as espigas de um metro quadrado (CESP); o número de espigas por metro quadrado (NESP); a massa de grãos por espiga (MGESP); a massa média de 1000 grãos (MMIL); o número de grãos por metro quadrado (NGM2); o número de grãos por espiga (NGESP); a massa do hectolitro (PH), a eficiência no uso da água (EUA) e a altura das plantas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência. No segundo experimento foi avaliado o efeito da aplicação de três diferentes doses (0, 125 e 250 gramas do ingrediente ativo por hectare) do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, em cinco genótipos de trigo (Aliança, Brilhante, BRS254, PF020037 e PF020062) sob irrigação convencional, em esquema fatorial 3 x 5. No segundo experimento o desenvolvimento vegetativo do trigo foi avaliado por meio da altura das plantas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência e do CESP. Também foi determinado a MMIL, o PH e a PROD. A aplicação do redutor de crescimento não afetou significativamente nenhum dos componentes de produção avaliados, evidenciando que não constitui um manejo eficaz para o aumento da tolerância da planta de trigo ao estresse hídrico. O trinexapac-ethyl propiciou uma menor eficiência no uso de água na condição de estresse hídrico severo (204 mm) e uma maior eficiência na lâmina correspondente ao estresse hídrico moderado (364 mm), porém não influenciou no rendimento de grãos. A linhagem PF020062 apresentou a maior eficiência no uso da água na condição de estresse severo. O redutor afetou a altura final das plantas em todos os genótipos. A aplicação do trinexapac-ethyl foi eficiente nas maiores lâminas de água. Foi observada ainda, resposta significativa e positiva na produtividade média de grãos com a maior dose de redutor utilizada que correspondeu ao dobro da dose comercialmente recomendada.

**Palavras-Chave:** *Triticum aestivum* L., déficit hídrico, regulador de crescimento, tolerância à seca.

## EFFECT OF APPLICATION OF GROWTH REDUCER (TRINEXAPAC-ETHYL) IN WHEAT GENOTYPES UNDER DIFFERENT IRRIGATION LEVELS

### ABSTRACT

Brazilian cerrado presents enormous potential for wheat production at the period called "off-season" that corresponds to field wheat cultivation in succession to early season soybean or common bean cultivation. However, this period of year associates relatively high temperature and low water availability, requiring crops more tolerant to drought or the use of a management system that makes them more tolerant. The main objective of this study was to evaluate the effect of growth reducer in vegetative growth, productivity and water use efficiency, in four wheat genotypes under different irrigation levels. Two experiments were established during the winter of 2010 at the experimental area of Embrapa Cerrados at Planaltina-DF, with a randomized block design with a sub-sub plots scheme and three replicates. The plots received the doses of 0 or 125 g ai ha<sup>-1</sup> of growth reducer trinexapac-ethyl. In the sub-plots were sown four different wheat genotypes (Alliança, Brilhante, PF020037 and PF020067). The sub-sub-plots were four levels of irrigation: 572 (108 %), 530 (100%), 364 (69%) and 204 (38%) mm considered as excess water, normal, stressed, and very stressed, respectively. In the first experiment were evaluated: grain yield (PROD); the average length of all the spikes of one square meter (CESP); the number of spikes per square meter (NESP); the mass of grains per spike (MGESP); the average weight of 1000 grains (MMIL); the number of grains per square meter (NGM2); the number of grains per spike (NGESP); hectoliter mass (PH), the efficiency of water use (USA) and plant height at 30, 45, 65 and 100 days after emergence. In the second experiment, it was evaluated the effect of three different doses (0, 125 and 250 grams of active ingredient per hectare) of growth reducer in five genotypes (Aliança, Brilhante, BRS254, PF020037 and PF020062) under conventional irrigation and cultivation. The experimental design was randomized blocks, with three replicates, in a factorial scheme 3x5. In the second experiment the vegetative growth of wheat was evaluated by plant height at 30, 45, 65 and 100 days after emergence and CESP. It was also determined MMIL, pH and Prod. The application of growth reducer did not affect significantly any of the yield components evaluated, showing that this practice is not an effective management for increased wheat tolerance to water stress. The trinexapac-ethyl provided a lower water use efficiency in the condition of severe water stress (204 mm) and a greater efficiency in the water level corresponding to moderate stress (364 mm) and did not affect grain yield. The PF020062 wheat line showed higher efficiency of water use in the condition of severe stress. The growth reducer affect the final plant height in all genotypes. The application of trinexapac-ethyl was efficient in the higher water levels. Significant positive response was also observed in the grain yield with the highest dose of growth reducer commercially used and corresponded to twice the recommended dose. The PF020062 wheat line showed higher water use efficiency in the condition of severe stress. The growth reducer affected the final plant height in all genotypes. The application of Trinexapac-ethyl was efficient in the higher water levels. Significant positive response was also observed in the mean grain yield with the highest dose of growth reducer used which corresponded to twice the commercially recommended dose.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., water deficit, growth regulator, drought tolerance.

## 1 INTRODUÇÃO

Recentemente, o tema “Mudanças Climáticas” e suas consequências tem ocupado intensamente a mídia nacional e internacional. O assunto é de grande relevância e a sociedade tem exigido e valorizado ações públicas e privadas no intuito de buscar alternativas que possam minimizar, ou pelo menos retardar, os efeitos maléficos do progresso insustentável. Essas previsões abarcam desde o aumento da temperatura global até mudanças drásticas na distribuição das culturas pelo planeta e, como consequência, regiões tradicionalmente produtoras de grãos poderão vir a perder essa aptidão, mudando radicalmente os arranjos produtivos locais. O aumento de temperatura pode provocar perdas nas safras de grãos de R\$ 7,4 bilhões já em 2020. Até 2100, previsões mais otimistas revelam um aumento de temperatura entre 1,4 e 3,8 °C e as mais pessimistas estimam que o incremento deverá ser entre 2,0 e 5,4 °C (ASSAD e PINTO, 2008).

Outros autores estimam que as temperaturas poderão aumentar de 1,8 a 4,0 °C ainda neste século (IPCC, 2007), prevendo modificações no comportamento climático em várias regiões e países, o que pode causar mudanças fisiológicas nas estruturas das plantas que terão que se adaptar às novas condições (SANTI et al., 2010).

Baseados nessas novas condições climáticas previstas, os países em desenvolvimento poderão vir a sofrer com maior intensidade os efeitos das alterações climáticas, uma vez que a economia desses países é fortemente dependente da atividade agrícola e a água terá um papel ainda mais fundamental para alcançar boas produtividades (PELLEGRINO et al., 2007).

Independentemente das previsões estarem embasadas em modelos reais e relevantes, ou ainda, do homem ser o grande responsável pela aceleração das catastróficas alterações no clima, a agropecuária nacional já tem sentido alguns desses efeitos, especialmente por estar instalada, em sua grande maioria, sob manejo não irrigado (cultivo de sequeiro) onde

quaisquer alterações na temperatura, precipitação, umidade relativa, entre outras, acarretam prejuízos na produção e na qualidade de muitos produtos. Torna-se, portanto, imprescindível um maior conhecimento dos fatores biológicos e climáticos relacionados à tolerância ao déficit hídrico, de forma a garantir que a curto período de tempo, a agricultura brasileira possa contar com genótipos cada vez mais adaptados ao estresse hídrico. Estudos relacionados à tolerância à seca serão cada vez mais estratégicos para o país, em especial pelo seu impacto direto na produção das culturas (PENNISI, 2008).

Dentre as diversas fontes de alimentos no mundo, o trigo juntamente com a cevada e a ervilha podem ter sido os precursores da agricultura. Há relatos mostrando que há mais de doze mil anos o trigo vem sendo utilizado na alimentação humana. Nos dias atuais apresenta destaque na composição alimentar mundial, principalmente como fonte de energia sendo ainda, a única farinha “panificável”.

A produção mundial de trigo na safra 2012/2013, segundo a CONAB (2013), foi de cerca de 653,6 milhões de toneladas cultivadas em uma área de aproximadamente 216 milhões de hectares. Destacam-se como principais produtores a União Européia, seguida da China, Índia, Rússia e Estados Unidos da América (respectivamente com 137,2, 117,4, 86,9, 56,2 e 54,4 milhões de toneladas na safra 2011/12), tendo esse último ocupado a primeira colocação entre os exportadores (20,2 milhões de toneladas na safra 2011/12) embarcando quase a metade de sua produção. A Argentina é a maior produtora do Mercosul, atingindo na safra 2011/2012 cerca de 9,4 milhões de toneladas.

Segundo o mesmo autor, o Brasil na safra 2011/2012 produziu cerca de 5,8 milhões de toneladas de trigo em uma área de aproximadamente 2 milhões de hectares. O consumo de trigo nacional é de cerca de 10,4 milhões de toneladas, o que coloca o país como relevante importador do cereal, principalmente oriundo da Argentina. Os estados do Rio Grande do Sul e do Paraná são os maiores produtores nacionais de trigo, somando juntos cerca de 5,2

milhões de toneladas (90% da produção nacional). O Distrito Federal cultivou na safra 2009/2010 uma área de 2500 hectares tendo alcançado destaque pela qualidade do trigo produzido, bem como pela primeira colocação em produtividade ( $5650 \text{ kg ha}^{-1}$ ), mais que o dobro da média dos maiores estados produtores e da média nacional que atingem, respectivamente, 2034 e  $2070 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A disponibilização de germoplasma, devidamente caracterizado para tolerância à seca ou a determinação de mecanismos ou sistemas de manejo que confirmem maior tolerância ao estresse hídrico, constitui uma importante ferramenta para a pesquisa, possibilitando a geração de novos cultivares e sistemas de produção adaptados a cultivo na época denominada de “safrinha”.

## **1.1 OBJETIVOS**

### Geral:

- Auxiliar a viabilização de utilização de trigo safrinha e identificar possíveis genótipos e ou sistemas de manejo que propiciem maior tolerância à seca, no cerrado brasileiro.

### Específicos:

- Identificar genótipos de trigo eficientes no uso de água para serem inseridos em programas de melhoramento da cultura;

- Avaliar o efeito do trinexapac-ethyl em diferentes níveis de estresse hídrico;

- Caracterizar o comportamento dos parâmetros morfológicos de alguns genótipos de trigo em diferentes níveis de estresse hídrico.

## **1.2 HIPÓTESES**

- Existe variabilidade nos mecanismos de tolerância à seca dos genótipos avaliados;
- É possível identificar as mudanças morfológicas de tolerância à seca, ocorridas em plantas de trigo submetidas à ação de regulador de crescimento;
- O redutor de crescimento induz tolerância à seca em plantas de trigo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O trigo irrigado tem apresentado altas produtividades no Cerrado contrastando com o de sequeiro que é cultivado em safrinha, logo após a colheita da cultura principal (predominantemente a soja) e é plantado mais frequentemente em sistema de plantio direto (CUNHA, 2005). Portanto, a cultura pode assumir relevância como segunda safra agrícola do ano, geradora de renda ao produtor por ser passível de cultivo a partir de meados de fevereiro, em sequência ao cultivo de genótipos de soja precoce e de milho superprecoce atualmente disponíveis no mercado. A viabilização do trigo safrinha pode significar a manutenção dos outros cultivos devido à redução da pressão de patógenos, principalmente em leguminosas como a soja ou o feijão. Além disso, o trigo é uma espécie que se destaca no sistema de plantio direto por sua alta capacidade de produção de palhada, melhorando a conservação do solo (DA SILVA et al., 2008a; DA SILVA et al., 2008b). Neste sentido, a diversificação de culturas, com a inserção de trigo de sequeiro, seria extremamente conveniente quando se busca uma visão sistêmica, tanto sócio-econômica quanto ambiental.

Existe, ainda, uma forte demanda de produção de trigo, pois o Brasil se destaca como o maior importador desse cereal (CONAB, 2011), reduzindo as divisas para o país. A região sul do Brasil, tradicional produtora, não é capaz de suprir a demanda brasileira de trigo havendo, portanto, a necessidade de expansão para novas fronteiras agrícolas, uma vez que a produção interna tem atendido apenas 50% das necessidades do mercado.

O Centro-Oeste, embora apresente área potencial para o cultivo desse cereal equivalente a mais de quatro milhões de hectares, na safra 2009/2010 respondeu por apenas 2,8 % da área cultivada (CONAB, 2011), o que provocou a necessidade de importação do produto de outras regiões do Brasil e do mundo.

O cerrado tem potencial de expansão para produzir 1,5 milhões de hectares em sistema irrigado e 2,5 milhões de hectares para o cultivo de trigo sequeiro (ALBRECHT et al., 2007).

A produtividade média das áreas irrigadas fica em torno de 5 a 7 toneladas por hectare enquanto que o trigo de sequeiro atinge cerca de 0,6 a 2,0 toneladas por hectare. Considerando-se essa produtividade média de duas toneladas por hectare, valor próximo da média nacional, e ainda, o cultivo em uma área de 2,5 milhões de hectares, cerca de cinco por cento da área agricultável da região (CONAB, 2013), estima-se um montante capaz de suprir a demanda de trigo atualmente importada pelo Brasil.

É importante ressaltar que os custos de produção envolvidos no cultivo em safrinha são bem menores quando comparados ao cultivo irrigado, principalmente quando cultivado após a soja (SILVA, 2001) e que o cultivo de sequeiro, apesar de não se tratar de rotação de culturas, ajuda a quebrar o ciclo de algumas doenças e a melhorar a estrutura física do solo, proporcionando uma boa cobertura com a palhada e aumentando a retenção de água no solo (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2007). Entretanto, como o trigo de sequeiro é semeado no final da estação chuvosa, a ocorrência do déficit hídrico, do calor intenso em grande parte das áreas agricultáveis e ainda da susceptibilidade ao brusone, restringem a área atualmente cultivada.

O nível de tolerância a estresses abióticos em Triticeae é mais acentuado que para outras culturas (LANGRIDGE et al., 2006). Essas plantas podem oferecer uma rica e inexplorada fonte de genes relacionados com adaptação em condições adversas e que podem ser utilizados para o melhoramento do próprio trigo e de outras culturas.

Adicionalmente, as técnicas de manejo podem influenciar positivamente no aumento da tolerância ao estresse hídrico nas plantas. A aplicação de redutor de crescimento promove o encurtamento entre a fonte (folha bandeira) e o dreno (espiga), o que reduz a distância percorrida pelos fotoassimilados da folha bandeira até os grãos. Com a diminuição da altura das plantas e da área da folha bandeira, a luz que chega até a parte inferior do dossel da planta

de trigo é maior, aumentando a atividade fotossintética e a produção de fotoassimilados pela planta (FIOREZE, 2011).

Apesar do trigo ser uma planta bastante exigente, a cultura adapta-se tanto em regiões de climas desérticos (MOHAMMADI et al., 2012) como também naquelas com alta precipitação pluvial como nos países da Índia e China, devido ao aprimoramento genético do cereal (SILVA, 2001).

No Brasil, este cereal é cultivado principalmente na região sul, concentrando a produção no Paraná e no Rio Grande do Sul (CONAB, 2013). Porém apresenta potencial produtivo para avançar até a região Central do país, apresentando-se como importante estratégia de diversificação de culturas (BACALTCHUK et al., 2001; SILVA, 2001).

No Cerrado brasileiro o trigo pode ser cultivado em duas épocas distintas: a primeira é o cultivo irrigado, que demanda investimentos, sendo viável, portanto, em áreas restritas que possuem infraestrutura de irrigação. A expansão da área irrigada depende da disponibilidade de água e, ainda, a cultura do trigo, compete diretamente com o feijão, a batata, as hortaliças, dentre outras, de alto retorno econômico, reduzindo a atratividade para seu cultivo. Outra opção de cultivo é o plantio em safrinha, logo após a colheita da safra agrícola principal no sistema de plantio direto, uma vez que é uma cultura que deixa uma excelente palhada no solo, melhorando a sustentabilidade do sistema agrícola regional através da melhoria na retenção de água no solo e na fertilidade (SÓ E SILVA, 2001) em especial pelo fato que nas condições de safrinha, no Cerrado brasileiro ocorrer o veranico, que é a interrupção do período chuvoso por um determinado tempo (ASSAD et al., 1993)

Longos períodos de estiagem e temperaturas elevadas podem reduzir consideravelmente a produtividade de algumas culturas (NEPOMUCENO et al., 2001) acarretando em deficiência hídrica que por sua vez resulta no enrolamento e posterior

senescência das folhas sinteticamente ativas. Assim, o desenvolvimento vegetativo das plantas também é afetado, reduzindo a estatura e o ciclo da cultura (KUNZ et al., 2007).

A planta de trigo exige temperaturas amenas no período noturno. Temperaturas superiores a 25 °C, interferem diretamente na altura e no aumento da incidência de doenças (SILVA et al., 1996) reduzindo o ciclo da cultura e conseqüente perda da qualidade dos grãos e a redução da produtividade (GUARIENTI et al., 2004).

O trigo irrigado está distribuído nas seguintes áreas do cerrado brasileiro: Distrito Federal e Goiás (em altitudes acima de 500 metros); Minas Gerais e Bahia (em altitudes acima de 400 metros) e Mato Grosso (em áreas acima de 600 metros). Por outro lado em sistema de sequeiro a recomendação de plantio é para áreas acima de 800 metros pois nessa condição, as temperaturas noturnas são mais baixas (ALBRECHT et al., 2007).

Dentro das condições climáticas do cerrado o trigo pode ser cultivado em segunda safra ou “safrinha”, logo após a colheita da safra principal, normalmente soja ou feijão. Assim pode ser semeado em fevereiro e colhido em meados de abril e maio, aproveitando as chuvas que historicamente ocorrem nos meses de março e parte de abril com certa regularidade (CUNHA et al., 2001). No entanto, a produção pode ser afetada em decorrência do déficit hídrico, os chamados “veranicos” que ocasionalmente podem ocorrer em alguma época de desenvolvimento da cultura (MORAES et al., 2009).

Sob a restrição de umidade no solo, o desbalanço que ocorre entre a absorção de água pelo sistema radicular e a água transpirada pela cultura resultam no fechamento dos estômatos, que pode ser caracterizado como um mecanismo primário de defesa da planta ao estresse hídrico. Uma vez fechados os estômatos implica na baixa eficiência fotossintética e na diminuição da translocação de metabólitos (TAIZ e ZEIGER, 2013). Como grande parte dos substratos utilizados para o enchimento dos grãos é proveniente da fotossíntese, é consumida a outra parte, de reserva, acumulada nos colmos e bainhas (MACHADO et al.,

1990). Isso explica melhor porque as plantas ficam mais sensíveis ao déficit hídrico na fase reprodutiva (LEÃO, 2006).

A quantidade adequada de água fornecida à cultura do trigo irrigado na região do Cerrado oferece resposta tão positiva em termos de produtividade de grãos quanto a adubação nitrogenada (FRIZZONE et al., 1996). Entretanto, exige um alto consumo de água para atingir altas produtividades (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2006).

Alguns autores relatam que a fase que abrange desde a elongação até o estágio de florescimento é o período de maior demanda por água pela cultura do trigo, uma vez que corresponde à fase de maior acúmulo de massa verde (BRUNETTA et al., 2001).

No entanto, Azevedo et al. (1994a) observaram que as maiores taxas de evapotranspiração do trigo, ocorrem na fase do florescimento até a maturação.

Guerra e Antonini (1996) relataram ainda que para a obtenção da máxima produtividade e peso hectolitro no trigo, a irrigação deve ser mantida até a fase de desenvolvimento de grãos, no estado de massa dura que ocorre aproximadamente aos 100 dias após o plantio.

O aumento do rendimento potencial de trigo, via melhoramento genético, foi obtido graças às alterações no padrão de partição de assimilados fotossintéticos e esses foram translocados em maior concentração para as espigas (SLAFER et al., 2001).

Quanto à redução no rendimento de grãos do trigo por deficiência hídrica, o estágio mais sensível corresponde ao da folha bandeira seguido do estágio da antese (RODRIGUES, et al., 1998) por induzir o aborto das flores e a capacidade de enchimento dos grãos (RAJALA et al., 2009).

Fischer (1985) relatou que uma das principais limitações do cultivo do trigo de sequeiro são os veranicos, especialmente se esses ocorrerem entre o início de formação da espiguetas terminal e a antese, fase em que a espiga ainda se encontra em estágio de

crescimento no interior do colmo, também determinada de pré-espigamento. Em estádios mais avançados, como o estágio de grão leitoso, a deficiência hídrica não afeta significativamente o rendimento de grãos (RODRIGUES et al., 1998).

O melhoramento genético para a tolerância à seca assume primordial importância para a cultura. Considerável variação para resistência à seca tem sido identificada entre cultivares, acessos e espécies relacionadas ao trigo (LAZAR et al., 1995), bem como há variação do efeito do estresse hídrico em seus atributos fisiológicos em diferentes regiões (GUPTA et al., 2001; SAIRAM e SRIVASTAVA, 2001; CALDERINI e ORTIZ-MONASTERIO, 2003) e na eficiência do uso da água, que por sua vez depende diretamente das condições físicas do solo, dos equipamentos de irrigação, do estado nutricional das plantas, das características atmosféricas, da contribuição genética e do estágio de desenvolvimento da cultura (CALVACHE et al., 1997).

Estima-se que o consumo de água pela cultura do trigo atinja, em média 347,2 mm, considerando-se um ciclo de 115 dias, o que seria equivalente a uma demanda de 3,02 mm por dia (LIBARDI e COSTA, 1997).

Entretanto para se obter a produção máxima do trigo, em condições de Cerrado, deve-se aplicar uma lâmina que varia de 596 a 796 mm (GUERRA et al., 1994). Produtividades acima de 6 toneladas por hectare, foram alcançadas com irrigações de 590 mm (AZEVEDO et al., 1994b).

O nível de deficiência hídrica de -2,0 MPa reduz a lâmina de área foliar verde em até 76%, quando aplicado na antese, porém não reduziu significativamente o rendimento de grãos (RODRIGUES et al., 1998).

De maneira geral, é recomendada a irrigação no trigo, feijão, milho e outras culturas, toda vez que o potencial de água no solo estiver próximo de -60,8 kPa (AZEVEDO e CAIXETA, 1986).

Os valores específicos da tensão de água no solo para o cultivo do trigo no Cerrado brasileiro variam de 35 a 60 kPa. Guerra et al. (1994) não constataram diferenças significativas no rendimento e na massa de 1000 grãos na faixa de tensão de água no solo de 37 a 67 kPa, determinando que o nível crítico de tensão de água no solo adequado em função da expectativa de produtividade para a região corresponde à tensão de 40 kPa, medida na profundidade de 10 cm (GUERRA, 1995). A maior produção de matéria seca e de grãos de trigo foi obtida com potencial mínimo de água no solo em torno de -35 kPa. Trindade et al. (2006) observaram que a tensão matricial de 60 kPa a 15 cm de profundidade para o trigo cultivado em plantio direto sob a palhada de soja é a mais adequada para o manejo da irrigação pois proporciona um menor consumo total de água, sem afetar a produtividade nem a qualidade dos grãos.

Em decorrência do significativo aumento populacional e conseqüente aumento na demanda por alimentos, surge a necessidade de melhorar o uso dos recursos naturais, principalmente o uso da água, fator que mais limita o crescimento e o desenvolvimento das culturas por estar ligada diretamente aos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas (OVIEDO et al., 2001).

A sustentabilidade da produção agrícola não pode focar apenas na obtenção de altas produtividades em regimes irrigados. Deve priorizar a obtenção de materiais genéticos que otimizem o consumo de água ou que sejam mais eficientes no aproveitamento desse recurso. A eficiência do uso da água pode ser obtida por meio da relação entre a produção de grãos e o volume de água utilizado pela cultura do trigo. É um modo simplificado de avaliar se a produtividade está sendo limitada pelo suprimento de água ou por outros fatores (ANGUS e HERWAARDEN, 2001). Outros autores sugerem que a eficiência no uso da água pode ser calculada por meio da razão entre produção de grãos ( $\text{g m}^{-2}$ ) e a evapotranspiração da cultura (HATFIELD et al., 2001).

É muito importante que as pesquisas busquem plantas mais eficientes no uso de água, porém essa maior eficiência não significa necessariamente maior resistência à seca, pois a resistência está relacionada à sobrevivência da planta durante um ou mais períodos de déficit hídrico (HERNANDEZ, 1991) e muitas vezes a produtividade diferenciada de determinado material pode estar relacionada à adaptação da planta e não com a tolerância à seca (GOLABADI et al., 2006).

Plantas cultivadas sob condições adequadas de água são, normalmente, menos resistentes ao déficit hídrico, seus mecanismos morfofisiológicos são severamente afetados no caso da ocorrência rápida do déficit hídrico, pois a planta necessita de rápida adaptação a essa nova situação, entretanto, quando o déficit hídrico ocorre gradualmente e/ou no início do ciclo, mais facilmente ocorre a adaptação das plantas (SANTOS e CARLESSO, 1998).

Os atributos fisiológicos podem aumentar o potencial produtivo do trigo em determinados ambientes e estão normalmente associados com a interação genótipo x ambiente (REYNOLDS et al. 2002). Assim, a seleção para aumento do potencial produtivo deve ser realizada no ambiente apropriado, levando sempre em consideração as principais características fisiológicas que influenciam o potencial produtivo da cultura (ASSENG et al. 2002). Muitos caracteres morfológicos, fisiológicos e bioquímicos estão relacionados com tolerância à seca em trigo (REYNOLDS et al. 1999), como: alto teor de clorofila no espigamento (HEDE et al. 1999), alta pubescência (TRETOWAN et al. 1998), complexação do alumínio com ácidos orgânicos na rizosfera de materiais tolerantes (ANDRADE et al., 1997), volume do pedúnculo, *stay green* e tolerância ao calor, mas nem todos os caracteres são apropriados para a seleção. Além disso, os pesquisadores têm buscado aristas longas, alto ajustamento osmótico e biomassa sob condições de estresse hídrico e de altas temperaturas.

A limitação de expansão na área foliar pode ser considerada como uma primeira reação das plantas ao déficit hídrico (SANTOS e CARLESSO, 1998).

A redução da distância percorrida pelos fotoassimilados da folha bandeira até os grãos pode proporcionar uma economia de água pela planta e consequente melhora na eficiência de seu uso, o que pode favorecer a planta em condições de estresse (FIOREZE, 2011).

Dos componentes de rendimento, o número de grãos por espiga corresponde a variável mais associada à redução do rendimento de grãos sob efeito da deficiência hídrica (RODRIGUES et al., 1998) e para a seleção de constituições genéticas superiores para rendimento de grãos, a massa de 1000 grãos é apresentada como o componente com o maior potencial (SILVA et al., 2005).

Além de caracteres morfofisiológicos, diferentes substâncias estão relacionadas com a resposta de tolerância à seca e podem ser utilizadas como indicadores no momento da seleção dos materiais, como o ácido abscísico (WILKINSON e DAVIS, 2002; KANANI et al., 2013), prolina (KANANI et al., 2013), manose e outros açúcares (HOEKSTRA et al., 2001; CHEN e MURATA, 2002; ABEBE et al. 2003). A literatura está repleta de exemplos havendo, portanto, a necessidade de avaliação e realização de um *screening* em cada ambiente alvo, para que essas avaliações possam ser adequadamente utilizadas. Portanto, a identificação de metodologias adequadas para a região-alvo, bem como a caracterização do germoplasma disponível com base nestas metodologias e sua utilização na geração de novas cultivares, constituem grandes desafios para a estabilização da produção de trigo na região do Cerrado.

De acordo com Large (1954), o trigo apresenta cinco estádios fenológicos:

a. Estádio de Plântula: ocorre nos primeiros 12 a 16 dias e compreende desde a germinação da semente, emergência da plântula e vai até o surgimento das três primeiras folhas verdadeiras;

b. Estádio do Perfilhamento: como o próprio nome sugere nessa fase aparecem os perfilhos (aproximadamente 7). Esse estágio tem a duração de aproximadamente 15 dias;

c. Estádio de Alongamento: corresponde desde o surgimento do primeiro nó visível do colmo até o aparecimento da folha bandeira, com a formação do denominado emborrachamento da espiga. Esse estágio dura de 15 a 18 dias;

d. Estádio de Espigamento: corresponde desde a emergência completa da espiga, floração, frutificação e vai até o início do enchimento dos grãos. Essa fase tem duração de 12 a 16 dias;

e. Estádio da Maturação: corresponde ao término do enchimento de grãos, maturação dos mesmos e vai até o secamento das folhas e espiga. Essa fase tem a duração de 30 a 40 dias.

#### Reguladores de crescimento

Os reguladores de crescimento podem ser naturais (hormônios) ou sintéticos e apresentam como finalidade a alteração dos processos vitais ou estruturais dos vegetais, por meio de modificações no balanço hormonal das plantas (MATEUS et al., 2004; FERRARI et al., 2008).

Vários redutores de crescimento têm sido avaliados em diversas culturas, entre eles o trinexapac-ethyl, que reduz a altura das plantas de trigo (RODRIGUES et al., 2003), cevada (TEIXEIRA e RODRIGUES, 2003), arroz (ALVAREZ et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2009), crotalária (KAPPES et al., 2011), cana de açúcar (VIANA et al., 2008), dentre outras.

A aplicação de redutor de crescimento tem sido uma importante estratégia utilizada na triticultura e também em outras culturas para propiciar uma redução do porte das plantas e um consequente aumento na resistência do colmo, diminuindo assim o acamamento (CRUZ et al., 2001; DAI e WIERSMA, 2011), principalmente em materiais genéticos de porte alto, em sistemas irrigados e submetidos a uma adubação nitrogenada excessiva (ZAGONEL et al., 2002; FRONZA et al., 2008; ESPINDULA et al., 2010a). Entretanto, deve ser utilizado com

certo cuidado, pois pode causar consideráveis reduções na produtividade do trigo (ESPINDULA et al., 2009)

O acamamento, principalmente quando ocorre precocemente, na fase da antese, compromete a colheita, a qualidade dos grãos e ainda o rendimento da cultura (RODRIGUES et al., 2003). Cruz et al. (2003) observaram que o acamamento reduziu a produtividade de grãos, o peso do hectolitro e o peso médio do grão em 50, 19 e 20%, respectivamente, em dois genótipos de trigo de portes contrastantes induzidos mecanicamente no estágio da antese.

O acamamento na cultura do trigo pode ser decorrente, dentre outras razões: da alta densidade de plantas; do desbalanço nutricional causado principalmente pela adubação nitrogenada excessiva; do decréscimo na fotossíntese e da redução na assimilação e translocação de carboidratos e minerais (RODRIGUES et al., 2003).

O redutor de crescimento trinexapac-ethyl é absorvido preferivelmente pelas folhas do trigo em aproximadamente 24 horas (FAGERNESS e PENNER, 1998) e atua na inibição da biossíntese de giberelina (MATYSIAK, 2006) por apresentar acilciclohexanoedina, que por ser similar ao 2-oxiglutarato compete nos sítios de ligação, inibindo a atividade da dioxigenase e a biossíntese de giberilina (RADEMACHER, 2000). O trinexapac-ethyl interfere no encurtamento entre a fonte e o dreno, respectivamente: folha bandeira e espiga (FIOREZE, 2011) e seus efeitos em gramíneas podem ser observados, efetivamente, entre os 14 e 21 dias após a aplicação (JOHNSON, 1994).

Com a diminuição da altura das plantas e da área da folha bandeira, penetra mais luz na parte inferior do dossel melhorando a atividade fotossintética e a produção de fotoassimilados pela planta, entretanto a aplicação de trinexapac-ethyl não afeta a produtividade de grãos de trigo nas condições de cultivo sem restrição hídrica (FIOREZE, 2011).

A dose do trinexapac-ethyl recomendada pelo fabricante para a cultura do trigo é de 100 a 125 g i.a. ha<sup>-1</sup> aplicada entre o estágio de primeiro ou segundo nó visível. O efeito do redutor

de crescimento depende não só da dose mas de diversos outros fatores, como: época de aplicação, época de semeadura, condições de ambiente, estado nutricional e fitossanitário da cultura (RODRIGUES et al., 2003).

A aplicação do redutor entre o primeiro e o segundo nó visível e entre o segundo e o terceiro nó visível, promoveram aumento da produtividade de grãos (PENCKOWSKI et al., 2009).

A aplicação do trinexapac-ethyl deve ser realizada entre os estádios 6 e 8 da escala de Feeks e Large. A aplicação no estádio 6 propicia uma maior redução dos entrenós basais do colmo, enquanto que a aplicação no estádio 8 propicia uma maior redução dos entrenós basais, que são os mais longos (BERTI et al., 2007) e também do pedúnculo (ESPINDULA et al., 2010a) .

Zagonel e Fernandes (2007) encontraram decréscimo linear da altura na maioria dos cultivares de trigo submetidas às doses de: 31,2; 62,4; 93,7; 125,0 e 156,2 g.ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo trinexapac-ethyl.

Entretanto, deve-se ter cautela na aplicação do trinexapac-ethyl no trigo pois a resposta em termos de produtividade tem um comportamento quadrático, apresentando um aumento de rendimento de grãos até doses de 63,8 a 132,5 g ha<sup>-1</sup>, variável de acordo com a cultivar utilizada (BERTI, et al., 2007) e com redução em doses mais altas como 187,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> (ESPINDULA et al., 2009). Essa diminuição de produtividade observada nas maiores doses pode estar associada com a retenção da espiga na bainha da folha bandeira (ZAGONEL e KUNZ, 2005; BERTI et al., 2007).

A dose do trinexapac-ethyl não afeta a germinação e o vigor das sementes de trigo (SOUZA et al., 2010) bem como a composição mineral das mesmas (ESPINDULA et al., 2010b) e para a maioria dos materiais utilizados deve ser inversamente proporcional ao estádio de desenvolvimento da cultura. O ideal é a combinação de doses maiores em

aplicações antecipadas: 125 g i.a. ha<sup>-1</sup> no estágio de primeiro nó visível – CS30; e menores em aplicações tardias, no estágio da folha bandeira visível – CS37 conforme recomendado por Dai e Wiersma (2011) para trigo duro.

A aplicação do redutor de crescimento tem especial efeito em anos mais chuvosos (MATYSIAK, 2006) e não é recomendado aplicar o redutor quando a planta estiver com deficiência hídrica na fase inicial de seu desenvolvimento (FRONZA et al., 2008).

Materiais genéticos de trigo podem apresentar comportamentos diferenciados quando submetidos a condições adversas e assim interagirem de forma particular com o ambiente apresentando níveis diferenciados de tolerância à seca, por exemplo, através da alteração de algumas características morfológicas como número de grãos por espiga, peso de grãos, número de espigas por área, entre outras (FREITAS et al., 1985).

Diante do exposto anteriormente e considerando parte dos resultados da fenotipagem preliminar (RIBEIRO JUNIOR et al., 2006), associado à identificação, em campo, de materiais com características morfofisiológicas desejáveis para a tolerância à seca, foram selecionados alguns genótipos que apresentavam características agronômicas e produtivas distintas sendo dois materiais comerciais e mais duas linhagens próximas cujas principais características são:

## **2.1 ALIANÇA**

A cultivar Aliança foi obtida pelo cruzamento entre a PF858 e a OCEPAR 11. Apresenta classe comercial para trigo pão. Durante a fenotipagem preliminar apresentou excelente estabilidade produtiva, destacando-se dos demais materiais.

## **2.2 BRILHANTE**

A cultivar Brilhante foi obtida pelo cruzamento entre a linhagem PF8640 e a cultivar BR 24. Apresenta classe comercial para trigo pão. Possui uma particularidade em suas espigas que é a ausência de aristas – espigas míticas. Foi introduzido na fenotipagem preliminar por

apresentar, visualmente, um sistema radicular abundante, podendo ser uma característica desejável na eficiência no uso da água em condições de baixa disponibilidade de água no solo.

### **2.3 PF020037**

Esta linhagem foi obtida por meio de cruzamentos realizados pela Embrapa Trigo em Passo Fundo – RS. Tem como característica relevante a presença de cerosidade intensa sob as folhas e os colmos e esta característica pode ser um mecanismo natural de tolerância à seca.

### **2.4 PF020062**

Esta linhagem é geneticamente muito próxima ao PF020037, descrita anteriormente, porém, não apresenta cerosidade e tem se revelado, nos testes em campo, como material aparentemente muito promissor para o cultivo irrigado, com excelente produtividade e qualidade de grãos, porém muito susceptível ao estresse hídrico.

## 2.5 REFERÊNCIAS

- ABEBE, T., GUENZI, A. C., MARTIN, B., CUSHMAN, J. C. Tolerance of mannitol-accumulating transgenic wheat to water stress and salinity. **Plant Physiology** (131):1748-1755. 2003.
- ALBRECHT, J. C.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; SÓ e SILVA, M.. Cultivares de trigo para o cerrado. In: FALEIRO, F. G.; de SOUSA, E. dos. S. Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p. 61-68.
- ALVAREZ, R. D. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. **Influência do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio (15 N) e na massa de grãos de arroz de terras altas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 6, p. 1487-1496, 2007.
- ANDRADE L. R. M. de; IKEDA, M., ISHIZUKA, J. Stimulation of organic acid excretion by roots of aluminum-tolerant and aluminum-sensitive wheat varieties under aluminum stress. **R. Bras. Fisiol.Veg.**, 9(1): 27-34. 1997.
- ANGUS, J. F.; HERWAARDEN, A. F. V. Increasing water use and water use efficiency in dryland wheat. **Agronomy Journal**, 93, pp. 290-298. 2001.
- ASSAD, E.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; DE CASTRO, L. H. R.; DA SILVA, F. A. M. Veranicos na região dos cerrados brasileiros, frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.9, p.993-1003. 1993.
- ASSAD, E., PINTO, H. S. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil.** 82 pg. 2008.
- ASSENG, S., TURNER, N. C., RAY, KEATING, B. A. A simulatin that predicts the influence of physiological traits on the potential yield of wheat. **European Journal of Agronomy** (17) 123-141. 2002.
- AZEVEDO, J. A. de; CAIXETA, T. J. Irrigação do Feijoeiro. Planaltina. Embrapa-CPAC, 1986. 60 p. (Embrapa-CPAC-Circular Técnica, 23).
- AZEVEDO, J. A. de.; OLITTA, A. F. L.; SILVA, E. M. da.; GUERRA, A. F. **Uso de água de trigo irrigado, em função de níveis diferenciados de tensão de água no solo, em três etapas do ciclo da cultura.** In: Relatório técnico anual do centro de pesquisa agropecuária dos cerrados 1987/1990. Planaltina. Anais... Planaltina: Embrapa-CPAC, 1994a. p. 170-173.
- AZEVEDO, J. A. de.; OLITTA, A. F. L.; SILVA, E. M. da.; GUERRA, A. F. Comprimento de raízes e extração de água do trigo irrigado, em função de níveis diferenciados de tensão de água no solo em três etapas de desenvolvimento. In: Relatório técnico anual do centro de pesquisa agropecuária dos cerrados 1987/1990. **Anais.** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1994b. p. 174-179.
- BACALTCHUK, B.; SILVA, H. R. C. da.; STEFANO, J. G. D. **Nasce uma nova era... O trigo recupera sua nobreza.** Passo Fundo: Diário da Manhã, 2001. 172p.

BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.

BRUNETTA, D.; DOTTO, S. R.; TAVARES, L. C. V. Pluviosidade e rendimento de trigo no norte do Paraná. Boletim de Pesquisa/Embrapa soja, Londrina, n. 4, p. 20, maio. 2001.

CALDERINI, D. F., ORTIZ-MONASTERIO, I. Crop physiology & metabolism - grain position affects grain macronutrient and micronutrient concentration in wheat. **Crop Science** (43) 141-151. 2003.

CALVACHE, A. M.; REICHARDT, K.; MALAVOLTA, E; BACCHI, O. O. S.. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. **Scientia Agricola**. 1997, vol. 54, n. 3, 232-240.

CHEN, T. H. H., MURATA, N. Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. **Current opinion in plant biology** (5):250-257. 2002.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sétimo levantamento, abril 2011 – Brasília : Conab, 2011. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/obs\\_trigo/conab/levantamento%20Conab-ABR-2011.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/obs_trigo/conab/levantamento%20Conab-ABR-2011.pdf)> Acesso em 01 nov. 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Mercado de trigo – Situação recente** Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_setoriais/Culturas\\_de\\_inverno/38RO/App\\_Mercado\\_Inverno.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Culturas_de_inverno/38RO/App_Mercado_Inverno.pdf)>. Acesso em 30 dez 2013.

CUNHA, G. R. da.; HAAS, J. C.; MALUF, J. R. T.; CARAMORI, P. H.; ASSAD, E. D.; BRAGA, H. J.; ZULLO Jr, J.; LAZZAROTTO, C.; GONÇALVES, S.; WREGE, M.; BRUNETTA, D.; DOTTO, S. R.; PINTO, H. S.; BRUNINI, O.; THOMÉ, V. M. R.; ZAMPIERI, S. L.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M. B. M.; PANDOLFO, C. Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 400-414, dez. 2001.

CUNHA, G. R. Buscando a elevação do rendimento de grãos em trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 7 p. (Documentos online, 50). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do50.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do50.pdf)>. Acesso em: 01 nov 2011.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. R.; SILVA, A. S.; ANDREOMAR, J. K.; BARBIERI, R. L. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 563-568, 2001.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F.; SILVA, S.; KUREK, A.; BARBIERI, R.; CARGNIN, A. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 9, n. 1, 2003.

DA SILVA, A. A., DA SILVA, P. R. F., MINETTO, T., STRIEDER, M. L., JANDREY, D. B. e ENDRIGO, P. C. Desempenho agrônomico e econômico do milho irrigado em sucessão

a espécies inverniais de cobertura de solo e/ou para produção de grãos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, 2008a.

DA SILVA, A. A., DA SILVA, P. R. F., SANGOI, L., PIANA, A. T., STRIEDER, M. L., JANDREY, D. B. e ENDRIGO, P. C. Produtividade do milho irrigado em sucessão a espécies inverniais para produção de palha e grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 987-993, 2008b.

DAI, J.; WIERSMA, J. J. Agronomic Responses and Lodging of Three Spring Wheat Cultivars to Trinexapac-ethyl. **Online. Crop Management** doi:10.1094/CM-2011-0517-01-RS. 2011.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, M. A.; SOUZA, L. T.; FAVARATO, L. F. **Use of growth retardants in wheat**. *Planta Daninha*, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2009.

ESPINDULA, M. C., ROCHA, V. S., de SOUZA, L. T., de SOUZA, M. A.; GROSSI, J. A. S. Efeitos de reguladores de crescimento na alongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, 32, 2010a.

ESPINDULA, M. C.; CAMPANHARO, M.; ROCHA, V. S.; MONNERAT, P. H.; FAVARATO, L. F. Composição mineral de grãos de trigo submetidos a doses de sulfato de amônio e Trinexapac-etil. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Agricultural Research in the Tropics), v. 40, n. 4, p. DOI: 10.5216/pat. v40i4. 6928, 2010b.

FAGERNESS, M. J.; PENNER, D. Spray application parameters that influence the growth inhibiting effects of trinexapac-ethyl. **Crop Science** v. 38, p. 1028-1035. 1998.

FERRARI, S.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, J. V.; SANTOS, M. L.; SANTOS, D. M. A. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.

FIGLIAREZZA, L. S. Comportamento produtivo do trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais. Botucatu: UNESP, Dissertação Mestrado 86p. 2011.

FISCHER, R. A. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agriculture Science, London*, v. 105, p.447-461, 1985.

FREITAS, J. G.; CARDOSO, A. A.; MOURA FILHO, W.; FERREIRA, P. A.; SEDYAMA, C. S. e GALVÃO, J. D. Trigo: efeito de três faixas de umidade na transpiração real e na produção de grãos e seus componentes. **Bragantia**. Campinas. 44(2):515-530, 1985.

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.

FRONZA, V.; CAMPOS, L. A. C.; RIEDE, C. R. Informações técnicas para a safra 2008: trigo e triticale. In: I REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2008. p. 123-147.

GOLABADI M., ARZANI A., MEIBODY S. A. M. Assessment of drought tolerance in segregating in segregating Populations in Durum Wheat. **African Journal of Agricultural Research**, 5, 162-171. 2006.

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R. da.; DEL DUCA, L. de J. A.; CAMARGO, C. M. de O. Influência das temperaturas mínimas e máximas em características de qualidade industrial e em rendimento de grãos de trigo. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimento**, Campinas, p. 505-515, out./dez. 2004.

GUERRA, A. F.; SILVA, E. M. da.; AZEVEDO, J. A. de.; AMTONINI, J. C. dos. A. **Determinação da época de suspensão das irrigações para a cultura do trigo**. In: Relatório técnico anual do centro de pesquisa agropecuária dos cerrados 1987/1990. Planaltina. Anais... Planaltina: Embrapa-CPAC, 1994. p. 187-189.

GUERRA, A. F. Manejo de irrigação do trigo para obtenção de máxima produtividade na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.4, p.515-521, 1995.

GUERRA, A. F.; ANTONINI, J.C. dos A. Época de suspender as irrigações da cultura do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.11, p.823-828, nov. 1996.

GUPTA, N. K., GUPTA, S., KUMAR, A. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. **Journal of Agronomy & Crop Science** (186) 55-62. 2001.

HATFIELD, J. L.; SAUER, T. J.; PRUEGER, J. H. Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. **Agronomy Journal**, Wisconsin, 93, p. 271-280. 2001.

HANKS, R. J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V. P.; WILSON, G. D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, v. 40, n. 3, p. 426-429, 1976.

HEDE, A., SKOVMAND, B., REYNOLDS, M., CROSSA, A., VILHELMSSEN, A., STOELEN, O. Evaluating genetic diversity for heat tolerance traits in Mexican wheat landraces. **Genetic Resources and Crop Evolution** (46):37-45. 1999.

HERNANDEZ, F.B.T. Determinação do consumo de água na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) na região de Jaboticabal-SP. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP. Jaboticabal-SP. 77p. 1991.

HOEKSTRA, F. A., GOLOVINA, E. A., BUITINKI, J. Mechanism of plant desiccation tolerance. **Trends in plant science** (6): 431-438. 2001.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: The Physical Science basis**. 2007.

JOHNSON, B.J. Influence of Plant Growth Regulators and mowing on two Bermudagrasses. **Agronomy Journal** v. 86, p. 805-810. 1994.

KANANI, S. M., KASRAIE, P., ABDI, H. Effects of late Season Drought Stress on Grain Yield, Protein, Proline and ABA of Bread Wheat Varieties. **International Journal of Agronomy and Plant Production**. Vol., 4 (11), 2943-2952, 2013

KAPPES C.; ARF, O.; ARF, M. V.; de CASTILHO GITTI, D.; ALCALDE, A. M. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 508-518, 2011.

KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.11, nov. 2007.

LANGRIDGE P, PALTRIDGE N, FINCHER G. Functional genomics of abiotic stress tolerance in cereals. *Briefings in Functional Genomics and Proteomics* 4, 343–354. 2006.

LARGE, Ernest C. Growth stages in cereals illustration of the Feekes scale. **Plant pathology**, v. 3, n. 4, p. 128-129, 1954.

LAZAR, M. D., SALISBURY, C. D., WORRAL, W. D. Variation in drought susceptibility among closely related wheat lines. **Field Crop Research** (41) 147-153. 1995.

LEÃO, D. A. S. **Estresse hídrico e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial e na qualidade da forragem da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).** 2006. 60 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia/Sistema Agrosilvopastoril) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

LIBARDI, V. C de M.; COSTA, M. B da. Consumo de água da cultura do trigo (*Triticum aestivum*, L.). **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 4, n. 1, p. 16-23. 1997.

MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G. da.; BASTOS, C. R. Trocas de CO<sub>2</sub>, acúmulo de fitomassa e remobilização de reservas durante o crescimento de panículas de duas cultivares de arroz. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 2, p. 63-70, fev. 1990.

MATEUS, G. P.; LIMA, E. V.; ROSOLEM, C. A. Perdas de cloreto de mepiquat no algodoeiro por chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 631-636, 2004.

MATYSIAK, Kinga. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. **Journal of Plant Protection Research, Poznan**, v. 46, n. 2, p. 133-143, 2006.

MOHAMMADI, S., JANMOHAMMADI, M., JAVANMARD, A., SABAGHNIA, N., REZAIE, M., e YEZDANSEPAS, A. Assessment of Drought Tolerance Indices in Bread Wheat Genotypes Under Different Sowing Dates. **Cercetari agronomice in Moldova**, v. 45, n. 3, p. 25-39, 2012.

MORAES, A. F.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; TARCHETTI, L.;MALAQUIAS, J.V.; AMÁBILE, R. F.; GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; ALBRECHT, J.

C.; SILVA, M. SÓ e. Utilização de irrigação em níveis, com e sem aplicação de regulador de crescimento para seleção de genótipos de trigo tolerantes à seca. In: **5<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas**. (8), Anais... Guarapari – ES. 2009.

NASCIMENTO, V. do; ARF, O.; SILVA, M. G. da; BINOTTI, F. F. da S.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVAREZ, R. de C. F. **Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas**. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.4, p.921-929, 2009

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, n. 23, p. 12-18, nov./dez. 2001.

OVIEDO, A. F. P.; HERZ, R.; RUDORFF, B. F. T. Efeito do estresse hídrico e da densidade de plantio no uso da radiação e produtividade da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). **Revista Biociência**, Taubaté, v.7, n. 1, p. 23-33, jan-jun. 2001.

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista Multiciência**, Campinas, 8. ed, p. 139-162, maio 2007.

PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. **Acta Scientiarum: Agronomy**, 31. n. 3, p. 473-479, 2009.

PENNISI E. The blue revolution, drop by drop, gene by gene. **Science** n. 320, p. 21-39, 2008.

RADEMACHER, W. Growth retardants: Effects on gibberellin bioproduction synthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 501-531. 2000.

RAJALA A., HAKALA K., MAKELA P., MUURINEN S., PELTONEN-SAINIO P. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. **Field Crops Research**, 114: 263–271. 2009.

REYNOLDS, M. P., SKOVMAND, B., TRETOWAN, R., PLEIFFER, W. Evaluation a concept model for drought tolerance. In: **Molecular Approaches for the genetic improvement for cereals for stable production in water-limited environments**. A strategic workshop held at CIMMYT, El Batan Mexico, p. 21-25 1999.

REYNOLDS, M. P., ORTIZ-MONASTÉRIO, J.I., MCNAB, A. **Application of physiology in wheat breeding**. Mexico, DF. CIMMYT. 2002.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; VASCONCELOS, U.; TRINDADE, M. da G.; FERREIRA, F. M.; SIQUEIRA, M. M. H.; SILVA, H. L. M. da; RODRIGUES, G. C.; GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; AMÁBILE, R. F.; ALBURQUERQUE, A. C.; SÓ E SILVA, M.; ALBRECHT, J. C.; DURÃES, F. O. M. **Fenotipagem para tolerância à seca visando o melhoramento genético do trigo no cerrado**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 24 p. (Embrapa Trigo. Circular técnica, 21).

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; ALBRECHT, J. C.; SILVA, M. SÓ E. Viabilidade do cultivo do trigo no cerrado do Brasil central. In: FALEIRO, F. G.; SOUSA, E. dos. S. de. **Pesquisa**,

**desenvolvimento e inovação para o cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 55-60.

RODRIGUES, O., LHAMBY, J. C. B., DIDONET, A. D., MARCHESE, J. A., & SCIPIONI, C. Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 839-846, 1998.

RODRIGUES, O.; DIDONETE, A. D.; TEIXEIRA, C.C.M.; ROMAM, S. E. **Redutores de crescimento.** Passo Fundo: EMBRAPA, 2003. (Circular Técnica, 14).

SAIRAM, R.K., SRIVASTAVA, G.C. Water estresse tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.): variations in hidrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. **Journal of Agronomy & Crop Science** (186) 63-70. 2001.

SANTI, A.; DALMAGO, G. A.; BAZZAN, E.; VICARI, M.; KERBER, T. **Mudanças climáticas: inferências para a cultura do trigo no Brasil.** Embrapa trigo, 2010. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/obs\\_trigo/noticias.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/obs_trigo/noticias.htm)>. Acesso em: 15 set. 2010.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SILVA, A. R. **Trabalhos experimentais com trigo.** Pelotas, 1954. 81p.

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

SILVA, M. SÓ E. Trigo no Brasil começa nos Cerrados. In: CUNHA, G. R. da. **Trigo no Brasil: História e Tecnologia de Produção.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. p. 103-107.

SILVA, M. SÓ E.; SOBRINHO, J. S.; ANDRADE, J. M. V. de.; ALBRECHT, J. C.; CANOVAS, A. No Brasil Central também dá trigo, São Paulo, n. 27, abr. 2001. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/artigos/artigo.asp?id=612>>. Acesso em: 13 fev. 2011.

SILVA, S. A.; de CARVALHO F. I. F.; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; da SILVA J. A. G.; CAETANO, V. da R.; HARTWIG, I.; SOUSA C. da S. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 191-196, 2005.

SLAFER, G. A.; ABELEDO, L. G.; MIRALLES, D. J. Photoperiod sensitivity during stem elongation as avenue to raise potential yield in wheat. In: BEDÖ, Z.; LÁNG, L. (Eds). *Wheat in a global environment.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 786p. p. 487-496. (Proceedings of the 6th International Wheat Conference, 5-9 June 2000, Budapest, Hungary).

SÓ e SILVA, M. Trigo no Brasil começa nos Cerrados. **Anuário Brasileiro de Trigo 2001.** Rio Grande do Sul. 22 p.

SOUZA, L. T. D.; ESPÍNDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; DIAS, D. C. F. D. S.; SOUZA, M. A. D. Growth retardants in wheat and its effect in physiological quality of seeds. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1431-1434, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEIXEIRA, M. C. C.; RODRIGUES, O. **Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 16 p.

TRETHOWAN, R.M., REYNOLDS, M.P., SKOVAMAND, B., VAN GINKEL, M. The effect of glume pubescence on floret temperature in wheat. **Agronomy Abstracts.** ASA. Oct. 18-22. Baltimore, M.D. 1998

TRINDADE, M. da G.; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B.; CÁNOVAS, A. D.; 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

VIANA, R. D. S., SILVA, P. H., MUTTON, M. A., MUTTON, M. J. R., GUIMARÃES, E. R., e BENTO, M. Efeito da aplicação de maturadores químicos na cultura da cana de açúcar (*Saccharum* spp.) Variedade SP81-3250. DOI: 10.4025/actasciagron. v30i1. 1130. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 65-71, 2008.

WILKINSON, S., DAVIS, W.J. ABA-based chemical signalling: the co-ordination of response to estresse in plants. **Plant, Cell and Environment** (25):195-210. 2002.

ZAGONEL, J.; KUNZ, R.P. Doses de nitrogênio e de regulador de crescimento (Moddus) afetando o trigo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 20., 2005, Londrina. **Resumos e atas.** Londrina: Embrapa Soja, 2005, p. 135-140.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. **Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas.** Planta Daninha, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.

## **CAPÍTULO 1**

### **EFEITO DA APLICAÇÃO DO REDUTOR DE CRESCIMENTO NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE TRIGO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

# EFEITO DA APLICAÇÃO DO REDUTOR DE CRESCIMENTO NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE TRIGO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

ZIVIANI, A.C.<sup>1</sup>; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.<sup>2</sup>; RAMOS, M. L. G.<sup>3</sup>, SANDRI, G. F.<sup>4</sup>

## RESUMO

O cultivo do trigo em safrinha no cerrado brasileiro é uma oportunidade de renda adicional ao produtor. Entretanto, é cultivado em uma época de baixa disponibilidade hídrica, necessitando de plantas tolerantes à seca ou da utilização de um sistema de manejo que as torne mais tolerantes. O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento de quatro genótipos de trigo (Aliança, Brilhante, PF020037 e PF020062), submetidos a aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, sob quatro lâminas de irrigação (204, 364, 530 e 572 mm) em um delineamento em blocos casualizados com três repetições em esquema de parcelas sub-subdivididas. As características avaliadas foram: o número médio de espigas por metro quadrado (NESP); a produtividade de grãos (PROD); a massa de grãos por espiga (MGESP); a massa média de 1000 grãos (MMIL); o número de grãos por metro quadrado (NGM2); a massa de grãos por espiga (MGESP) e massa do hectolitro (PH). A aplicação do redutor de crescimento não afetou significativamente nenhum dos componentes de produção avaliados evidenciando que não constitui um manejo eficaz para o aumento da tolerância da planta de trigo ao estresse hídrico. A aplicação do trinexapac-ethyl foi eficiente na lâmina máxima de água aplicada o que ressalta a eficiência do produto em manejo irrigado. A presença de cerosidade nas folhas da PF020037 não propiciou tolerância à seca. Nenhum genótipo apresentou diferença significativa na produtividade de grãos na menor lâmina de irrigação aplicada que corresponde a paralização da irrigação após os 30 primeiros dias de emergência.

**Palavras-Chave:** *Triticum aestivum* L., déficit hídrico, regulador de crescimento, tolerância à seca.

1 – Eng. Agrônomo, doutorando em agronomia da Universidade de Brasília, Brasília-DF;

2 – Biólogo, PhD., Embrapa Cerrados, Planaltina-DF

3 – Bióloga, PhD., Professora da Universidade de Brasília, Brasília-DF; Autora correspondente: [lucrecia@unb.br](mailto:lucrecia@unb.br);

4 – Acadêmico do curso de Agronomia das Faculdades Integradas da UPIS e estagiário da Embrapa Cerrados

## EFFECT OF GROWTH REDUCER (TRINEXAPAC-ETHYL) APPLICATION IN WHEAT GENOTYPES UNDER DIFFERENT IRRIGATION LEVES

### ABSTRACT

The cultivation of wheat in off-season (end of rainy season) in the Brazilian Cerrado is an opportunity for additional income to the producer. However, this crop is grown in a period of low water availability. This requires drought tolerant genotypes or the utilization of a management system that makes those plants more tolerant to water stress. The aim of this study was to evaluate the behavior of four wheat genotypes developed for the off-season submitted to the application growth reducer trinexapac-ethyl under four water levels. The experimental design was a randomized block with three replications in subplots scheme. The plots were the doses of growth reducer trinexapac-ethyl (0 or 125 g i.a. ha<sup>-1</sup>). The subplots four genotypes were planted in five rows each (Aliança, Brilhante, PF020037 e PF020062). The subplots were applied four levels of water, corresponding to 572 (108%), 530 (100%), 364 (69%) and 204 (38%) mm and considered as: water excess, normal (recommended level by Embrapa), stressed and highly stressed, respectively. The characteristics evaluated were: the average number of spikes per square meter ( NESP ), grain yield ( PROD ), the mean weight of 1000 grains ( MMIL ), the number of grains per square meter (NGM2), the mass of grains per spike ( MGESP ) and hectolitre mass (PH). The application of growth reducer did not affect significantly any of the yield components evaluated showing that this is not an efficient management for increasing wheat plant tolerance to water stress. The application of Trinexapac-ethyl was efficient in the maximum water level applied which emphasizes the product's efficiency in irrigated management. The presence of waxy on the leaves of PF020037 genotype did not provide drought tolerance. None of the genotypes showed significant differences in grain yield in the smallest level of applied irrigation which corresponds to the stoppage irrigation after the first 30 days of plant emergency.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., water deficit, growth regulator, drought tolerance.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A cultura do trigo cultivada na época de inverno no cerrado brasileiro vem apresentando altas produtividades, atingindo rendimentos de mais de seis toneladas de grãos por hectare, porém seu manejo é totalmente irrigado, demandando alto consumo de água e altos custos de produção. Alternativamente pode-se produzir o trigo nessa região na condição de sequeiro, tradicionalmente cultivado em safrinha, logo após a colheita da cultura principal, com imensa área a ser explorada porém com sérias limitações hídricas (ASSAD et al., 1993) uma vez que a cultura é semeada no final da estação chuvosa, tornando o cultivo do cereal uma atividade de alto risco, o que leva os produtores a reduzir os investimentos com consequente diminuição da produtividade.

Os testes de competição de cultivares realizados no período da safrinha podem levar à rejeição de alguns genótipos promissores, uma vez que a seleção destes dependem das condições climáticas que variam muito a cada ano (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2006). Como forma de isolar o fator água tem-se a possibilidade do plantio da cultura durante a estação seca do ano e da utilização do sistema de irrigação por aspersão em linha (line source sprinkler system) proposto por Hanks et al (1976) que permite uma seleção de materiais mais tolerantes à seca e que futuramente possam ser usados em cruzamentos que os confirmem outras resistências.

Para se evitar o acamamento da cultura, tem-se utilizado reguladores de crescimento e estes podem ser naturais (hormônios) ou sintéticos e apresentam como finalidade a alteração dos processos vitais ou estruturais dos vegetais, por meio de modificações no balanço hormonal das plantas (MATEUS et al., 2004; FERRARI et al., 2008).

Vários redutores de crescimento têm sido avaliados em diversas culturas, entre eles o trinexapac-ethyl, que reduz a altura das plantas de trigo (RODRIGUES et al., 2003), cevada

(TEIXEIRA e RODRIGUES, 2003), arroz (ALVAREZ et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2009), crotalária (KAPPES et al., 2011), cana de açúcar (VIANA et al., 2008), dentre outras.

A aplicação de redutor de crescimento tem sido uma importante estratégia utilizada na triticultura e também em outras culturas para propiciar uma redução no porte das plantas e um consequente aumento na resistência do colmo, diminuindo assim o acamamento (CRUZ et al., 2001; DAI e WIERSMA, 2011) em anos chuvosos (MATYSIAK, 2006), em materiais genéticos de porte alto, em sistemas irrigados e em manejos com altas doses de adubação nitrogenada (ZAGONEL et al., 2002; FRONZA et al., 2008; ESPINDULA et al., 2010).

Com a diminuição da altura das plantas e da área da folha bandeira, é possível uma maior penetração da luz na parte inferior do dossel, aumentando a atividade fotossintética e a produção de fotoassimilados pela planta, sem causar prejuízos à produtividade de grãos de trigo nas condições de cultivo sem restrição hídrica (FIOREZE, 2011).

Os principais hormônios afetados com a utilização do redutor são a auxina, a giberelina e a citocinina, sendo que essa última age como antagonista das demais. O nível de ácido giberélico ativo é reduzido drasticamente com a utilização do trinexapac-ethyl, por inibir a enzima  $3\beta$ -hidroxilase, aumentando assim, acentuadamente, seu precursor biossintético imediato (ZAGONEL e FERNANDES, 2007). A ação do trinexapac-ethyl possibilita a obtenção de uma planta mais compacta o que pode propiciar certa eficiência em termos de uso de água.

Entretanto, não é recomendada a aplicação do redutor quando a planta estiver com deficiência hídrica na fase inicial de seu desenvolvimento (FRONZA et al., 2008).

Diante do exposto, a pesquisa sobre tolerância à seca assume enorme importância para a expansão da triticultura de sequeiro na região do Cerrado e a busca de materiais genéticos e de sistemas de manejo mais eficientes quanto ao aproveitamento da água faz-se necessária.

O objetivo do presente trabalho foi comparar quatro genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) quanto a tolerância à seca e avaliar o efeito da aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl nos componentes de produção sob diferentes níveis de irrigação.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, entre as coordenadas geográficas: 15° 35' S e 47° 42' W e altitude aproximada de 1007 m.

A área experimental apresenta relevo suave ondulado com declividade de 0 a 5% sob Latossolo Vermelho de textura argilosa (teor de argila de 570 g kg<sup>-1</sup>). O clima segundo a classificação de Köppen é o AW Tropical estacional de savana megatérmico com temperatura média do mês mais frio acima de 18°C. A região apresenta precipitação média anual de 1497 mm e diferenciação entre a estação chuvosa e a seca (Figura 1). As chuvas começam em setembro/outubro e seguem até abril/maio, sendo que no período destinado ao plantio de “safreinha”, correspondente aos meses de fevereiro a abril, as chuvas acumulam cerca de 489 mm. As médias históricas das temperaturas máxima e mínima anual são de 26,4°C e 15,9°C, respectivamente.

Em março de 2010, o solo da área experimental foi corrigido e os resultados da análise química do solo encontram-se descritos na Tabela 1. Na ocasião foram feitas duas gradagens pesadas e duas gradagens niveladoras. A semeadura ocorreu no dia 11 de junho de 2010 tendo sido utilizadas as variedades comerciais Aliança e Brilhante e as linhagens PF 020062 e PF 020037 semeadas em linhas espaçadas de 0,2 metros. As parcelas receberam em média 126 kg ha<sup>-1</sup> de sementes e 600 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK 08-24-12.

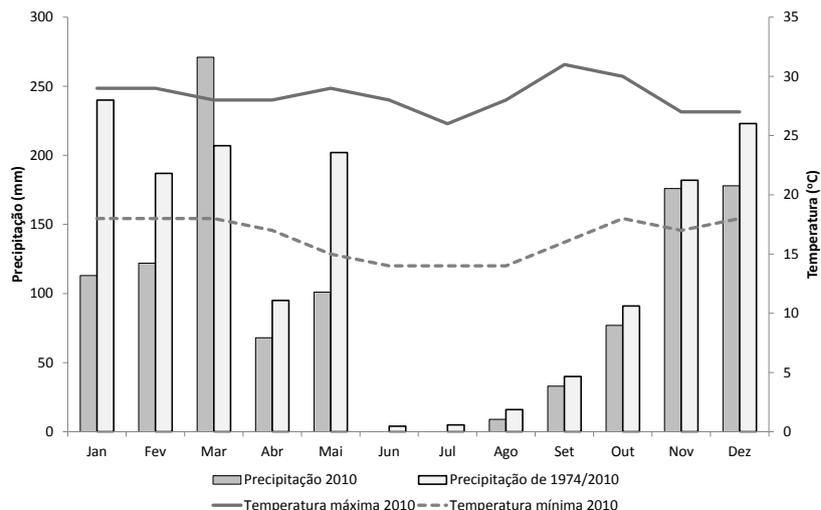


Figura 1. Série histórica das precipitações de 1974 a 2010 (mm) e precipitações (mm), temperaturas máximas e mínimas (°C) para o ano de 2010.

Dados fornecidos pela Estação Principal da Embrapa Cerrados. A elevada temperatura do mês de maio (29 °C) de 2010 ocorreu apenas uma vez no período de 37 anos ( $P_{\text{maio}} = 1/37$ ), enquanto que as do mês de junho (28 °C) ocorreram apenas quatro vezes em 37 anos ( $P_{\text{junho}} = 4/37$ ).

Tabela 1 – Atributos químicos da camada 0 a 20 cm de profundidade do Latossolo Vermelho Escuro – Textura argilosa - utilizado na área experimental, em Planaltina-DF, 2010.

pH	M.O.	P	K		Ca	Mg	Al	H+Al	T	V
H <sub>2</sub> O	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%
6,0	15,1	46	0,5	4,1	1,6	0,0	4,2	10,3	60	

pH (H<sub>2</sub>O-1:2,5); Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>: extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; P e K: extrator Mehlich 1; H+Al: extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0.

Foi realizada uma aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de 220 kg ha<sup>-1</sup> de uréia à lanço, no início do perfilhamento.

No dia seguinte ao plantio foi realizada a aplicação de herbicida pré emergente à base de Pendimetalina na dose de 1,25 gramas do ingrediente ativo por hectare para o controle de plantas invasoras. Aos 30 dias após o plantio foi utilizado o latifolicida metsulfuron metílico na dose de 4 gramas do ingrediente ativo por hectare como complementação ao controle das invasoras.

Posteriormente, o inseticida clorpirifós foi utilizado para o controle de insetos na dosagem recomendada pelo fabricante.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas sub-subdivididas com três repetições. Nas parcelas os tratamentos receberam 0 ou

125 g i.a. ha<sup>-1</sup> do regulador de crescimento trinexapc-ethyl. Nas sub-parcelas foram semeados quatro genótipos desenvolvidos para a safrinha (Aliança, Brilhante, PF020037 e PF020062) dispostos a cada cinco linhas. Nas sub-subparcelas foram aplicados os quatro diferentes níveis de irrigação correspondentes a 572 (108%), 530 (100%), 364 (69%) e 204 (38%) mm, respectivamente, considerados como: excesso de água, normal (recomendado pela Embrapa), estressado e muito estressado.

Até o perfilhamento pleno, foi aplicada uma lâmina de água de 204 mm em todos os tratamentos. A partir desse estágio, foi implementado o método de irrigação denominado de “line source sprinkler system”, conforme descrito por Hanks et al. (1976). Para tanto, foram utilizados na linha central de irrigação aspersores com uma vazão de 18,5 mm hora<sup>-1</sup>, espaçados a cada 12 metros.

Foi determinado inicialmente o conteúdo de água no solo pelo método gravimétrico, comparado com a respectiva curva de retenção de água no solo (RIBEIRO JÚNIOR, 2006), que indicou conteúdo de água de 0,49 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> na condição de capacidade de campo (8 kPa) e 0,24 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> na condição de ponto de murcha permanente (1500 kPa) propiciando uma capacidade de retenção de água de 13%. Apesar desses solos serem argilosos, apresentam baixa retenção de água, retendo cerca de 1 a 1,2 mm de água cm de solo<sup>-1</sup>.

A lâmina ideal de água foi determinada em função do recomendado pela Embrapa Cerrados, por meio de um modelo disponível no site do centro, denominado de Programa de Monitoramento de Irrigação para o Cerrado. O referido programa on-line é abastecido com o tipo da cultura, a variedade usada, o tipo de solo e a data de emergência das plantas e por meio dessas informações, o software fornece automaticamente a lâmina e o turno de rega que devem ser aplicados, desde que subtraídos os valores de precipitação. Esse programa está disponível no endereço: <http://www.cpac.embrapa.br>; no link “Monitoramento da Irrigação” ou acessando diretamente o endereço <http://hidro.cpac.embrapa.br> (EMBRAPA, 2013).

Para a aferição das diferentes lâminas de irrigação aplicadas foram utilizados copos coletores de 40 mm de raio instalados a aproximadamente 0,7 metros de altura em relação à superfície do solo dispostos a cada dois metros, em duas linhas transversais à linha de aspersores.

Nas parcelas que receberam o tratamento com o redutor de crescimento trinexapac-ethyl foi aplicada a dose de 125 gramas de ingrediente ativo por hectare, quando as plantas estavam no estágio de primeiro nó visível, conforme recomendado pelo fabricante.

Entre 27 e 29 de setembro de 2010 foi colhida manualmente uma área de um metro quadrado de cada parcela.

Após a colheita, todas as espigas foram contadas e determinado o número médio de espigas por metro quadrado (NESP).

Posteriormente, as espigas foram trilhadas mecanicamente e submetidas a uma limpeza e separação de impurezas. Os grãos de cada parcela foram pesados e determinada a sua umidade, padronizada em 13%, para o cálculo da produtividade de grãos (PROD) em kg ha<sup>-1</sup>.

Por meio da divisão entre o peso total dos grãos de cada parcela pelo número médio de espigas (NESP) foi obtida a massa de grãos por espiga (MGESP) em gramas espiga<sup>-1</sup>.

Foi determinada, ainda, a massa média de 1000 grãos (MMIL) e por meio dessa, determinados o número de grãos por metro quadrado (NGM2) de área plantada e a massa de grãos por espiga (MGESP), em gramas espiga<sup>-1</sup>.

Adicionalmente, foi determinada a massa do hectolitro (PH) expressa em quilogramas por hectolitro (kg hL<sup>-1</sup>), utilizando-se balança modelo Determinator of Hectoliter Weight, de acordo com a metodologia descrita para Análises de Sementes (BRASIL, 1992).

As análises de variância (ANOVA) foram realizadas pelo programa ASSISTAT e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Apesar de realizada a análise de

variância para os diferentes níveis de irrigação aplicados, essa não pode ser considerada estritamente válida por não ter ocorrido a casualização das lâminas de água (Hanks et al., 1976). Assim essa fonte de variação foi comparada também por análises de regressão realizadas no programa estatístico SAS 9.0.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância não revelou efeito significativo do redutor de crescimento em nenhum dos parâmetros avaliados, conforme pode ser observado na Tabela 2. Por outro lado, houve efeito significativo dos genótipos e dos níveis de irrigação em todos os parâmetros avaliados.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância da produtividade de grãos (PROD), massa de mil grãos (MMIL), massa do hectolitro (PH), número de espigas por metro quadrado (NESP), número de grãos por metro quadrado (NGM2), número de grãos por espiga (NGESP) e massa de grãos por espiga (MGESP) do efeito da aplicação do redutor de crescimento nos diferentes genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação, em Planaltina-DF, 2010.

FATOR	MMIL	PH	NESP	NGM2	NGESP	MGESP	PROD
<b>REDUTOR (a)</b>							
0 g i.a. ha <sup>-1</sup>	35,33 a	78,90 a	334,81 a	8881,15 a	26,65 a	0,95 a	3206,89 a
125 g i.a ha <sup>-1</sup>	34,55 a	78,81 a	351,96 a	9522,04 a	26,63 a	0,93 a	3397,60 a
F	4,70 ns	0,04 ns	1,58 ns	8,93 ns	0,03 ns	0,27 ns	3,56 ns
D.M.S.	1,55	1,79	58,82	923,36	4,95	0,15	1449,3
C.V. (%)	5,04	2,58	19,49	11,42	21,14	18,27	14,99
<b>GENÓTIPO (b)</b>							
Aliança	34,43 c	78,45 b	313,42 c	9438,25 ab	29,89 a	1,05 a	3349,58 ab
Brilhante	35,39 b	77,98 b	346,88 ab	8982,79 bc	25,94 b	0,93 b	3298,28 ab
PF020037	36,62 a	79,89 a	337,58 bc	8332,88 c	24,18 b	0,90 b	3127,97 b
PF020062	33,31 d	79,11 ab	375,67 a	10052,46 a	26,53 ab	0,90 b	3433,17 a
F	100,32 **	6,35 **	11,96 **	13,56 **	8,60 **	6,77 **	3,79 *
D.M.S.	0,59	1,38	31,24	828,35	3,42	0,12	278,05
C.V. (%)	1,97	2,05	10,61	10,50	14,98	14,56	9,82
<b>LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO (c)</b>							
204 mm	28,48 c	76,10 b	243,58 c	5128,83 d	21,24 b	0,60 c	1450,41 d
364 mm	34,32 b	78,93 a	358,58 b	9647,42 c	27,18 a	0,93 b	3301,64 c
530 mm	38,41 a	80,24 a	401,63 a	11504,58 a	29,27 a	1,12 a	4412,10 a
572 mm	38,55 a	80,16 a	369,75 ab	10525,54 b	28,86 a	1,11 a	4044,84 b
F	569,70 **	26,91 **	46,26 **	186,81 **	34,94 **	93,09 **	335,12**
D.M.S.	0,75	1,40	39,49	776,58	2,36	0,09	271,10
C.V. (%)	2,78	2,32	10,51	10,98	11,54	13,02	10,68
a x b	17,31 **	1,21 ns	3,67 *	2,30 ns	1,50 ns	1,70 ns	1,36 ns
a x c	0,98 ns	0,48 ns	1,87 ns	6,98 **	1,45 ns	1,76 ns	7,87 **
b x c	3,12 **	0,69 ns	2,33 *	1,81 ns	1,79 ns	2,13 *	2,56 *
a x b x c	1,20 ns	0,75 ns	1,22 ns	1,78 ns	1,61 ns	1,90 ns	1,69 ns

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. ns, \* e \*\* - não significativo e significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F.

De maneira geral, os genótipos apresentaram valores de MMIL distintos, evidenciando uma variação natural entre os materiais. Embora sejam linhagens irmãs, o PF020037 apresentou o grão maior quando comparado com o PF020062 com MMIL de 36,62 e 33,31 g respectivamente. Os materiais comerciais (Aliança e Brilhante) apresentaram valores intermediários (Tabela 2). Houve interação significativa entre redutor de crescimento e genótipos e o desdobramento dessa interação pode ser observada na tabela 3.

Tabela 3 - Massa de mil grãos de quatro genótipos de trigo tratados com redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010.

Dose de trinexapac-ethyl	Genótipos			
	Aliança	Brilhante	PF020037	PF020062
0 g.i.a.ha <sup>-1</sup>	34,30 aC	35,65 aB	37,85 aA	33,51 aC
125 g.i.a.ha <sup>-1</sup>	34,56 aA	35,13 aA	35,39 bA	33,11 aB

DMS para o redutor de crescimento dentro de cada genótipo = 1,21

DMS para genótipo dentro do redutor de crescimento = 0,84

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, ou minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a ( $p < 0,05$ ) 5% de probabilidade.

Apenas para o genótipo PF020037 a aplicação do regulador de crescimento promoveu uma diminuição significativa na MMIL (Tabela 3), corroborando com o descrito por Zagonel et al. (2002) com a cultivar IAPAR 53 e por Fioreze (2011) com a cultivar IAC 370. Os demais genótipos não sofreram alterações significativas na MMIL com a aplicação do redutor, corroborando com os resultados descritos por Matysiak (2006). Comportamento variável de diferentes genótipos também foram relatados por Zagonel e Fernandes (2007) que avaliaram o efeito de doses do trinexapac-ethyl em oito cultivares de trigo.

Por meio do desdobramento apresentado na Tabela 3 foi possível visualizar ainda que o trinexapac-ethyl possibilitou uma maior padronização no tamanho dos grãos, uma vez que devido à ação do redutor, as cultivares Aliança, Brilhante e a linhagem PF020037 não diferiram entre si.

Houve interação significativa entre os genótipos e os níveis de irrigação para a massa de mil grãos de trigo e os resultados são apresentados na tabela 4.

Assim como o observado por Frizzzone et al. (1996), o aumento do déficit de água no solo provoca redução significativa na massa média de 1000 grãos. Entretanto, o

desdobramento da interação apresentada na tabela 4 mostra que sob estresse severo (204 mm), o PF020037 apresentou a maior MMIL e o PF020062 e o Aliança apresentaram as menores. O tamanho do grão constitui uma vantagem competitiva para o PF020037 no momento da comercialização, uma vez que os moinhos preferem grãos maiores por possibilitar uma maior eficiência na extração de farinha. Na condição de estresse hídrico moderado (364 mm), o PF020037 continuou a apresentar os maiores valores de MMIL e o PF020062 os menores. Nos tratamentos com a lâmina recomendada de água (530 mm), o PF020062 foi o único genótipo que apresentou a menor MMIL, já com excesso de água (572 mm) o Aliança e o PF020062 apresentaram os menores valores (Tabela 4) evidenciando que o PF020062, naturalmente, apresenta grãos miúdos, apesar de ser linhagem irmã do PF020037.

Tabela 4 - Massa média de mil grãos de quatro genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação, em Planaltina-DF, 2010.

Genótipo	Lâminas de água (mm)			
	204	364	530	572
Aliança	27,12 cC	34,37 bB	38,70 aA	37,53 bA
Brilhante	28,63 bC	34,30 bB	39,39 aA	39,25 aA
PF020037	31,03 aC	35,88 aB	39,40 aA	40,17 aA
PF020062	27,13 cC	32,72 cB	36,15 bA	37,23 bA

DMS para o genótipo dentro de cada lâmina de irrigação = 1,39

DMS para lâmina de irrigação o dentro do genótipo = 1,49

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, ou minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a ( $p < 0,05$ ) 5% de probabilidade.

De maneira geral, o genótipo PF020037 apresentou maior PH que o Aliança e o Brilhante, não diferindo do PF020062 como ocorrido na MMIL (Tabela 2).

O PH corresponde à massa de 100 litros de trigo, expressa em kg, determinada em balança para peso específico e está relacionada ao rendimento dos grãos na produção de farinha ou sêmola. Possibilita uma bonificação no preço de comercialização do trigo à medida que supera as classificações. A bonificação máxima é obtida para o tipo I que deve apresentar, dentre outras características, o valor de PH igual ou superior a 78 (BRASIL, 2001).

Todos os genótipos avaliados apresentaram os valores médios de PH semelhantes nas diferentes lâminas de água, com exceção das médias observadas na condição de maior estresse hídrico (204 mm) que, independentemente do efeito do redutor de crescimento e dos

genótipos estudados, apresentaram PH em torno de 76,10 kg hL<sup>-1</sup> (Tabela 2), corroborando com os resultados descritos por Frizzone et al. (1996).

Apesar de existir na literatura relatos de correlações positivas entre a MMIL e o PH, pela melhor acomodação de grãos menores no cilindro do determinador do peso do hectolitro (MALLMANN et al., 1994), o genótipo que apresentou o grão com tamanho menor, o PF020062 com MMIL de 33,31 g (Tabela 2) não diferiu estatisticamente dos demais em termos de PH, apresentando valor médio de 79,11 kg hL<sup>-1</sup> (Tabela 2 e Figura 2) o que compensa, no momento da comercialização, a desvantagem desse genótipo em relação ao rendimento na extração de farinha.

De maneira geral, o redutor de crescimento não apresentou efeito significativo no número de espigas por metro quadrado (Tabela 2) contrastando com os resultados obtidos por Zagonel et al. (2002) com a cultivar OR-1 na região Sul do país que encontrou aumento significativo no número de espigas por metro de linha com a aplicação do trinexapac-ethyl.

Houve interação significativa entre o fator redutor de crescimento e o fator genótipos e o desdobramento dessa interação pode ser observado na tabela 5.

Assim como observado para a MMIL, a aplicação do redutor de crescimento também propiciou uma maior uniformidade no NESP. Dos genótipos que receberam a aplicação do trinexapac-ethyl apenas o Aliança diferiu significativamente dos demais apresentando um menor número de espigas. O redutor de crescimento pode promover na cultura do trigo uma maior emissão de perfilhos férteis como efeito compensatório de preenchimento de espaços vazios (MUNDSTOCK, 1999) ou pode ocorrer um efeito compensatório na massa de grãos por espigas em razão da alteração no número de espigas por metro quadrado (FIOREZE, 2011).

Vieira et al. (2007) concluíram que nas condições de cultivo do Sul do país os fatores primários de maior importância na determinação da produtividade do trigo são o número de grãos por espiguetas e o número de afilhos férteis por metro linear. Esse último pode ser relacionado com o número de espigas por área.

O número de espigas por metro quadrado (NESP) nas diferentes lâminas de água aplicadas pode ser observado na Figura 3. As equações que representam os genótipos PF020037 e PF020062 apresentaram modelos muito semelhantes e não diferiram estatisticamente em nenhum nível de irrigação (Tabela 6). Deve-se destacar que o comportamento da cultivar Brilhante, quando submetida ao maior déficit hídrico, apresentou os mais baixos valores de NESP, diferindo significativamente do genótipo PF020062.

Tabela 5 - Número de espigas de trigo por metro quadrado, submetidos a diferentes doses de redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010.

Dose do trinexapac-ethyl	Genótipos			
	Aliança	Brilhante	PF020037	PF020062
0 g.i.a.ha <sup>-1</sup>	325,58 aAB	331,17 aAB	318,00 aB	364,50 aA
125 g.i.a.ha <sup>-1</sup>	301,25 aB	362,58 aA	357,17 aA	386,83 aA

DMS para o redutor de crescimento dentro de cada genótipo = 45,94

DMS para genótipo dentro do redutor de crescimento = 44,18

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, ou minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a ( $p < 0,05$ ) 5% de probabilidade.

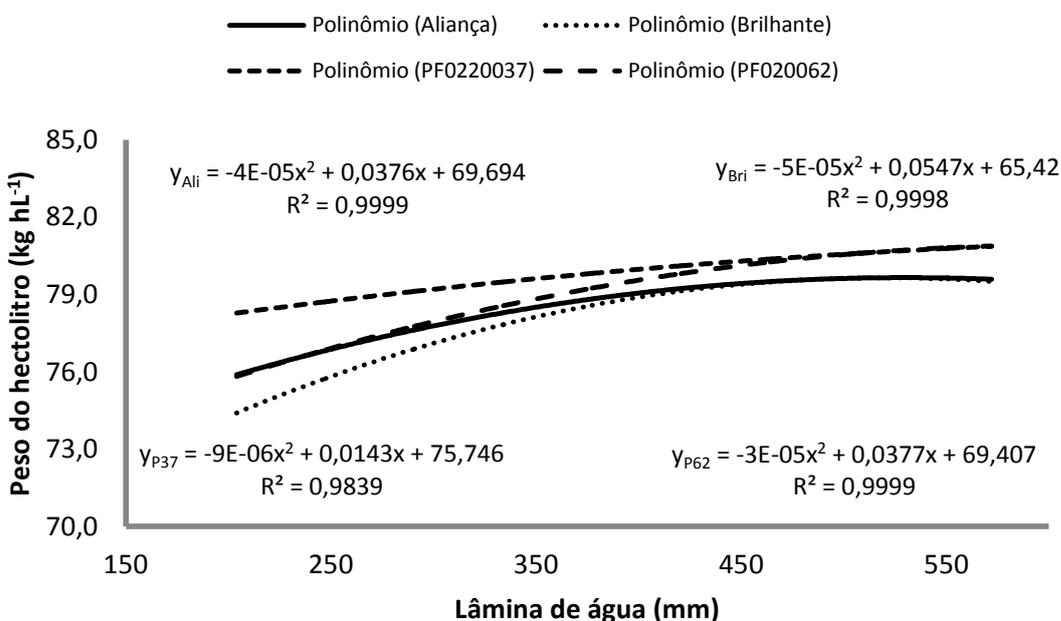
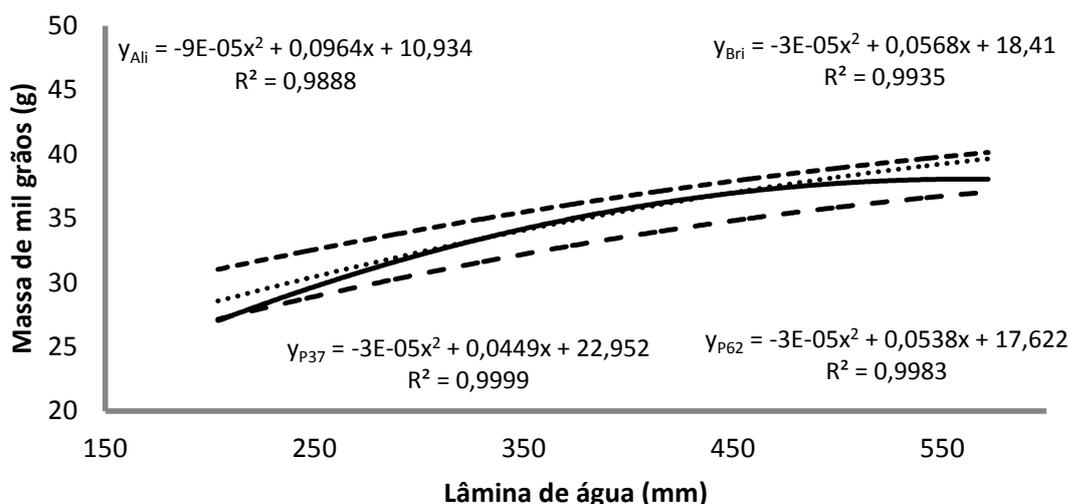


Figura 2- (A) Massa de mil grãos (g) e (B) peso do hectolitro de diferentes genótipos de trigo em função de diferentes lâminas de irrigação (mm)

Tabela 6 - Número de espigas por metro quadrado, de genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação, em Planaltina-DF, 2010.

Genótipo	Lâminas de água (mm)			
	204	364	530	572
Aliança	249,17 abB	340,50 aA	336,00 bA	328,00 bAB
Brilhante	198,00 bcC	358,83 aB	448,67 aA	382,00 abAB
PF020037	233,00 abB	343,50 aA	417,83 aA	356,00 abA
PF020062	294,17 aB	391,50 aA	404,00 abA	413,00 aA

DMS para o genótipo dentro de cada lâmina de irrigação = 73,46

DMS para lâmina de irrigação o dentro do genótipo = 78,98

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, ou minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a ( $p < 0,05$ ) 5% de probabilidade.

A cultivar Brilhante apresentou o maior número médio absoluto de espigas na condição ideal de irrigação (448,67 espigas  $m^{-2}$ ) e o menor valor absoluto na condição de maior estresse hídrico (198,00 espigas  $m^{-2}$ ) (Figura 3 e Tabela 6). Isso representou uma redução de 56% no número de espigas diante de uma redução de 62% da lâmina de água. Por outro lado, o PF020062, diante da mesma redução de lâmina, apresentou uma redução de apenas 27% no NESP revelando uma menor sensibilidade desse material em relação ao Brilhante. Rao et al. (2013) relataram reduções de 22% do número de espigas por metro quadrado em parcelas que receberam um pouco menos da metade da lâmina de irrigação ideal (46% do tratamento controle).

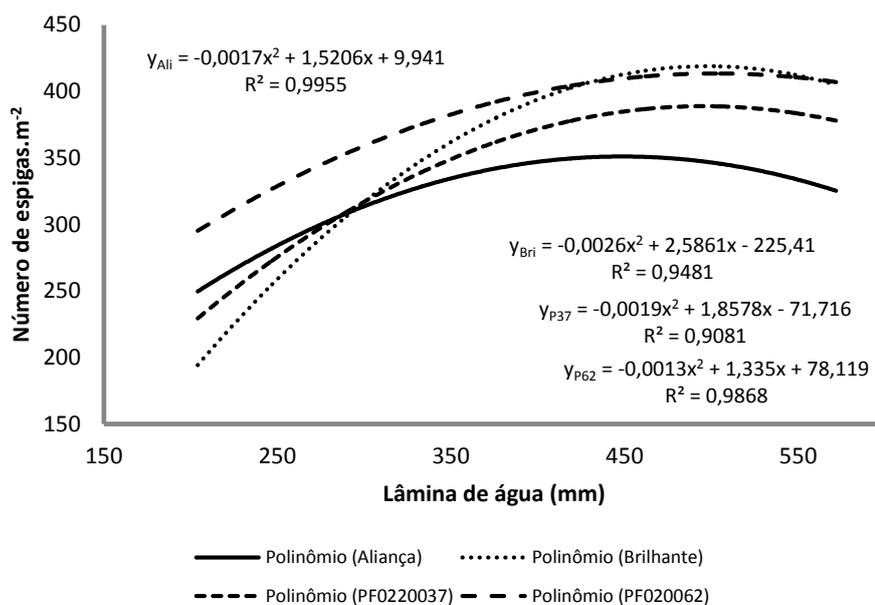


Figura 3 - Número de espigas por metro quadrado de diferentes genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação (mm).

Em condições ideais de cultivo o NESP corresponde a um dos principais componentes relacionados com a produção de grãos, entretanto, sob condições de estresse esse componente perde importância e a massa de grãos por espiga passa a assumir maior relevância (BLUE et al., 1990)

Vale ressaltar ainda que a produção do trigo pode ser estimada pelos seus componentes, os quais, por sua vez, são definidos em pré-antese (número de espigas  $m^{-2}$  e número de grãos espigas<sup>-1</sup>) e em pós-antese (massa de grãos) (RODRIGUES et al. 2003)

O genótipo PF020062 apresentou o maior NGM2 com 10052,46 grãos  $m^{-2}$  tendo diferido significativamente do cultivar Brilhante (8332,88) e do genótipo PF020037 (8982,79) (Tabela 2).

Foi observada interação significativa para o NGM2 entre os genótipos e as lâminas de água e o desdobramento da interação está apresentado na tabela 7.

Tabela 7 - Número médio de grãos de trigo por metro quadrado, submetidos a diferentes lâminas de irrigação e diferentes doses do redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010.

Dose de trinexapac-ethyl	Lâminas de água (mm)			
	204	364	530	572
0 g.i.a.ha <sup>-1</sup>	5476,75 aC	9322,58 aB	11186,33 aA	9538,92 bB
125 g.i.a.ha <sup>-1</sup>	4780,92 aC	9972,25 aB	11822,83 aA	11512,17 aA

DMS para o redutor de crescimento dentro de cada lâmina de irrigação = 864,33

DMS para lâmina de irrigação o dentro do redutor de crescimento = 1098,25

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, ou minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a ( $p < 0,05$ ) 5% de probabilidade.

A aplicação do redutor de crescimento teve efeito apenas na maior lâmina de água aplicada, mesmo não tendo ocorrido acamamento (Tabela 7).

Houve efeito benéfico do trinexapac-ethyl no aumento do número de grãos apenas na aplicação da máxima lâmina, correspondente ao excesso de água (Figura 4), evidenciando mais uma vez, a importância da aplicação do redutor em sistemas irrigados, mesmo sem o acamamento. Segundo Fronza et al. (2008), a aplicação de redutor de crescimento na cultura, somente é recomendada quando este apresentar tendência ao acamamento ou se a fertilidade do solo for alta e a cultura for irrigada.

Os tratamentos que receberam somente 204 mm de água (38% da lâmina ideal) apresentaram, em média, uma redução de 51% no NGM2 (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Rao et al. (2013) entre tratamentos com estresses hídricos similares a esses. Entretanto, o percentual de redução do NESP entre esses mesmos níveis de irrigação foi

de apenas 39% evidenciando que houve um incremento no número de espiguetas inférteis com a restrição hídrica.

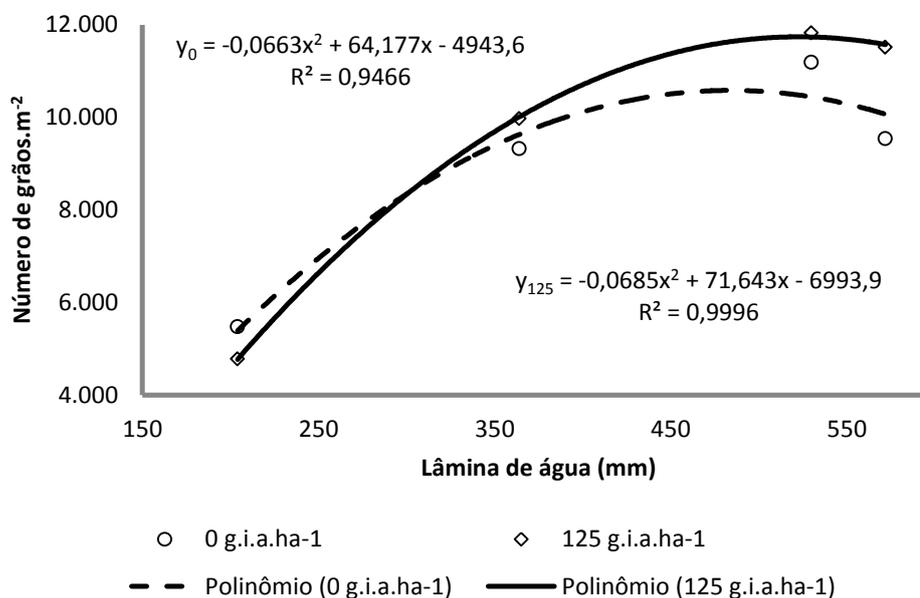


Figura 4 – Número de grãos de trigo por metro quadrado com e sem a aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl em função de diferentes lâminas de irrigação (mm).

Como no tratamento com maior estresse hídrico (204 mm) a irrigação foi interrompida a partir dos 30 DAE e considerando que o solo da área experimental apresenta baixa retenção de água, na ordem de 1 a 1,2 mm cm<sup>-1</sup> (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2006), o teor de água no solo se encontrava limitado no estágio de florescimento, período mais crítico para a produtividade da cultura (RODRIGUES et al., 1998), propiciando a inviabilidade do grão de pólen (GUSTA e CHEN, 1987) e induzindo o aborto das flores e a capacidade de enchimento dos grãos (RAJALA et al., 2009).

O NGESP também não sofreu efeito da aplicação do redutor de crescimento (Tabela 2). A cultivar Aliança apresentou o maior número de grãos por espiga (29,89) diferindo da cultivar Brilhante (25,94) e do genótipo PF020037 (24,18). Dos componentes de produção o NGESP foi a variável que apresentou menores diferenças significativas dentre as lâminas de irrigação, haja visto que não foram observadas diferenças significativas entre as lâminas que corresponderam ao estresse hídrico moderado, lâmina ideal e excesso de água. Assim como observado para o PH, nenhuma interação foi significativa (Tabela 2).

Por meio da comparação entre os genótipos, o componente de produção que apresentou a menor variação entre os mesmos foi a MGESP, tendo diferido dos demais

materiais apenas a cultivar Aliança com espigas mais pesadas com massa média de 1,05 g (Tabela 2).

Por meio do desdobramento da interação genótipo x lâmina de irrigação para esse componente (Tabela 8) foi possível visualizar que a superioridade da cultivar Aliança em relação aos demais ocorreu principalmente na lâmina recomendada de água (530 mm) e que tanto no excesso de água como no maior estresse hídrico, todos os genótipos se comportaram de forma semelhante (Figura 5).

Tabela 8 - Massa de grãos (g) por espiga de genótipos de trigo, submetidos a diferentes lâminas de irrigação, em Planaltina-DF, 2010.

Genótipo	Lâminas de água (mm)			
	204	364	530	572
Aliança	0,61 aC	1,07 aB	1,36 aA	1,16 aB
Brilhante	0,62 aC	0,93 abB	1,01 bAB	1,15 aA
PF020037	0,60 aC	0,87 bB	1,05 bAB	1,06 aA
PF020062	0,58 aC	0,86 bB	1,07 bA	1,08 aA

DMS para o genótipo dentro de cada lâmina de irrigação = 0,19

DMS para lâmina de irrigação o dentro do genótipo = 0,19

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, ou minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a ( $p < 0,05$ ) 5% de probabilidade.

Gondim et al. (2008) por meio de análise de trilha, em condições de redução da área foliar em trigo, relataram que a seleção de genótipos pela massa de mil grãos e pela massa de grãos por espiga é uma estratégia eficiente para aumentar a produtividade de grãos.

O material genético que apresentou a maior produtividade média de grãos foi o PF020062 atingindo os 3433,17 kg ha<sup>-1</sup> diferindo apenas do PF020037 com 3127,97 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

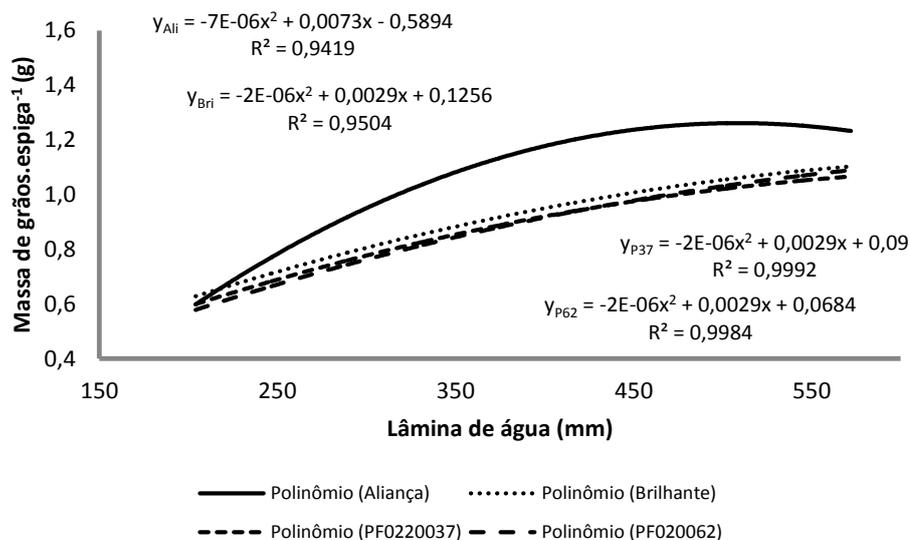


Figura 5 - Massa de grãos por espiga (g) de diferentes genótipos de trigo por metro quadrado em função de diferentes lâminas de irrigação (mm)

Nos tratamentos sem a aplicação de redutor de crescimento houve aumento de produtividade média até a lâmina de 530 mm e, a partir dessa, houve redução da produtividade (Figura 6). Já com a aplicação de redutor de crescimento, a maior lâmina de água (572 mm) não diferiu da lâmina recomendada para a cultura do trigo, evidenciando que a aplicação do redutor de crescimento pode ser utilizada em cultivos irrigados. Por meio do desdobramento da interação entre o redutor de crescimento e as diferentes lâminas de água (Tabela 9) foi possível observar que o trinexapac-ethyl promoveu aumento de produtividade média, na lâmina de 572 mm, de aproximadamente de 746 kg ha<sup>-1</sup> (17%). Isso significa em média um incremento de 1,78 g l<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> de grãos de trigo.

Segundo Fronza et al. (2008) não é recomendado aplicar o trinexapac-ethyl quando a cultura estiver com deficiência hídrica na fase inicial de seu desenvolvimento. No presente trabalho, no momento em que o redutor foi aplicado o trinexapac-ethyl, as plantas não apresentavam estresse hídrico pois a irrigação até os 30 DAE foi uniforme em todos os tratamentos.

Tabela 9 - Produtividade de grãos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação e doses de redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010.

Dose de trinexapac-ethyl	Lâminas de água (mm)			
	204	364	530	572
0 g i.a. ha <sup>-1</sup>	1561,37 aD	3232,99 aC	4361,34 aA	3671,84 bB
125 g i.a. ha <sup>-1</sup>	1339,46 aC	3370,29 aB	4462,85 aA	4417,83 aA

DMS para o redutor de crescimento dentro de cada lâmina de irrigação = 349,59

DMS para lâmina de irrigação o dentro do redutor de crescimento = 383,39

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, ou minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a (p<0,05) 5% de probabilidade.

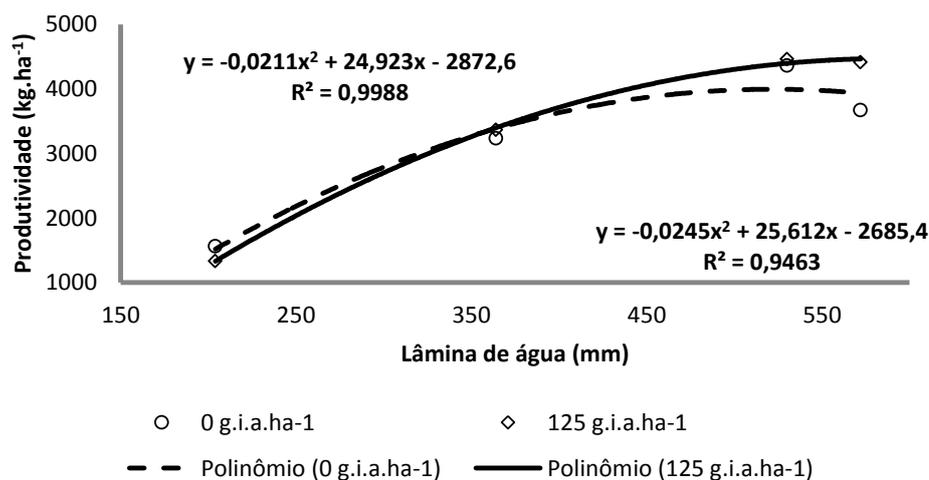


Figura 6 - Produtividade de grãos de trigo em função de diferentes lâminas de irrigação e da aplicação de redutor de crescimento

Na lâmina de 204 mm não houve diferença significativa entre os genótipos avaliados (Tabela 10). Como esse nível de água corresponde a irrigação até os 30 dias após a emergência das plantas, permite inferir que, para a possibilidade do plantio de trigo em safrinha tardia, nenhum dos materiais avaliados mereceriam destaque, pois não apresentam diferenças entre si (Figura 7).

É importante ressaltar que apesar da linhagem PF020037 apresentar cerosidade nas folhas, característica que poderia ser um mecanismo de tolerância à seca (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2006) esse genótipo não diferiu dos demais em termos de produtividade na condição de estresse hídrico severo

Entretanto, sob estresse moderado, a cultivar Aliança apresentou produtividade 649 kg ha<sup>-1</sup> superior ao PF020037 (Tabela 10) sugerindo que a cerosidade não é um mecanismo importante de tolerância à seca.

A fase de alongação até o estágio de florescimento corresponde ao período de maior demanda por água pela cultura, uma vez que corresponde à fase de maior acúmulo de massa verde (BRUNETTA et al., 2001). Nesse período as plantas já se encontravam em estresse hídrico. Moreira e Cardoso (2009) relataram que a interrupção da irrigação no estágio de grão leitoso praticamente não afeta a produtividade do trigo, entretanto nos estádios correspondentes ao primórdio e a emergência da espiga o déficit hídrico passa a influenciar a produtividade.

Tabela 10 - Produtividade de grãos de genótipos de trigo, submetidos a diferentes lâminas de irrigação, em Planaltina-DF, 2010.

Genótipo	Lâminas de água (mm)			
	204	364	530	572
Aliança	1483,1 aC	3612,1 aB	4534,4 aA	3768,7 bB
Brilhante	1217,2 aC	3282,0 abB	4466,6 aA	4227,3 abA
PF020037	1395,8 aD	2962,8 bC	4368,6 aA	3784,8 bB
PF020062	1705,6 aC	3349,8 abB	4278,8 aA	4398,5 aA

DMS para o genótipo dentro de cada lâmina de irrigação = 542,20

DMS para lâmina de irrigação o dentro do genótipo = 528,08

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, ou minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a ( $p < 0,05$ ) 5% de probabilidade.

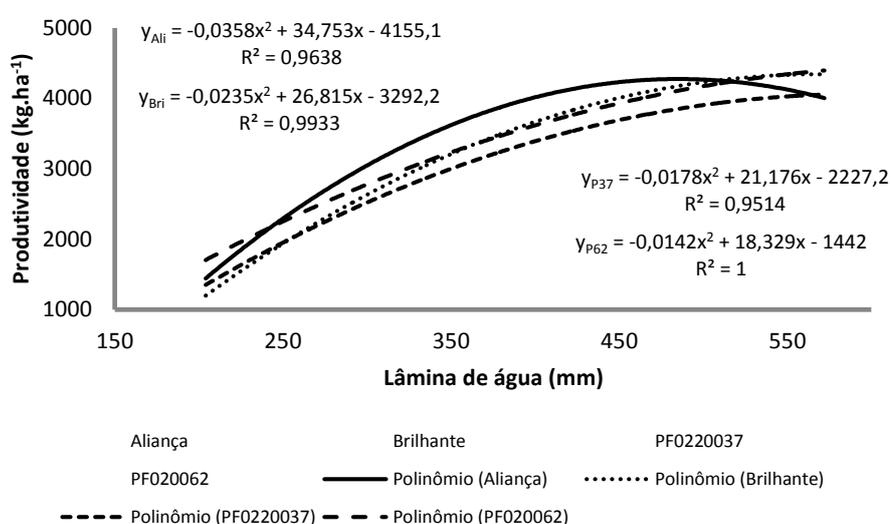


Figura 7 - Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de diferentes genótipos de trigo em função de diferentes lâminas de irrigação (mm).

Como no tratamento sob estresse moderado a disponibilidade de água no solo manteve-se por um período pouco maior que na menor lâmina aplicada, as plantas sofreram o referido déficit mais tardiamente. Porém, como o PF020037 é o material genético que apresenta o ciclo cinco dias mais longo, o déficit ocorreu em um estágio fisiológico um pouco diferente do Aliança, o que pode ter acarretado a diferença na produtividade.

Azevedo et al. (1994) observaram que as maiores taxas de evapotranspiração do trigo, ocorrem na fase de florescimento até a maturação, e que produtividades acima de 6 toneladas por hectare foram alcançadas com irrigações de 590mm. Na lâmina convencionalmente utilizada para a cultura do trigo (530 mm), não houve diferença na produtividade entre os genótipos estudados. Lamothe (1998) observou um certo efeito compensatório entre os componentes de produção, possibilitando atingir a mesma produtividade alterando a combinação entre vários componentes, como por exemplo o aumento da MMIL com a redução do NGM2 (LAMOTHE, 1998)

Na maior lâmina de irrigação aplicada o PF020062 apresentou produtividade de grãos maior que o Aliança e o PF020037, não diferindo apenas do Brilhante, significando que apesar dessa lâmina ter sido denominada como excesso de água, esse nível não foi prejudicial a todos os genótipos.

### **3.4 CONCLUSÕES**

Nas condições do experimento:

A aplicação do redutor de crescimento não afetou significativamente nenhum dos componentes de produção avaliados evidenciando que não constitui um manejo eficaz para o aumento da tolerância da planta de trigo ao estresse hídrico.

A aplicação do trinexapac-ethyl foi eficiente na lâmina máxima de água aplicada o que ressalta a eficiência do produto em manejo irrigado.

A presença de cerosidade nas folhas da PF020037 não propiciou tolerância à seca.

Nenhum genótipo apresentou diferença significativa na produtividade de grãos na menor lâmina de irrigação aplicada que corresponde a paralização da irrigação após os 30 primeiros dias de emergência.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, R. D. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Influência do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio (15 N) e na massa de grãos de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 31, n. 6, p. 1487-1496, 2007.
- ASSAD, E., PINTO, H.S. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. 82 p. 2008.
- ASSAD, E.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; DE CASTRO, L. H. R.; DA SILVA, F. A. M. Veranicos na região dos cerrados brasileiros, frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.9, p.993-1003. 1993.
- AZEVEDO, J. A. de.; OLITTA, A. F. L.; SILVA, E. M. da.; GUERRA, A. F. Uso de água de trigo irrigado, em função de níveis diferenciados de tensão de água no solo, em três etapas do ciclo da cultura. In: Relatório técnico anual do centro de pesquisa agropecuária dos cerrados 1987/1990. Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1994. p. 170-173.
- BLUE, E.N.; MASON, S.C.; SANDER, D.H. Influence of planting date, seeding rate, and phosphorus rate on wheat yield. **Agronomy Journal**, v.82, p.762-768, 1990.
- BRASIL, Ministério de Agricultura, Pecuária e Reforma Agrária. Determinações adicionais – peso volumétrico. In: **Regras para a análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV. Cap. 8, item 8.2, p.193-194, 1992.
- BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 7 de 15 de agosto de 2001. Regulamento Técnico e de Identidade e de Qualidade da Farinha de Trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p. 33, 2001.
- BRUNETTA, D.; DOTTO, S. R.; TAVARES, L. C. V. Pluviosidade e rendimento de trigo no norte do Paraná. **Boletim de Pesquisa/Embrapa soja**, Londrina, n. 4, p. 20, maio. 2001.
- CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. R.; SILVA, A. S.; ANDREOMAR, J. K.; BARBIERI, R. L. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 563-568, 2001.
- DAI, J.; WIERSMA, J. J. Agronomic Responses and Lodging of Three Spring Wheat Cultivars to Trinexapac-ethyl. Online. **Crop Management** doi:10.1094/CM-2011-0517-01-RS. 2011.
- EMBRAPA CERRADOS, 2013. **Monitoramento de Irrigação no Cerrado**. Disponível em: <<http://hidro.cpac.embrapa.br/index.php>> Acesso em: 15 out. 2013.
- ESPINDULA, M. C., ROCHA, V. S., de SOUZA, L. T., de SOUZA, M. A.; GROSSI, J. A. S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, 32, 2010.

FERRARI, S.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, J. V.; SANTOS, M. L.; SANTOS, D. M. A. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.

FIGLIAREZZI, L. S. Comportamento produtivo do trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais. Botucatu: UNESP, **Dissertação Mestrado** 86p. 2011.

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.

FRONZA, V.; CAMPOS, L. A. C.; RIEDE, C. R. Informações técnicas para a safra 2008: trigo e triticale. In: I REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2008. p. 123-147.

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

GUSTA, L. V.; CHEN, T. H. H. The physiology of water and temperature stress. **Wheat and wheat improvement**, n. wheatandwheatim, p. 115-150, 1987.

HANKS, R. J.; RASMUSSEN, V. P.; WILSON, G. D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation - crop production studies. **Soil Science Society American Proceedings**, v. 40, p. 426 - 9, 1976.

KAPPES C.; ARF, O.; ARF, M. V.; de CASTILHO GITTI, D.; ALCALDE, A. M. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 508-518, 2011.

LAMOTHE, A. G. Fertilización con N y potencial de rendimiento em trigo. In: KOHLI, M. M.; MARTINO, D. L. (Eds) **Explorando altos rendimientos em trigo**. Montevideo. p.207-246. 1998.

MALLMANN, I. L.; BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F. I. F. de; FEDERIZZI, L. C. Mecanismos de seleção aplicados sobre o caráter tamanho de grãos em populações segregantes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.427-437, 1994.

MATYSIAK, K. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. **Journal of Plant Protection Research, Poznan**, v. 46, n. 2, p. 133-143, 2006.

MATEUS, G. P.; LIMA, E. V.; ROSOLEM, C. A. Perdas de cloreto de mepiquat no algodoeiro por chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 631-636, 2004.

MOREIRA, D. R.; CARDOSO, V. J. M. Estresse hídrico e produtividade em *triticum aestivum* cv. anahuac e *triticum durum* cv. iac 1003. **Naturalia**, Rio Claro, v. 32, p. 23-34, 2009.

- MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre, 228p. 1999.
- NASCIMENTO, V. do; ARF, O.; SILVA, M. G. da; BINOTTI, F. F. da S.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVAREZ, R. de C. F. Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 921-929, 2009
- RAJALA A., HAKALA K., MAKELA P., MUURINEN S., PELTONEN-SAINIO P. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. **Field Crops Research**, 114: 263–271. 2009.
- RAO, S. S.; REGAR, P. L.; TANWAR, S. P. S.; SINGH, Y. V. Wheat yield response to line source sprinkler irrigation and soil management practices on medium-textured shallow soils of arid environment. **Irrig. Sci.** 31:1185–1197. 2013.
- RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; VASCONCELOS, U.; TRINDADE, M. da G.; FERREIRA, F. M.; SIQUEIRA, M. M. H.; SILVA, H. L. M. da; RODRIGUES, G. C.; GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; AMÁBILE, R. F.; ALBUQUERQUE, A. C.; SÓ E SILVA, M.; ALBRECHT, J. C.; DURÃES, F. O. M. Fenotipagem para tolerância à seca visando o melhoramento genético do trigo no cerrado. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 24 p. html. (Embrapa Trigo. Circular técnica Online, 21). Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p\\_ci21.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci21.htm)
- RODRIGUES, O.; DIDONETE, A. D.; TEIXEIRA, C.C.M.; ROMAM, S. E. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa, 2003. (Circular Técnica, 14).
- RODRIGUES, O., LHAMBY, J. C. B., DIDONETE, A. D., MARCHESE, J. A., & SCIPIONI, C. Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 839-846, 1998.
- TEIXEIRA, M. C. C.; RODRIGUES, O. **Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 16 p.
- VIANA, R. D. S., SILVA, P. H., MUTTON, M. A., MUTTON, M. J. R., GUIMARÃES, E. R., e BENTO, M. Efeito da aplicação de maturadores químicos na cultura da cana de açúcar (*Saccharum spp.*) Variedade SP81-3250. DOI: 10.4025/actasciagron. v30i1. 1130. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 65-71, 2008.
- VIEIRA, E. A.; de CARVALHO, F. I. F.; de OLIVEIRA A. C.; MARTINS, L. F.; BENIN, G.; da SILVA, J. A. G.; COIMBRA, J.; MARTINS, A. F.; de CARVALHO, M. F.; RIBEIRO, G. Análise de trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **Revista brasileira de agrociência**, Pelotas, v.13, n.2, p.169-174, 2007
- ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, v. 32, p. 25-29, 2002.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v. 25, n.2, p.331-339, 2007.

## **CAPÍTULO 2**

### **EFEITO DA APLICAÇÃO DO REDUTOR DE CRESCIMENTO NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E NA EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM GENÓTIPOS DE TRIGO SUBMETIDOS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

# EFEITO DA APLICAÇÃO DO REDUTOR DE CRESCIMENTO NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E NA EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM GENÓTIPOS DE TRIGO SUBMETIDOS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

ZIVIANI, A.C.<sup>1</sup>; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q.<sup>2</sup>; RAMOS, M.L.G.<sup>3</sup>; RAMPAZZO, L.S.<sup>4</sup>;  
SANDRI, G. F.<sup>5</sup>

## RESUMO

O cerrado brasileiro apresenta enorme potencial para a produção de trigo na época denominada de “safrinha” que corresponde a implantação da triticultura em sucessão à soja precoce ou ao cultivo do feijão. Entretanto, essa época do ano associa temperatura relativamente elevada e baixa disponibilidade hídrica, necessitando de plantas mais tolerantes à seca ou a utilização de um sistema de manejo que as torne mais tolerantes. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação de redutor de crescimento no desenvolvimento vegetativo, produtividade e eficiência no uso da água de quatro genótipos de trigo, desenvolvidos para a safrinha, submetidos a diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, durante o inverno de 2010, isolando assim o fator seca. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas sub-subdivididas com três repetições. As parcelas foram submetidas a dosagens de 0 ou 125 g i.a. ha<sup>-1</sup> do redutor de crescimento trinexapac-ethyl. Nas sub-parcelas foram semeados quatro diferentes genótipos de trigo (Aliança, Brilhante, PF020037 e PF020062) dispostos a cada cinco linhas. As sub-subparcelas receberam quatro diferentes níveis de água em irrigação, correspondentes a 572 (108%), 530 (100%), 364 (69%) e 204 (38%) mm, respectivamente considerados como: excesso de água, nível recomendado, estressado e muito estressado. Na determinação do desenvolvimento vegetativo do trigo foram avaliadas as seguintes características: altura das plantas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência e o comprimento médio das espigas. Foram avaliadas a produtividade de grãos e a eficiência no uso da água. Não houve efeito significativo do redutor de crescimento trinexapac-ethyl na produtividade média dos grãos do trigo em condições ideais de irrigação bem como na condição de estresse hídrico severo. O redutor de crescimento propiciou uma menor eficiência no uso de água na condição de estresse hídrico severo, porém, essa menor eficiência não refletiu significativamente no rendimento de grãos. A redução de 30% na lâmina recomendada de irrigação propiciou a maior eficiência no uso da água na cultura do trigo. A linhagem PF020062 apresentou a maior eficiência no uso da água na condição de estresse severo. O redutor afetou significativamente a altura final das plantas em todos os genótipos.

**Palavras-Chave:** *Triticum aestivum* L., déficit hídrico, regulador de crescimento, tolerância à seca.

1 – Eng. Agrônomo, doutorando em agronomia da Universidade de Brasília, Brasília-DF;

2 – Biólogo, PhD., Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF;

3 – Bióloga, PhD., Professora da Universidade de Brasília, Brasília-DF; Autora correspondente: [lucrecia@unb.br](mailto:lucrecia@unb.br);

4 – Enga. Agrônoma., Dra., Professora do Departamento de Agronomia das Faculdades Integradas da UPIS, Brasília-DF

5 - Acadêmico do curso de Agronomia das Faculdades Integradas da UPIS e estagiário da Embrapa Cerrados

# EFFECT OF GROWTH REDUCER IN VEGETATIVE GROWTH AND WATER USE EFFICIENCY IN WHEAT GENOTYPES UNDER DIFFERENT IRRIGATION

## LEVELS

## ABSTRACT

The Brazilian cerrado presents enormous potential for wheat production at the period called "off-season", as a second crop and this crop is planted in succession to early soybean or common bean. However, this period of year associates relatively high temperature and low water availability, and it is necessary to obtain requiring plants more tolerant to drought or the use of a management system that makes them more tolerants. The aim of this study was to evaluate the effect of reducing growth (trinexapac-ethyl) on vegetative growth, yield and water use efficiency of four wheat genotypes, developed for the off-season, under different irrigation levels. The experiment was carried out at Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, during the winter of 2010. The experimental design was randomized blocks in a sub-sub plots with three replications. The plots were the doses of 0 or 125 g ai ha<sup>-1</sup> of the reducing growth trinexapac-ethyl. In the subsub plots four different wheat genotypes (Alliance Brilhante, PF020037 and PF020062) were sown and arranged in five rows . The subsub plots received four different water levels, corresponding to 572 (108 %) , 530 ( 100%), 364 ( 69%) and 204 ( 38%) mm, respectively considered as excess water , normal, stressed , and very stressed, respectively. For the determination of wheat vegetative growth, the following characteristics were determined: plant height at 30 , 45 , 65 and 100 days after emergence and the average length of spikes. Grain yield and water use efficiency also were evaluated. There was no significant effect of reducing growth trinexapac-ethyl on grain yield of wheat under optimal irrigation conditions and the condition of severe water stress . The growth reducer provided a lower water use efficiency in the condition of severe water stress, however, this lower efficiency did not significantly reflect in grain yield. A 30% reduction in the optimal irrigation depth led to a greater water use efficiency by wheat crop. The line PF020062 showed the highest water use efficiency in the condition of severe stress. The plant reducer affected the final plant height in all genotypes.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., water deficit, growth regulator, drought tolerance.

## 4.1 INTRODUÇÃO

O Brasil produz cerca de 5,8 milhões de toneladas de trigo, em uma área de aproximadamente 2 milhões de hectares. O consumo de trigo nacional é de cerca de 10,4 milhões de toneladas, o que coloca o país como relevante importador mundial do cereal, principalmente oriundo da Argentina. Os estados do Rio Grande do Sul e do Paraná são os maiores produtores nacionais de trigo, somando juntos cerca de 5,2 milhões de toneladas (90% da produção nacional). O Distrito Federal cultiva uma área de aproximadamente 2500 hectares, alcançando destaque nacionalmente pela qualidade do trigo produzido e pela primeira colocação em produtividade média (5650 kg ha<sup>-1</sup>), mais que o dobro da média dos maiores estados produtores e da média nacional que atingem respectivamente 2034 e 2070 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2013). Apesar da alta produtividade, o trigo na região tem sido cultivado em áreas irrigadas, com altos custos de produção, o que o coloca em desvantagem diante de outras culturas como feijão e hortaliças que normalmente oferecem melhores rendimentos aos agricultores.

O Cerrado tem potencial de expansão para produzir 1,5 milhões de hectares em sistema irrigado e 2,5 milhões de hectares para o cultivo de trigo sequeiro (ALBRECHT et al., 2007). Entretanto, existe uma notória diferença entre a produtividade alcançada nas áreas irrigadas (em torno de 5 a 7 toneladas por hectare) com a produtividade alcançada em áreas de cultivo em sequeiro (0,6 a 2 toneladas por hectare). Apesar da baixa produtividade atingida no sistema de sequeiro, a área com potencial para a cultura ser cultivada na safrinha é grande, podendo produzir um montante de quatro milhões de toneladas e assim diminuir a necessidade de importação do produto. Além disso, o cultivo de sequeiro ajuda a quebrar o ciclo de algumas doenças e a melhorar a estrutura física do solo, proporcionando uma boa

cobertura com a palhada e aumentando a retenção de água no solo (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2006).

O trigo cultivado na safrinha, logo após a colheita da safra principal, é semeado em fevereiro e colhido em meados de abril e maio, podendo aproveitar ainda, as chuvas que ocorrem nos meses de março e parte de abril (CUNHA et al., 2001). De acordo com Ribeiro Júnior et al. (2006) a água é considerada o fator mais limitante para se obter bons rendimentos, em especial pelo fato de que nas condições de safrinha, no Cerrado brasileiro ocorrem frequentemente os chamados veranicos, que correspondem à interrupção do período chuvoso por um determinado tempo (ASSAD et al., 1993)

Um parâmetro muito utilizado por pesquisadores para avaliar se o rendimento da cultura é afetado pelo fornecimento de água ou para verificar a adaptação da planta ao déficit hídrico é a determinação da eficiência do uso de água (WARAICH, 2007) que pode ser expressa pela quantidade de água necessária para produzir uma unidade de matéria vegetal (COSTA et al., 2004).

Práticas de manejo que visem maximizar a eficiência produtiva das culturas como a aplicação de redutor de crescimento, por exemplo, tem sido uma importante estratégia utilizada na triticultura e também em outras culturas para propiciar uma redução do porte das plantas e um conseqüente aumento na resistência do colmo, diminuindo assim o acamamento (CRUZ et al., 2001; DAI e WIERSMA, 2011), principalmente em materiais genéticos de porte alto, em sistemas irrigados e submetidos a uma adubação nitrogenada excessiva (ZAGONEL et al., 2002; FRONZA et al., 2008; ESPINDULA et al., 2010).

O redutor de crescimento, também interfere no encurtamento entre a fonte (folha bandeira) e o dreno (espiga), o que reduz a distância percorrida pelos fotoassimilados da folha bandeira até os grãos, assim a planta pode economizar água e melhorar a eficiência de seu uso, o que pode ser favorável em condições de estresse hídrico. Com a diminuição da altura

das plantas e da área da folha bandeira, a luz que chega até a parte inferior do dossel da planta de trigo é maior, aumentando a atividade fotossintética e a produção de fotoassimilados pela planta (FIOREZE, 2011). Entretanto, deve ser utilizado com certo cuidado, pois podem causar consideráveis reduções na produtividade do trigo (ESPINDULA et al., 2009)

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação de redutor de crescimento no desenvolvimento vegetativo, produtividade e eficiência no uso da água em quatro genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação.

## **4.2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi instalado em Planaltina-DF na área experimental da Embrapa Cerrados situada a 15° 35' S e 47° 42' W e altitude de 1007 m. O clima da região é classificado como do tipo Aw (Köppen), com duas estações bem definidas (seca e chuvosa) e pluviosidade e temperatura médias anuais de 1497 mm e 19,6°C respectivamente. No período destinado ao plantio de “safrinha”, correspondente aos meses de fevereiro a abril as chuvas acumulam cerca de 489 mm.

A variação das temperaturas máxima e mínima, bem como dos registros da precipitação pluviométrica no período de condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho, com relevo suave ondulado, tendo sido corrigido com base nos resultados da análise química e preparado com gradagem pesada seguida de duas gradagens niveladoras.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas sub-subdivididas com três repetições. As parcelas foram submetidas a dosagens de 0 ou 125 g i.a. ha<sup>-1</sup> do redutor de crescimento trinexapac-ethyl. Nas sub-parcelas foram semeados quatro

diferentes genótipos de trigo desenvolvidos para a safrinha (Aliança, Brilhante, PF020037 e PF020062) dispostos a cada cinco linhas. As sub-subparcelas receberam quatro diferentes níveis de irrigação correspondentes a 572 (108%), 530 (100%), 364 (69%) e 204 (38%) mm respectivamente considerados como: excesso de água, recomendado, estressado e muito estressado.

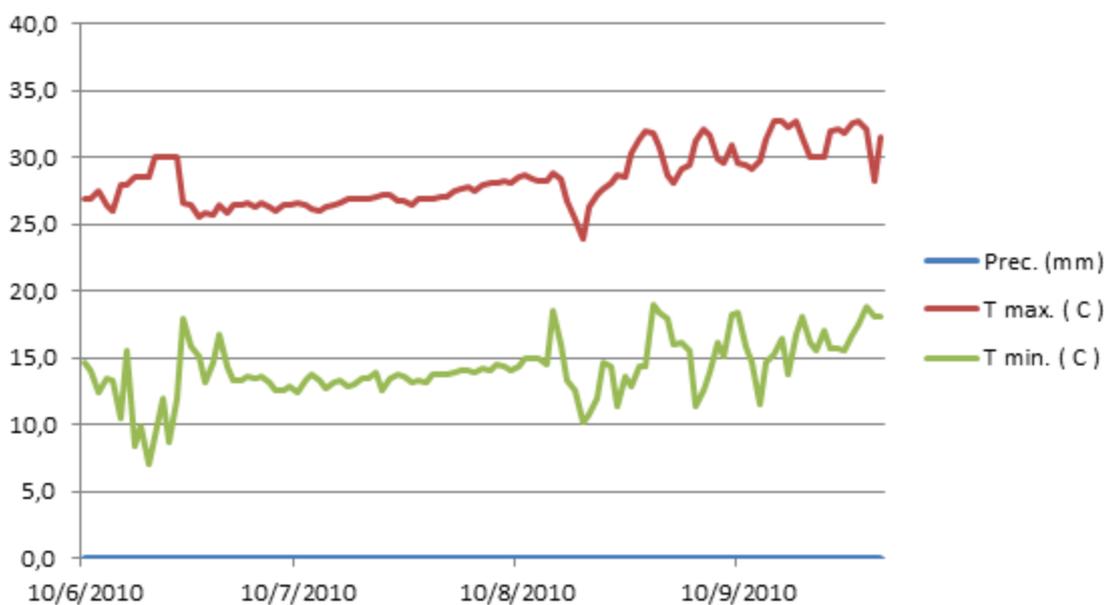


Figura 1 – Temperaturas máximas e mínimas (°C) e a precipitação pluviométrica (mm) observadas durante o período de condução do experimento em Planaltina DF no ano de 2010.

A área experimental recebeu  $600 \text{ kg.ha}^{-1}$  de 08-24-12 e em média  $126 \text{ kg.ha}^{-1}$  de sementes dispostas em linhas espaçadas de 0,2 metros. A semeadura ocorreu no dia 11 de junho de 2010.

No início do perfilhamento todos os tratamentos receberam uma aplicação de  $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N na forma de uréia. Na mesma época foi realizada a aplicação do herbicida à base de Pendimetalina como pré emergente na dose de  $1,25 \text{ g}$  do ingrediente ativo por hectare para o controle de plantas invasoras e do latifolicida metsulfuron metílico na dose de  $4 \text{ gramas}$  do ingrediente ativo por hectare.

A aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl ocorreu no estágio de primeiro nó visível, conforme recomendado pelo fabricante, aos 31 dias após a emergência (DAE).

Para o controle de insetos praga foi utilizado produto à base de clorpirifós na dosagem recomendada pelo fabricante.

Até o estágio de perfilhamento (30 DAE), a lâmina de água aplicada em todas as parcelas foi uniforme. A partir desse estágio, foi implementado o método de irrigação por aspersão denominado de “line source sprinkler system”, conforme a metodologia descrita por Hanks et al. (1976).

A lâmina ideal de água (100%) foi determinada em função do recomendado pela Embrapa Cerrados, por meio de um modelo disponível no site do centro, denominado de Programa de Monitoramento de Irrigação para o Cerrado. O referido programa on-line é abastecido com o tipo da cultura, a variedade usada, o tipo de solo e a data de emergência das plantas e por meio dessas informações, o software fornece automaticamente a lâmina e o turno de rega que devem ser aplicados, desde que subtraídos os valores de precipitação. Esse programa está disponível no endereço: <http://www.cpac.embrapa.br> no link “Monitoramento da Irrigação” ou acessando diretamente o endereço <http://hidro.cpac.embrapa.br> (EMBRAPA, 2013)

As demais lâminas (108%, 69% e 38%) foram obtidas por meio da maior ou menor distância em que as parcelas se encontravam em relação à linha central de aspersores.

Para aferição das diferentes lâminas de irrigação aplicadas foram utilizados dois conjuntos de copos coletores, dispostos a cada dois metros, em duas linhas no sentido transversal à linha central de aspersores, cujas posições foram alteradas após cada evento de irrigação, permitindo amostrar toda a área ao longo do ciclo de cultivo.

Aos 30, 45, 65 e 100 DAE foram avaliadas, com o auxílio de uma fita métrica aderida a uma haste de madeira, a altura das plantas do trigo (cm) inicialmente do solo até o limite do

relvado e após o espigamento do solo até o ápice da espiga, excluindo-se as aristas, pois a cultivar Brilhante apresenta espigas múticas.

De 27 a 29 de setembro de 2010 foi colhida manualmente uma área útil de um metro de comprimento por um metro de largura de cada parcela. Para evitar erro amostral todas as espigas de cada parcela foram medidas individualmente e determinado o comprimento médio das espigas (CESP) em centímetros, excluindo-se as aristas.

As espigas foram mecanicamente trilhadas e seus grãos submetidos a limpeza, separação, pesagem e aferição de umidade.

Para o cálculo da produtividade dos grãos (PROD) em quilogramas por hectare, a umidade foi padronizada em 13%.

A eficiência no uso da água (EUA) foi calculada através da relação entre a produtividade e o volume total de água utilizada nos diferentes níveis de irrigação por meio da equação:

$$EUA = PROD \times 0,1 / LTA$$

Donde: EUA = Eficiência no uso de água ( $\text{g l}^{-1} \text{m}^{-2}$ );  
PROD = Produtividade média dos grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ )  
LTA = Lâmina total de irrigação aplicada (mm)

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, no programa estatístico Assistat® versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2002).

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para todos os parâmetros avaliados pode ser encontrado nos Anexos A e B.

A aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl não interferiu na produtividade de grãos e na eficiência no uso de água (Tabela 1). Tal fato pode estar relacionado, dentre outros fatores, com a inexistência de acamamento de plantas nas parcelas que não receberam a aplicação do redutor. O acamamento causa sérios danos à cultura por provocar, dentre outros, injúrias nas plantas acamadas, decréscimo nas taxas fotossintéticas, perda da qualidade de grãos e dificuldade na colheita mecanizada (LIMA e LOVATO, 1995; ZAGONEL e FERNANDES, 2007; ESPINDULA et al., 2010)

Tabela 1 - Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e eficiência no uso de água ( $\text{g l}^{-1} \text{m}^{-2}$ ) relacionado ao efeito da aplicação do redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010.

Doses do trinexapac-ethyl	Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Eficiência no uso da água ( $\text{g l}^{-1} \text{m}^{-2}$ )
0 g i.a. $\text{ha}^{-1}$	3206,96 a	0,78 a
125 g i.a. $\text{ha}^{-1}$	3399,44 a	0,80 a
F	3,74 ns	0,71 ns
C.V. (%)	14,75	14,17

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente para cada variável analisada pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.

Dentro dos níveis crescentes de água verificou-se que na lâmina considerada como excesso de água (570 mm), quando não se utilizou o redutor de crescimento, a produtividade de grãos foi maior. Nas demais lâminas de irrigação, observou-se decréscimos significativos na produtividade de grãos, independentemente da aplicação ou não do redutor (Tabela 2). Entretanto, nos tratamentos que receberam o redutor de crescimento, dentro do nível máximo de água aplicada (572 mm - considerado como excesso de água), a produtividade foi semelhante à lâmina normal, evidenciando que a aplicação do trinexapac-ethyl apresenta efeitos desejáveis apenas nas maiores lâminas aplicadas (Tabela 2).

O uso de redutores de crescimento ainda é muito controverso e está diretamente associado à cultivar utilizada. Segundo alguns autores, o aumento da produtividade pode estar relacionado com a diminuição do acamamento das plantas em consequência das mudanças morfológicas que a planta sofre em decorrência do redutor, ou seja, ocorre redução da altura, que poderia deixar a mesma com arquitetura favorável em condições de campo. Quando se utilizam redutores de crescimento em plantas que não estão em condições favoráveis ao acamamento, a diminuição da estatura e conseqüente redução do aumento da área foliar podem levar a uma diminuição da produtividade das culturas (GUOPING et al., 2001; RAJALA et al., 2006; ZAGONEL e FERNANDES, 2007; PAGLIOSA et al., 2013).

Tabela 2 - Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e eficiência no uso de água ( $\text{g l}^{-1} \text{m}^{-2}$ ) relacionado ao efeito da aplicação do redutor de crescimento em diferentes lâminas de água aplicadas, em Planaltina-DF, 2010.

Dose de trinexapac-ethyl	Lâminas de água (mm)			
	204	364	530	572
	Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			
0 g i.a. $\text{ha}^{-1}$	1561,4 aD	3233,2 aC	4361,4 aA	3671,8 bB
125 g i.a. $\text{ha}^{-1}$	1346,5 aC	3370,4 aB	4462,8 aA	4418,0 aA
	Eficiência no uso de água ( $\text{g l}^{-1} \text{m}^{-2}$ )			
0 g i.a. $\text{ha}^{-1}$	0,77 aB	0,89 aA	0,82 aB	0,64 bC
125 g i.a. $\text{ha}^{-1}$	0,66 bD	0,93 aA	0,84 aB	0,77 aC

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, ou minúscula nas colunas, não diferem significativamente para cada variável analisada pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.

Em relação ao uso eficiente de água, a aplicação do redutor não interferiu na eficiência nos níveis de estresse moderado (364 mm) e diminuiu na lâmina recomendada (530 mm) com ou sem redutor. Observou-se que no nível muito estressado (204 mm) a utilização do redutor diminuiu a EUA e o contrário foi verificado no nível excesso de água (572 mm), quando a aplicação do trinexapac-ethyl propiciou aumento da EUA (Tabela 2).

Tal fato pode estar relacionado com o aumento na produtividade observado no tratamento que recebeu a aplicação do redutor de crescimento juntamente com a maior lâmina d'água, corroborando com o propósito da aplicação do redutor (RODRIGUES et al., 2003).

A menor eficiência no uso da água observada nos tratamentos com maior estresse hídrico e submetidos à aplicação do trinexapac-ethyl permitiu descartar a hipótese de que a aplicação do redutor possibilita uma maior tolerância à seca nas plantas de trigo.

Entretanto, em termos gerais, foi observado que as plantas que sofreram estresse hídrico moderado através da aplicação de apenas 364 mm, correspondente a 69% da lâmina recomendada, foram mais eficientes no uso de água (Tabela 2). Esses dados estão de acordo com a determinação dos pontos de máximo das equações de regressão apresentadas na Figura 2. Os modelos de regressão permitiram estimar que as lâminas mais eficientes no uso da água foram de 341,7 e 385,7 mm respectivamente para os tratamentos que receberam 0 e 125 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

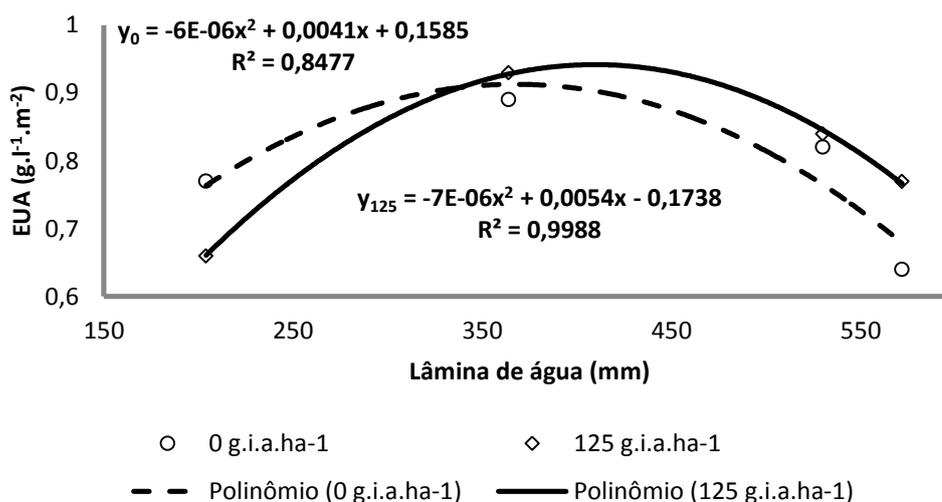


Figura 2 -Eficiência no uso da água (g l<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>) em diferentes lâminas de irrigação e aplicação de redutor de crescimento.

Waraich et al. (2007) relataram que a eficiência do uso da água no trigo diminuiu com o aumento do número de irrigações. O mesmo pode ser observado no trabalho de Zhang et al. (1999), que segundo os autores, possivelmente no nível estressado, a planta utilizou toda a água disponível para a sua produção, ou seja, toda a água recebida foi utilizada pela planta, diferentemente do ocorrido nos outros níveis. Nos tratamentos que receberam o nível mais alto de estresse hídrico (204 mm) a quantidade de água aplicada não foi suficiente para

atender a demanda vegetativa e reprodutiva da planta, por outro lado, na condição de água em excesso, podem ter ocorrido perdas de água propiciadas pela percolação excessiva ou prejuízos às plantas causadas pela alteração da quantidade disponível de ar nas raízes (JIN et al., 1999; AL-BARRAK, 2006; SUN et al., 2006).

A lâmina normal (530 mm), que corresponde à quantidade de água recomendada para a cultura, propiciou as maiores produtividades, fato que comprova que as recomendações de lâminas de irrigação fornecidas pelo programa de monitoramento da irrigação disponível no site da Embrapa Cerrados são adequadas para a cultura.

Para a maioria dos genótipos, dentro de uma mesma lâmina de água aplicada, a produtividade não foi afetada significativamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Produtividade de grãos e eficiência no uso de água relacionado ao efeito do genótipo em diferentes lâminas de água aplicadas, em Planaltina-DF, 2010.

Genótipo	Lâminas de água (mm)			
	204	364	530	572
Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )				
Aliança	1483,0 aC	3612,2 aB	4534,3 aA	3768,7 bB
Brilhante	1231,3 aC	3282,2 aB	4466,7 aA	4227,3 aA
PF020037	1395,8 aD	2962,8 bC	4368,7 aA	3784,8 bB
PF020062	1705,7 aC	3350,0 aB	4278,8 aA	4398,5 aA
Eficiência no uso de água (g l <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )				
Aliança	0,73 bC	0,99 aA	0,85 aB	0,66 aC
Brilhante	0,60 bC	0,90 aA	0,84 aA	0,74 aB
PF020037	0,69 bB	0,82 aA	0,82 aA	0,66 aB
PF020062	0,84 aA	0,92 aA	0,81 aA	0,77 aA

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, ou minúscula nas colunas, não diferem significativamente para cada variável analisada pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.

O genótipo PF020037 apresentou reduções de produtividade nas lâminas denominadas como pouco estressada (364 mm) e excesso de água (572 mm) quando comparados aos demais, evidenciando a menor estabilidade produtiva desta linhagem. Tal informação, em princípio, descarta a hipótese sugerida por Farias (2012) de que a presença de cerosidade intensa nas folhas e colmo da linhagem PF020037 poderia ser considerada um mecanismo

natural de tolerância à seca, principalmente quando comparado aos demais genótipos avaliados.

Observou-se que, conforme se diminuiu a quantidade de água, a produtividade também diminuiu (Tabela 3). Este dado não se torna interessante ao se buscar genótipos com alguma indicação de tolerância a seca.

Os genótipos estudados apresentaram eficiência do uso de água semelhante em cada lâmina de água, com exceção da lâmina de 204 mm (muito estressado), em que a linhagem PF020062 apresentou maior EUA que os demais. Entre as lâminas de 364 mm e 530 mm, os genótipos estudados apresentaram EUA semelhante, com exceção do Aliança que apresentou menor EUA na lâmina de 530 mm. Essa cultivar, nas lâminas extremas de 572 e 204mm, correspondendo ao excesso de água e muito estressado, respectivamente, apresentou EUA semelhante, indicando que a cultivar não suporta altos teores de água nas raízes. Os genótipos Brilhante e PF020037, nos extremos de irrigação, apresentaram comportamento semelhante quanto à EUA. Já para o PF020062 a EUA foi semelhante em todas as lâminas de água estudadas demonstrando ser o material mais estável em termos de variação de água aplicada.

O redutor de crescimento mostrou efeito significativo na altura de plantas a partir dos 65 DAE. Nas amostragens realizadas aos 65 e 100 DAE as alturas dos genótipos que receberam a aplicação do redutor de crescimento foram significativamente menores, sem afetar o comprimento médio das espigas (Tabela 4).

Tabela 4 - Altura de plantas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência e comprimento da espiga relacionado ao efeito da aplicação do redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010.

Doses do Trinexapac-ethyl	Altura de plantas (cm)				Comprimento da espiga (cm)
	30 D.A.E.	45 D.A.E.	65 D.A.E.	100 D.A.E.	
0 g i.a. ha <sup>-1</sup>	30,56 a	57,94 a	73,73 a	81,04 a	5,61 a
125 g i.a. ha <sup>-1</sup>	29,63 a	53,81 a	60,92 b	65,31 b	5,65 a
F	1,60ns	5,15 ns	127,61 **	121,77 **	0,29 ns
C.V. (%)	12,05	15,94	8,25	9,54	7,09

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem significativamente para cada variável analisada pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.

Segundo Johnson (1994), os efeitos da aplicação de redutor de crescimento em gramíneas são observados entre 14 e 21 dias após a aplicação. Como as avaliações de altura de plantas foram realizadas aos 30 e aos 45 DAE, nessas datas amostradas não foi possível identificar o efeito significativo do trinexapac-ethyl, pois o mesmo foi aplicado aos 31 DAE.

Por outro lado, o redutor de crescimento não afetou o comprimento médio das espigas corroborando com os resultados de outros autores que indicaram que a ação do trinezapac-ethyl ocorre exclusivamente na diminuição da elongação dos entre-nós (ESPINDULA et al., 2010; FIOREZE, 2011).

O comportamento individual dos genótipos de trigo, com e sem a aplicação do redutor de crescimento, expresso por meio da altura média das plantas nas diferentes datas de amostragem em função das diferentes lâminas aplicadas pode ser observado na Figura 3. Por meio desses gráficos é possível identificar a eficiência na redução da altura das plantas conforme descrito por diversos autores (MATYSIAK, 2006; ZAGONEL e FERNANDES, 2007) e que os genótipos se comportam de forma diferenciada (PAGLIOSA et al., 2013), principalmente em função das diferentes lâminas de irrigação, corroborando com os resultados de Rodrigues et al. (2003) que relatam que o estresse hídrico apresenta efeito semelhante ao do redutor de crescimento na diminuição da altura das plantas de trigo.

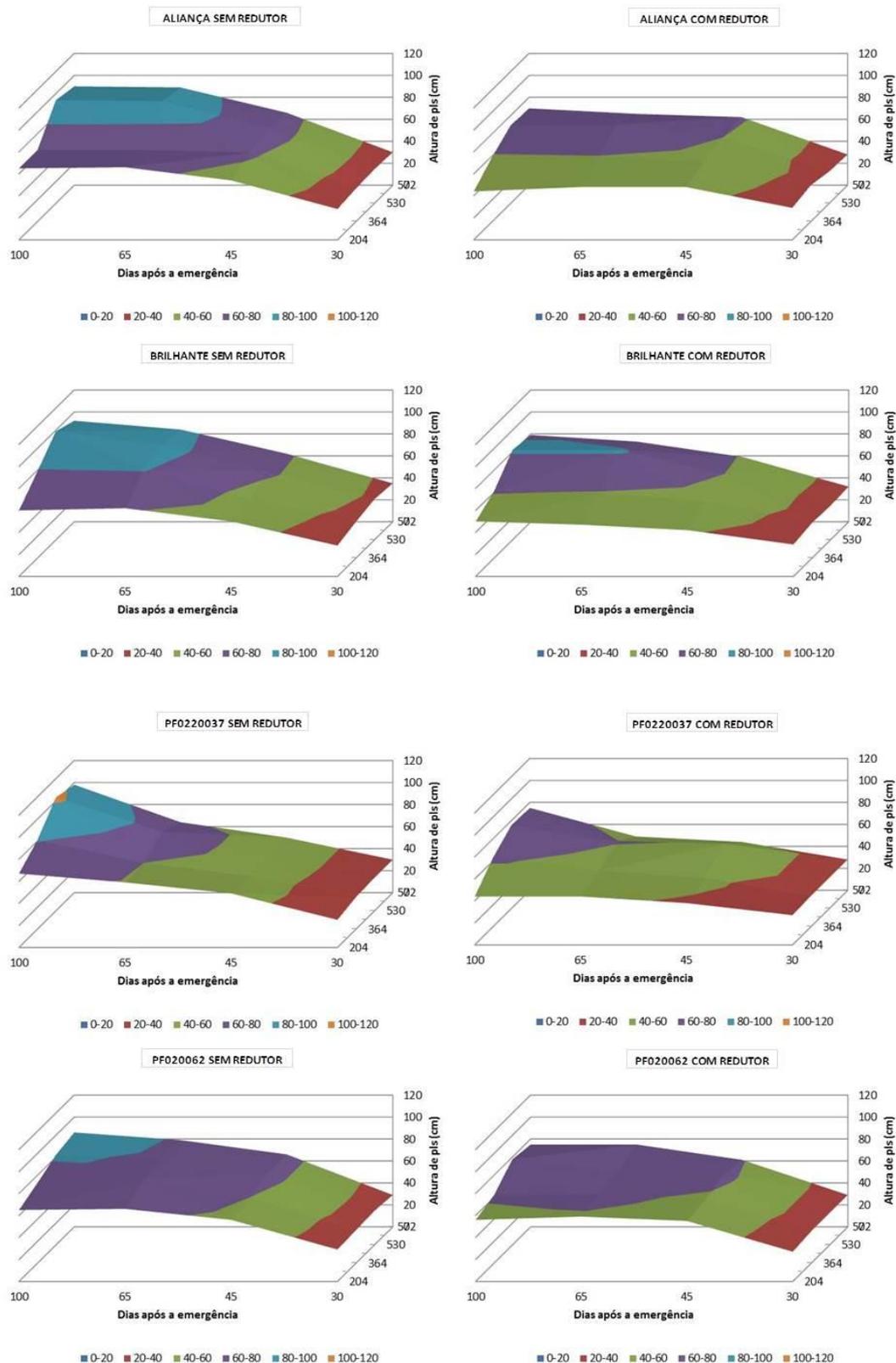


Figura 3 – Evolução da altura das plantas do trigo, com e sem a aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl, avaliadas aos 30, 45, 65 e 100 DAE em função das diferentes lâminas de irrigação

Por meio do desdobramento da interação redutor vs genótipos (Tabela 5) pode-se observar que o trinexapac-ethyl foi eficiente na redução da altura final de plantas (100 DAE) em todos os genótipos e que os genótipos Aliança e PF020062 apresentaram naturalmente um porte menor em relação ao Brillhante e ao PF020037. Entretanto, a aplicação do regulador de crescimento possibilitou certa uniformidade na altura das plantas, uma vez que não houve diferenças significativas na altura final de plantas entre os genótipos estudados, o que corrobora com a afirmação de que o redutor deve ser indicado para plantas que apresentam portes mais altos em cultivos irrigados e com altas doses de nitrogênio (RODRIGUES et al., 1988).

Tabela 5 - Altura de plantas (cm) de genótipos de trigo, aos 100 dias após a emergência, em diferentes doses de redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010.

Dose de trinexapac-ethyl	Genótipos			
	Aliança	Brilhante	PF020037	PF020062
0 g.i.a.ha <sup>-1</sup>	78,25 aB	82,25 aA	87,25 aA	76,42 aB
125 g.i.a.ha <sup>-1</sup>	61,00 bA	67,75 bA	64,67 bA	67,83 bA

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, ou minúscula nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

#### 4.4 CONCLUSÕES

Não houve efeito significativo do redutor de crescimento trinexapac-ethyl na produtividade média dos grãos do trigo em condições ideais de irrigação bem como na condição de estresse hídrico severo.

O redutor de crescimento propiciou uma menor eficiência no uso de água na condição de estresse hídrico severo, porém, essa menor eficiência não refletiu significativamente no rendimento de grãos.

A redução de 30% na lâmina recomendada de irrigação propiciou a maior eficiência no uso da água na cultura do trigo.

A linhagem PF020062 apresentou a maior eficiência no uso da água na condição de estresse severo.

O redutor afetou significativamente a altura final das plantas em todos os genótipos, sem afetar o comprimento médio das espigas.

#### 4.5 REFERÊNCIAS

AL-BARRAK, K.M. Water use efficiency in wheat grown under drought conditions. **Journal of biological sciences**. v. 6, n. 2, p. 408-411, 2006.

ALBRECHT, J. C.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; SÓ e SILVA, M.. Cultivares de trigo para o cerrado. In: FALEIRO, F. G.; de SOUSA, E. dos. S. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p. 61-68.

ALSAYIM, H.E.; EL-MAHDI, A.R.A.; NAYEL, M.H. Water- use Efficiency of Two Wheat Cultivars (*Triticum aestivum* L.) under Tropical High Terrace Soil Conditions. **Asian Journal of Agriculture and Food Sciences**. v. 1, n.5, p. 210-216. 2013.

ASSAD, E. et al. Veranicos na região dos cerrados brasileiros, frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 9, p. 993-1003. 1993.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Mercado de trigo – Situação recente** Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_setoriais/Culturas\\_de\\_inverno/38RO/App\\_Mercado\\_Inverno.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Culturas_de_inverno/38RO/App_Mercado_Inverno.pdf)> Acesso em 30 dez 2013.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. R.; SILVA, A. S.; ANDREOMAR, J. K.; BARBIERI, R. L. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 563-568, 2001.

CUNHA, G. R. da.; HAAS, J. C.; MALUF, J. R. T.; CARAMORI, P. H.; ASSAD, E. D.; BRAGA, H. J.; ZULLO Jr, J.; LAZZAROTTO, C.; GONÇALVES, S.; WREGE, M.; BRUNETTA, D.; DOTTO, S. R.; PINTO, H. S.; BRUNINI, O.; THOMÉ, V. M. R.; ZAMPIERI, S. L.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M. B. M.; PANDOLFO, C. Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 400-414, dez. 2001.

DAI, J.; WIERSMA, J. J. Agronomic Responses and Lodging of Three Spring Wheat Cultivars to Trinexapac-ethyl. Online. **Crop Management** doi:10.1094/CM-2011-0517-01-RS. 2011.

EMBRAPA CERRADOS, 2013. **Monitoramento de Irrigação no Cerrado**. Disponível em: <<http://hidro.cpac.embrapa.br/index.php>> Acesso em: 15 out. 2013.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, M. A.; SOUZA, L. T.; FAVARATO, L. F. Use of growth retardants in wheat. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2009.

ESPINDULA, M. C., ROCHA, V. S., de SOUZA, L. T., de SOUZA, M. A.; GROSSI, J. A. S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, 32, 2010.

FARIAS, T. R. R.. **Manejo de solo e água no desempenho agrônômico de genótipos de trigo no Brasil Central**. 56 f. Dissertação de Mestrado em Agronomia — Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

FIGLIANO, L. S. **Comportamento produtivo do trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais**. Botucatu: UNESP, Dissertação Mestrado 86p. 2011.

FRONZA, V.; CAMPOS, L. A. C.; RIEDE, C. R. Informações técnicas para a safra 2008: trigo e triticales. In: I REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALES, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2008. p. 123-147.

GUOPING, Z.; JIANXING, C.; BULL, D.A. The effects of timing of N application and plant growth regulators on morphogenesis and yield formation in wheat. **Plant Growth Regulation** v. 35, p. 239-245. 2001

HANKS, R. J. et al. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, v. 40, n. 3, p. 426-429, 1976.

JIN, M.; ZHANG, R. ; SUN, L.; GAO, Y. Temporal and spatial soil water management: a case study in the Heilonggang region, PR China. **Agricultural Water Management**, v. 42, n.2, p. 173-187, 1999.

JOHNSON, B.J. Influence of Plant Growth Regulators and mowing on two Bermudagrasses. **Agronomy Journal** v. 86, p. 805-810. 1994.

LIMA, M. do R. S. da S.; LOVATO, C.. Efeito do cloreto de chlormequat sobre quatro cultivares de trigo em duas épocas de semeadura. **Ciência. Rural**, v. 25, n. 3, 1995.

MATYSIAK, Kinga. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v. 46, n. 2, p. 133-143, 2006.

PAGLIOSA, E.E.; BENIN, G.; BIEZUS, E; BECHE, E.; SILVA, C.L.; MARCHESE, J.A.; MARTIN, T.N. Trinexapac-ethyl e adubação nitrogenada na cultura do trigo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 623-630, 2013

RAJALA, A. **Plant growth regulators to manipulate cereal growth in Northern growing conditions**. 53p. Dissertation (Academic) - Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki , Helsinki, 2006.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; VASCONCELOS, U.; TRINDADE, M. da G.; FERREIRA, F. M.; SIQUEIRA, M. M. H.; SILVA, H. L. M. da; RODRIGUES, G. C.; GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; AMÁBILE, R. F.; ALBURQUERQUE, A. C.; SÓ E SILVA, M.; ALBRECHT, J. C.; DURÃES, F. O. M. Fenotipagem para tolerância à seca visando o melhoramento genético do trigo no cerrado. Passo Fundo: Embrapa Trigo, **Circular técnica**, 21, 2006. 24 p.

RODRIGUES, O.; DIDONETE, A.D.; TEIXEIRA, C.C.M.; ROMAM, S.E. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa, 2003. (Circular Técnica n.14).

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J.C.B.; DIDONEP, A.D.; MARCHESE, J.A.; SCIPIONI, C. Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.33, n.6, p.839-846, 1998.

SILVA, F. A. S.e AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 4:71-78, 2002.

SUN, H. , LIU, C. , ZHANG, X. , SHEN, Y., ZHANG, Y.. Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain. **Agricultural Water Management**. v. 85, n. 1-2, p. 211-218, 2006.

WARAICH, E.A.; AHMAD, R.; SAIFULLAH; SABIR, M. Nitrogen nutrition and water stress effects on growth, yield and water use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**.v.44, n.1, p.64-73, 2007.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v. 25, n.2, p.331-339, 2007.

ZHANG, H.; WANG, X.; YOU, M.; LIU, C. Water – yield relations and water-use efficiency of winter wheat in the North China Plain. **Irrigation Science**. v. 19, n. 1, p. 37-45. 1999.

## **CAPÍTULO 3**

### **EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE REDUTOR DE CRESCIMENTO NA PRODUTIVIDADE DE TRIGO IRRIGADO NO DISTRITO FEDERAL**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE REDUTOR DE  
CRESCIMENTO NA PRODUTIVIDADE DE TRIGO IRRIGADO NO DISTRITO  
FEDERAL**

ZIVIANI, A.C.<sup>1</sup>; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.<sup>2</sup>; RAMOS, M. L. G.<sup>3</sup>; SOUZA, J. Z.<sup>4</sup>; DINIZ  
NETO, A. C.<sup>4</sup>

**RESUMO**

Foi avaliado o efeito de três doses do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (0, 125 e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>) no comportamento de cinco genótipos de trigo (Aliança, Brilhante, BRS254, PF020037 e PF020062) em cultivo irrigado, na área experimental da Embrapa Cerrados, região administrativa de Planaltina-DF, no inverno do ano de 2010. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x5, com três repetições. Foram determinadas as alturas de plantas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência, além dos seguintes parâmetros relacionados à produção: massa de 1000 grãos, massa do hectolitro e produtividade média de grãos. Houve efeito significativo do redutor de crescimento trinexapac-ethyl na altura final dos diferentes genótipos de trigo. Apesar dos diferentes genótipos avaliados apresentarem entre si diferenças significativas na massa média de 1000 grãos esse efeito não foi observado com a variação das doses do redutor de crescimento. As doses de redutor de crescimento não afetaram a massa do hectolitro. Houve efeito positivo das doses de redutor de crescimento na produtividade de grãos. A dose de 250 g i.a. ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl, dobro da dose comercialmente recomendada para a cultura, apresentou a maior produtividade média dos grãos nos diferentes genótipos, evidenciando um aumento líquido de cerca de 11 sacas de trigo por hectare.

**Palavras-Chave:** *Triticum aestivum* L., regulador de crescimento, altura de plantas.

1 – Eng. Agrônomo, doutorando em agronomia da Universidade de Brasília, Brasília-DF;

2 – Biólogo, PhD., Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF

3 – Bióloga, PhD., Professora da Universidade de Brasília, Brasília-DF; Autora correspondente: [lucrecia@unb.br](mailto:lucrecia@unb.br);

4 – Acadêmico do curso de Agronomia das Faculdades Integradas da UPIS, Planaltina-DF

**EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF GROWTH REDUCER IN THE  
PRODUCTIVITY OF IRRIGATED WHEAT IN THE FEDERAL DISTRICT  
REGION**

**ABSTRACT**

The aim of this work was to evaluate the effect of three plant reducer doses (trinexapc-ethyl) in five wheat genotypes under irrigation. The experiment was carried out at EMBRAPA Cerrados in the winter of 2010 and the experimental design was in three randomized blocks with factorial scheme 3x5. The dosis of plant reducer were: 0, 125 e 250 g i.a. ha-1 and the wheat genotypes were: Aliança, Brilhante, BRS254, PF020037 e PF020062. Plant height was measured at 30, 45 , 65 and 100 days after emergence and also the following parameters related ot yield were evaluated: weight of 1000 grains, weight of hectoliter and yield. There was significant effect of plant reducer at plant heigh only at the last evaluation of wheat genotypes. Despite the different genotypes present significant average weight of 1000 grains, this effect was not observed among the plant reducer doses. Also, there was no effect of plant reducer doses at mass of hectoliter. There was a positive effect of plant growth reducer doses in grain yield. The dose of 250 g ai ha-1-ethyl trinexapac, twice the dose recommended dose for the crop, had the highest average grain yield in different genotypes, showing a net increase of about 660 kg of wheat per hectare with the application of the highest dose.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., growth regulator.

## 5.1 INTRODUÇÃO

Atualmente no cenário nacional existe uma forte demanda para a produção de trigo, pois o Brasil se destaca como o maior importador desse cereal, reduzindo as divisas para o país. A região sul do Brasil, tradicional produtora, não é capaz de suprir a demanda brasileira de trigo havendo, portanto, a necessidade de expansão para novas fronteiras agrícolas, uma vez que a produção interna tem atendido apenas 50% das necessidades do mercado (CONAB, 2013).

O Centro Oeste, embora apresente área potencial para o cultivo desse cereal equivalente a mais de quatro milhões de hectares, na safra 2009/2010 respondeu por apenas 2,8 % da área cultivada (CONAB, 2011), o que provocou a necessidade de importação do produto de outras regiões do Brasil e do mundo.

A produtividade média das áreas cultivadas com trigo no sistema irrigado na região do Distrito Federal e entorno supera muito a média nacional, uma vez que nessa região o trigo irrigado chega a atingir cerca de 5 a 7 toneladas por hectare, enquanto que o trigo de sequeiro atinge cerca de 0,6 a 2,0 toneladas por hectare (CONAB, 2013).

A quantidade adequada de água fornecida à cultura do trigo irrigado na região do Cerrado promove resposta positiva tanto na produtividade de grãos quanto na adubação nitrogenada (FRIZZONE et al., 1996; BOSCHINI et al., 2011).

A aplicação de redutor de crescimento tem sido uma importante estratégia utilizada na triticultura e também em outras culturas para propiciar uma redução do porte das plantas e um consequente aumento na resistência do colmo, diminuindo assim o acamamento (CRUZ et al., 2001; DAI e WIERSMA, 2011), principalmente em materiais genéticos de porte alto, em sistemas irrigados e submetidos a uma adubação nitrogenada excessiva (ZAGONEL et al., 2002; FRONZA et al., 2008; ESPINDULA et al., 2010). Entretanto, esses devem ser

utilizados com certo cuidado, pois podem causar consideráveis reduções na produtividade do trigo (ESPINDULA et al., 2009), por outro lado, há trabalhos mostrando que a aplicação de redutor de crescimento pode aumentar a produtividade da cultura (PENCKOWSKI et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi determinar a dose adequada de redutor de crescimento em cinco genótipos de trigo desenvolvidos para manejo irrigado e sequeiro no cerrado brasileiro.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, entre as coordenadas geográficas: 15° 35' S e 47° 42' W e altitude aproximada de 1007 m. A área experimental apresenta relevo suave ondulado com declividade de 0 a 5% sob Latossolo Vermelho com teor de argila de 570 g kg<sup>-1</sup> (textura argilosa). O clima segundo a classificação de Köppen é o AW Tropical estacional de savana megatérmico com temperatura média do mês mais frio acima de 18°C. A região apresenta precipitação média anual de 1497 mm e diferenciação entre a estação chuvosa e a seca. As médias históricas das temperaturas máxima e mínima anuais são de 26,4°C e 15,9°C, respectivamente.

Os resultados da análise química do solo da área experimental estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos da camada 0 a 20 cm de profundidade do Latossolo Vermelho – Textura argilosa - utilizado na área experimental, em Planaltina-DF, 2010.

pH H <sub>2</sub> O	M.O. g kg <sup>-1</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V
					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				
6,0	15,1	46	0,5	4,1	1,6	0,0	4,2	10,3	60

pH (H<sub>2</sub>O-1:2,5); Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>: extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; P e K: extrator Mehlich 1; H+Al: extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0.

No preparo do solo foram realizadas duas gradagens pesadas e duas gradagens niveladoras.

No plantio foram semeados cinco genótipos de trigo, quatro deles desenvolvidos para a safrinha (Aliança, Brilhante, PF020037 e PF020062) e uma cultivar (BRS254) desenvolvida para o cultivo irrigado de inverno. O espaçamento utilizado foi de 0,2 metros entre linhas com cinco linhas por genótipo. O plantio foi realizado no início do mês de junho de 2010. As parcelas receberam  $126 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes e  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  do fertilizante NPK 08-24-12.

Foi realizada uma aplicação de aproximadamente  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na forma de uréia à lanço, no início do perfilhamento.

Para o controle das plantas invasoras foi aplicado, logo após o plantio, 1,25 gramas do ingrediente ativo por hectare de herbicida à base de Pedimetalina e 30 dias após o plantio foi utilizado o latifolicida metsulfuron metílico na dose de 4 gramas do ingrediente ativo por hectare.

Para o controle de insetos pragas foi utilizado o clorpirifós na dosagem recomendada pelo fabricante.

O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 5x3, com três repetições. Foram avaliados os cinco genótipos e três doses do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (0, 125 e  $250 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ).

A lâmina de irrigação foi determinada em função do recomendado pela Embrapa Cerrados, por meio de um modelo disponível no site do centro, denominado de Programa de Monitoramento de Irrigação para o Cerrado. O referido programa on-line é abastecido com o tipo da cultura (anual), a variedade usada, o tipo de solo e a data de emergência das plantas. Por meio dessas informações, o software fornece automaticamente a lâmina e o turno de rega que devem ser aplicados, desde que subtraídos os valores de precipitação. Esse programa está disponível no endereço: <http://www.cpac.embrapa.br>; no link "Monitoramento da Irrigação" ou acessando diretamente o endereço <http://hidro.cpac.embrapa.br> (EMBRAPA, 2013).

Para a aferição da lâmina de irrigação aplicada foram utilizados copos coletores de 40 mm de raio instalados a aproximadamente 0,7 metros de altura em relação à superfície do solo.

A aplicação do redutor de crescimento trinexapac-ethyl foi realizada aos 31 dias após a emergência, com as plantas apresentando o estágio de primeiro nó visível, conforme recomendado pelo fabricante.

As avaliações da altura de plantas foram realizadas com o auxílio de uma fita métrica graduada em centímetros colada em uma régua de madeira de 1,5 metros de comprimento. As amostragens efetuadas aos 30 e aos 45 dias após a emergência (antes do espigamento) foram realizadas do nível do solo até a altura do relvado das plantas de trigo. As amostragens realizadas aos 65 e 100 dias após a emergência corresponderam à altura do nível do solo até o ápice das espigas, excluindo-se as aristas, uma vez que a cultivar Brilhante possui espigas múticas.

Em setembro de 2010 foi colhida manualmente uma área de um metro quadrado de cada parcela e determinado o comprimento médio de todas as espigas (CESP).

Posteriormente as espigas foram trilhadas, os grãos pesados e a umidade foi padronizada em 13% para o cálculo da produtividade de grãos (PROD) em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Foi determinada ainda a massa média (g) de 1000 grãos (MMIL) e a massa do hectolitro (PH) expressa em quilogramas por hectolitro ( $\text{kg hL}^{-1}$ ), utilizando-se balança modelo Determinator of Hectoliter Weight, de acordo com a metodologia descrita para Análises de Sementes (BRASIL, 1992).

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% por meio do programa estatístico SAS 9.0.

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve variação significativa para blocos, o que permite constatar uma homogeneidade na área experimental (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura de plantas avaliadas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência, em Planaltina-DF, 2010.

Fonte da Variação	30 DAE	45 DAE	65 DAE	100 DAE
Genótipo (A)	**	***	***	***
Dose (B)	ns	ns	***	***
Bloco	ns	ns	ns	ns
Fator AxB	ns	ns	ns	*
Media	29,04	58,67	72,29	81,18
C.V.%	9,30	7,28	7,69	7,73

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1% e \*\*\* = significativo abaixo de 0,01% de probabilidade.

Os genótipos diferiram entre si desde a primeira avaliação de altura de plantas que ocorreu aos 30 D.A.E., estágio em que não havia sido aplicado o redutor de crescimento nas plantas, evidenciando uma diferença natural de desenvolvimento vegetativo entre os diferentes genótipos escolhidos que se manteve até a última avaliação realizada aos 100 DAE (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de cinco genótipos de trigo irrigado avaliados aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência (DAE) , em Planaltina-DF, 2010.

Genótipo	Altura das Plantas (cm)			
	30 DAE	45 DAE	65 DAE	100 DAE
Aliança	28,78 ab	64,33 a	76,89 a	78,22 b
Brilhante	32,00 a	60,00 ab	83,00 a	90,56 a
BRS254	28,00 b	54,56 bc	64,11 b	69,00 c
PF020037	27,00 b	50,33 c	60,00 b	85,44 ab
PF020062	29,44 ab	64,11 a	77,44 a	82,67 ab
DMS (5%)	3,71	5,87	7,65	8,64

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os genótipos Aliança, Brilhante e PF020062 não apresentaram alterações significativas na altura de plantas, até os 65 DAE e até esta avaliação os três genótipos se destacaram pelo porte mais alto (Tabela 3). O genótipo BRS254 apresentou menor altura que o Brilhante aos 30 DAE e aos demais genótipos aos 65 DAE, com exceção do PF020037 e aos 100 DAE apresentou a menor altura de plantas. Tal observação pode estar relacionada com o fato dos outros quatro genótipos serem selecionados para o cultivo em sequeiro e a cultivar BRS254 foi selecionada para o plantio no inverno, em que se busca uma menor altura e também um maior diâmetro do caule, características que minimizam o acamamento (RODRIGUES et al., 2003).

O genótipo PF020037 por apresentar um ciclo um pouco mais longo (cerca de 110 dias), apresentou menor valor na altura de plantas até os 65 DAE, porém aos 100 DAE diferiu significativamente apenas do BRS254, se igualando aos demais genótipos.

A altura final da planta de trigo apresenta uma relação inversa com o acamamento e consequentemente uma relação direta com a necessidade de aplicação do redutor de crescimento. O acamamento, principalmente quando ocorre precocemente, na fase da antese, compromete a colheita, a qualidade dos grãos e ainda o rendimento da cultura (RODRIGUES et al., 2003). Cruz et al. (2003) observaram que o acamamento reduziu a produtividade de grãos, a massa do hectolitro e o peso médio dos grãos em 50, 19 e 20%, respectivamente, em dois genótipos de trigo de portes contrastantes induzidos mecanicamente no estágio da antese.

As diferentes doses do redutor de crescimento possibilitaram efeito significativo do trinexapac-ethyl na altura de plantas a partir dos 65 DAE (Tabelas 2 e 4). Johnson (1994) relatou que os efeitos da aplicação de redutor de crescimento em gramíneas podem ser observados, efetivamente, entre os 14 e 21 dias após a aplicação. Tal informação corrobora com os resultados apresentados na tabela 4 que permitiram constatar que apesar do trinexapac-ethyl ter sido aplicado aos 31 DAE, não houve diferença significativa na altura das plantas entre as doses do redutor de crescimento até os 45 DAE.

Tabela 4. Efeito das doses de trinexapac-ethyl na altura de plantas avaliadas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência do trigo, em Planaltina-DF, 2010.

Dose	Altura de Plantas			
	30 DAE	45 DAE	65 DAE	100 DAE
0 g i.a.ha <sup>-1</sup>	30,00	60,40	82,93 a	93,80 a
125 g i.a.ha <sup>-1</sup>	28,40	57,47	69,53 b	78,67 b
250 g i.a.ha <sup>-1</sup>	28,73	58,13	64,40 c	71,08 c
DMS (5%)	2,44	3,86	5,01	5,67

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Entretanto, aos 65 e 100 DAE as alturas se comportam de ordem inversa as doses do redutor. As parcelas em que não se utilizou o trinexapac-ethyl promoveram maior altura nos genótipos e as que receberam a maior dose do redutor apresentaram menor altura, diferindo significativamente entre si, mostrando que o efeito do redutor ocorreu na fase fenológica desejada.

Aos 100 DAE foi observada uma interação entre genótipo e dose de redutor (Tabela 2) e o desdobramento dessa interação pode ser observada na tabela 5.

Tabela 5. Altura de plantas de genótipos de trigo, avaliadas aos 100 dias após emergência, tratados com diferentes doses de redutor de crescimento, em Planaltina-DF, 2010.

Genótipo	0 g i.a. ha <sup>-1</sup>	125 g i.a. ha <sup>-1</sup>	250 g i.a. ha <sup>-1</sup>
Aliança	96,3 abA	75,7 abB	62,7 bC
Brilhante	103,3 abA	86,0 aB	82,3 aB
BRS254	75,0 cA	68,0 bA	64,0 bA
PF020037	105,7 aA	81,3 abB	69,3 abB
PF020062	88,7 bcA	82,3 abA	77,0 abA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey , a 5% de probabilidade.

Os genótipos BRS254 e PF020062 não apresentaram diferença significativa na altura das plantas com as diferentes doses de trinexapac-ethyl, porém os genótipos Aliança, Brilhante e PF020037 apresentaram diferença significativa na altura desde a dose recomendada pelo fabricante (125 g i.a. ha<sup>-1</sup>), com destaque para o Aliança que com a utilização da maior dose do redutor (250 g i.a. ha<sup>-1</sup>) resultou em uma menor estatura da planta. Zagonel e Fernandes (2007) encontraram decréscimo linear da altura na maioria dos cultivares de trigo submetidas às doses de: 31,2; 62,4; 93,7; 125,0 e 156,2 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo trinexapac-ethyl.

O acamamento normalmente ocorre no estágio de maturação de grãos na escala de Large (1954), especialmente após os 65 DAE, estágio em que as espigas aumentam consideravelmente o seu peso em razão do próprio acúmulo de matéria seca nos grãos e de gotas de água nas aristas, facilitando assim o tombamento das plantas e conseqüente acamamento da cultura. Nesse caso, a cultivar Brilhante teria uma menor tendência ao acamamento por ser um material não aristado, fato que não foi constatado em condições de campo no tratamento que não recebeu o trinexapac-ethyl.

Para a altura de plantas, os genótipos PF020062 e BRS254 não necessitariam da aplicação do redutor de crescimento, uma vez que não houve diferenças significativas entre as diferentes doses testadas, mas os dados absolutos sugerem que sejam feitos mais experimentos confirmando essa tendência, inclusive com a utilização de doses mais elevadas do ingrediente ativo especialmente para se investigar por qual motivo o PF020062, que não possui um porte tão baixo como o BRS254 foi menos afetado pelo trinexapac-ethyl.

Os demais genótipos só necessitariam da dose menor do redutor, mas similarmente, os dados absolutos sugerem a necessidade de experimentos adicionais. Berti et al. (2007), também constataram que doses maiores de redutor de crescimento podem influenciar no

aumento da produtividade, mas os autores ressaltam que algumas cultivares podem responder até um limite de dose, havendo a necessidade de mais estudos.

O desenvolvimento vegetativo ao longo do ciclo, expresso por meio da altura média das plantas, está apresentado de forma gráfica para cada genótipo nas Figuras 1 a 5. Por meio da interpretação dos gráficos é possível visualizar claramente a relação entre as três doses de trinexapac-ethyl e a altura de plantas já discutidas anteriormente.

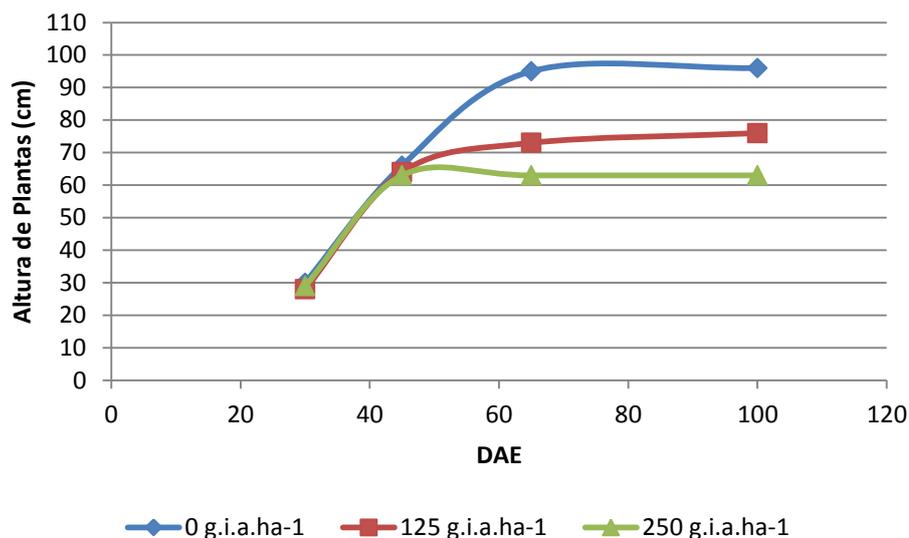


Figura 1. Altura de plantas do genótipo Aliança avaliada aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

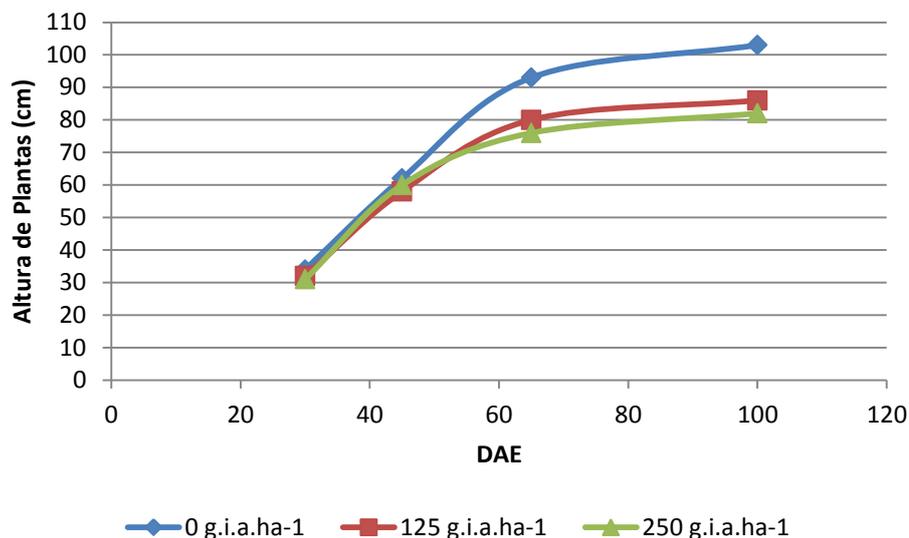


Figura 2. Altura de plantas do genótipo Brilhante avaliada aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

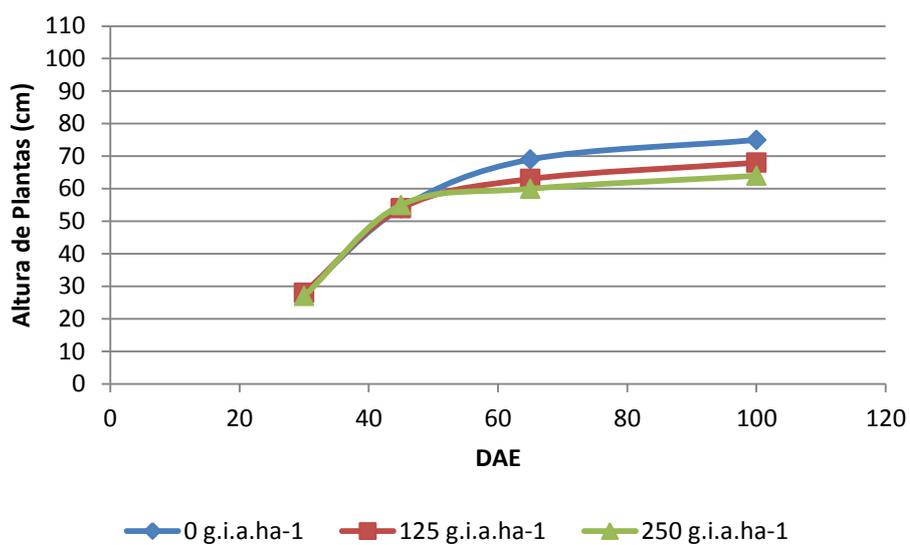


Figura 3. Altura de plantas do genótipo BRS254 avaliada aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a.ha<sup>-1</sup>.

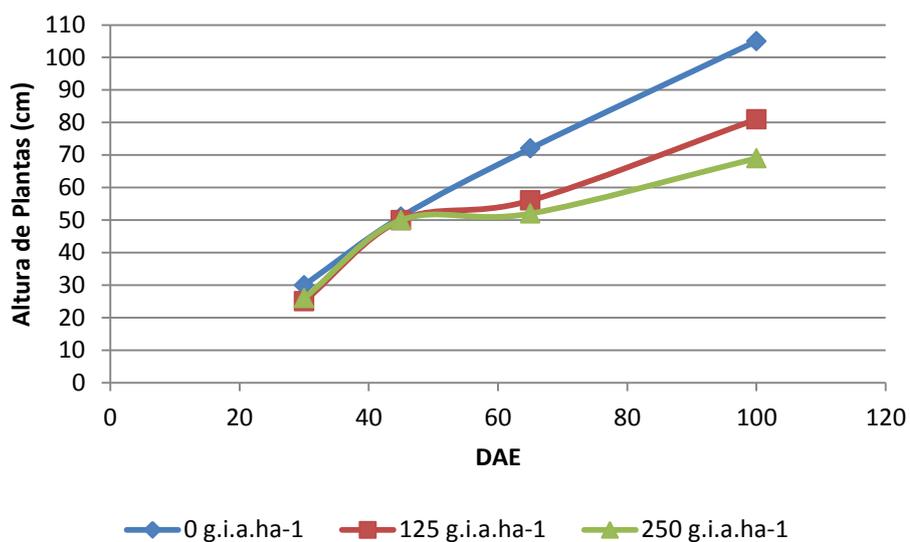


Figura 4. Altura de plantas do genótipo PF020037 avaliada aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

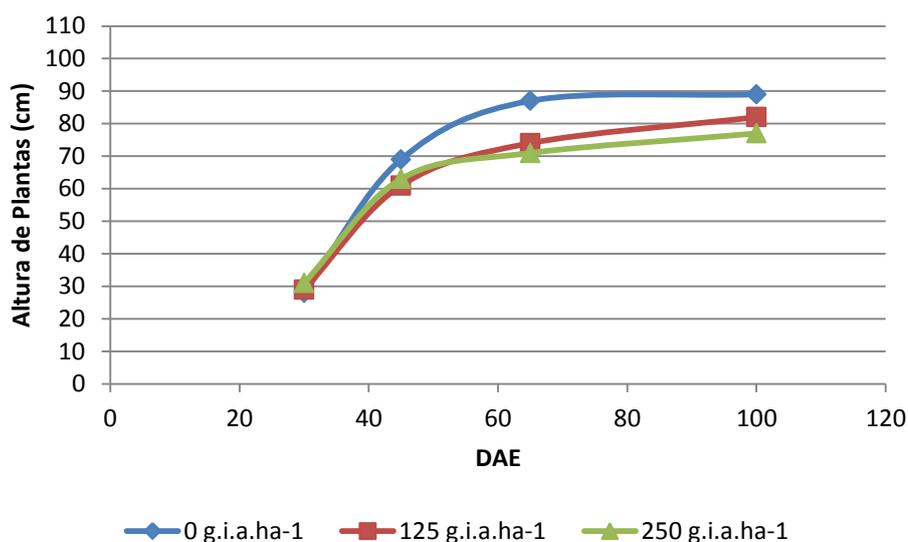


Figura 5. Altura de plantas do genótipo PF020062 avaliada aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

A maior dose do redutor de crescimento retardou a alongação do talo da espiga. Como a altura aos 65 DAE foi avaliada do solo até o ápice da espiga, os genótipos que lançaram a inflorescência mais tardiamente (Aliança e PF020037) e na dose mais alta de redutor, apresentaram valores da altura muito próximos à avaliação realizada aos 45 DAE (Figuras 1 e 4).

É importante destacar que o genótipo de menor porte (BRS254 – Figura 3) apresentou um menor efeito do redutor de crescimento. Tal fato está relacionado com a própria arquitetura do material que é mais compacta e possui naturalmente os entre-nós mais curtos.

Em trabalhos futuros, seria importante quantificar o comprimento dos entre-nós, conforme realizado por Penckowski (2009), que constatou a redução do comprimento tanto do primeiro como do segundo entre-nó para duas cultivares testadas; os autores destacaram que uma maior redução do segundo entre-nó pode ser promovida através da aplicação sequencial do redutor, quando comparado a uma aplicação única, independente da época de aplicação, mas revelou que a época ideal para aplicação é do primeiro para o segundo nó visível, permitindo além da redução do comprimento dos entre-nós um aumento do diâmetro interno do caule.

Os resultados observados na Tabela 6 mostraram que houve efeito dos genótipos na massa de mil grãos e na produtividade.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para massa de 1000 grãos, massa do hectolitro e produtividade de grãos, em Planaltina-DF, 2010.

Fonte da Variação	Massa de 1000 grãos	Massa do hectolitro	Produtividade de grãos
Genótipo (A)	**	ns	**
Dose (B)	ns	ns	***
Bloco	ns	ns	ns
Fator AxB	ns	ns	ns
Media	38,19	80,99	4371,18
C.V.%	4,10	3,07	11,17

ns = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1% e \*\*\* = significativo abaixo de 0,01% de probabilidade.

Segundo Fioreze (2011) com a diminuição da altura das plantas e da área da folha bandeira, há a penetração de mais luz na parte inferior do dossel melhorando a atividade fotossintética e a produção de fotoassimilados pela planta.

Os genótipos apresentaram diferença significativa para peso de 1000 grãos, sendo o BRS254 o de maior peso, não diferindo do Brilhante e PF020037. Os genótipos Aliança e o PF020062 foram os que apresentaram menor massa e não diferiram entre si (Tabela 7).

Tabela 7. Peso de 1000 grãos, peso hectolitro e produtividade de cinco genótipos de trigo irrigado, em Planaltina-DF, 2010.

Genótipo	Massa de 1000 grãos (g)	Peso Hectolitro (Kg)	Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> )
Aliança	37,30 b	79,96	4044,0 b
Brilhante	38,06 ab	80,86	4491,3 ab
BRS254	39,93 a	80,58	5021,7 a
PF020037	38,59 ab	81,80	4058,3 b
PF020062	37,07 b	81,79	4240,6 b
DMS (5%)	2,12	3,42	653,42

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação da massa do hectolitro, os genótipos não diferiram entre si, demonstrando que todos apresentaram o mesmo padrão comercial.

Em termos da produtividade de grãos, o genótipo BRS254 diferiu do Aliança, PF020037 e PF020062, porém apresentou produtividade semelhante ao Brilhante. Como o BRS254 foi desenvolvido para o inverno com irrigação seria de se esperar que se destacasse, sendo que o cultivar Brilhante que é mais adaptado à safrinha se destacou no inverno e estudos adicionais poderiam indicá-lo para as duas épocas de plantio. Como o plantio foi realizado com certo atraso em relação à data limite recomendada para a instalação da cultura do trigo na região (mês de maio), a temperatura pode ter afetado o patamar de produtividade de 6000 kg ha<sup>-1</sup>. Especificamente para a cultivar BRS254 já foram relatados rendimentos de

6,8 toneladas de grãos por hectare, nas regiões tritícolas do estado de Goiás e Distrito Federal, em lavouras com boa fertilidade do solo e plantio na época adequada (ALBRECHT et al., 2007).

Na Figura 6 pode ser observada a massa do hectolitro ( $\text{kg hL}^{-1}$ ) para os cinco genótipos em estudo, nas três diferentes doses de trinexapac-ethyl aplicadas.

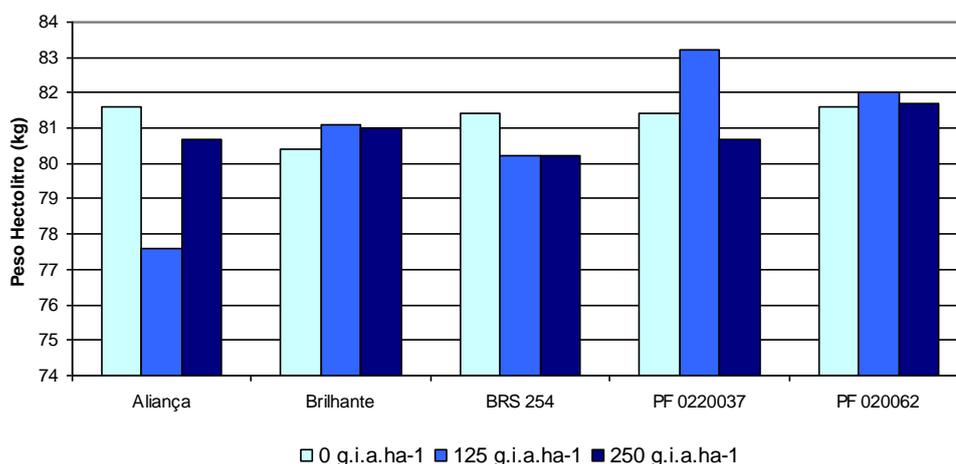


Figura 6. Massa do hectolitro ( $\text{kg hL}^{-1}$ ) dos cinco genótipos em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a.  $\text{ha}^{-1}$ .

Nenhum dos genótipos, submetidos à aplicação das diferentes doses do redutor, apresentou valor abaixo do aceitável para a comercialização ( $78 \text{ kg hL}^{-1}$ ). A massa do hectolitro (PH) que corresponde à massa de 100 litros de grãos de trigo, expressa em quilogramas, tem se destacado em vários países como medida tradicional de comercialização, pois está relacionada, de forma indireta com a qualidade dos grãos (COSTA et al., 2008). Todos os genótipos se classificaram com um bom valor de peso hectolitro, conferindo boa aceitação e valorização no mercado. Dentre os genótipos, o BRS254 tem sido classificado comercialmente como trigo melhorador, com características importantes como alto teor de proteínas e peso hectolitro em torno de 81, tendo como vantagem a facilidade de comercialização e acesso a melhores preços (ALBRECHT et al., 2007).

O uso das doses de 0, 125 e 250 g i.a.  $\text{ha}^{-1}$  do trinexapac-ethyl apresentaram diferenças significativas na produtividade de grãos (Tabela 7). Entretanto, deve-se ter cautela na aplicação do trinexapac-ethyl no trigo pois a resposta em termos de produtividade tem um comportamento quadrático, apresentando um aumento de rendimento de grãos até doses de 63,8 a 132,5 g  $\text{ha}^{-1}$ , variável com a cultivar (BERTI, et al., 2007) e com redução em doses

mais altas como 187,5 g i.a. ha<sup>-1</sup> (ESPINDULA et al., 2009). Essa diminuição de produtividade observada nas maiores doses pode estar associada com a retenção da espiga na bainha da folha bandeira (ZAGONEL e KUNZ, 2005; BERTI et al., 2007).

Contrariamente, à medida que as doses aumentaram houve resposta positiva em termos de produtividade de grãos (Tabela 8 e Figura 7), mesmo com o dobro da dose recomendada pelo fabricante (125 g.i.a.ha<sup>-1</sup>). Esse fato pode estar relacionado com as excelentes condições de fertilidade, irrigação, manejo de pragas e doenças e ainda da alta dose da adubação nitrogenada aplicada que maximizaram o potencial produtivo do trigo.

Tabela 8. Massa de 1000 grãos (g), peso do hectolitro (kg hL<sup>-1</sup>) e produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) nas diferentes doses de trinexapac-ethyl, em Planaltina-DF, 2010.

Dose	Massa de 1000 grãos (g)	Peso do hectolitro (kg hL <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> )
0 g.i.a.ha <sup>-1</sup>	38,25	81,29	3659,90 c
125 g.i.a.ha <sup>-1</sup>	37,95	80,83	4337,40 b
250 g.i.a.ha <sup>-1</sup>	38,37	80,87	5116,20 a
DMS (5%)	1,41	2,25	430,19

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

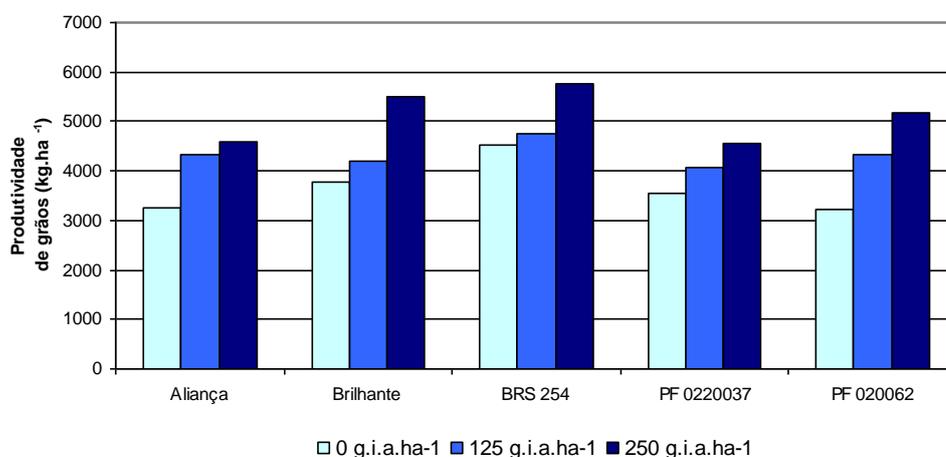


Figura 7. Produtividade de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) dos cinco genótipos em função da aplicação das doses de 0, 125 e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

Os resultados obtidos em termos de produtividade de grãos permitem recomendar a aplicação do trinexapac-ethyl com o dobro da dose recomendada pelo fabricante, uma vez que os tratamentos que receberam 250 g i.a. ha<sup>-1</sup> diferiram das demais, apresentando os melhores rendimentos (Figura 7).

Como o plantio ocorreu pouco mais de uma semana após o final do prazo recomendado para o Cerrado, optou-se por elevar a dose da cobertura nitrogenada possibilitando assim compensação positiva na altura das plantas dos diferentes materiais e

ainda para propiciar melhores condições de desenvolvimento vegetativo procurando evitar a influencia da falta do nutriente que mascararia os efeitos dos genótipos e das doses de redutor.

No experimento foi utilizado cerca de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura, dose acima da média recomendada para a região que é de 30 a 60 kg ha<sup>-1</sup> (PAGLIOSA et al., 2013), mas algumas cultivares podem responder a até 120 kg de nitrogênio por hectare.

Em nenhum dos genótipos e doses de redutor de crescimento foi observado acamamento das plantas. Esse resultado mostra que o aumento na produtividade de grãos propiciada pela ação do redutor de crescimento não está somente associada à redução do acamamento, mas também a outros fatores fisiológicos, uma vez que a formação de hormônios é afetada, como observado por Espindula et al. (2010); esses autores descreveram que as alterações fisiológicas ocorridas nas plantas devido ao uso do redutor de crescimento vão além da redução do seu tamanho por proporcionar melhor aproveitamento de nutrientes.

Ao se analisar a relação benefício custo, o aumento da dosagem do redutor de crescimento de 125 g i.a. ha<sup>-1</sup> para 250 g i.a. ha<sup>-1</sup> propiciou um acréscimo de cerca de 13 sacas na produtividade média dos genótipos tendo gerado apenas, aumento de cerca de duas sacas no custo de produção relacionada ao custo de aquisição do produto, o que significou um ganho líquido de cerca de 11 sacas por hectare, evidenciando que novos trabalhos devem verificar a possibilidade de ajustes nas dosagens recomendadas do trinexapac-ethyl nas condições de cultivo do trigo irrigado no cerrado brasileiro.

## 5.4 CONCLUSÕES

Houve efeito significativo do redutor de crescimento trinexapac-ethyl na altura final dos diferentes genótipos de trigo.

Apesar dos diferentes genótipos avaliados apresentarem entre si diferenças significativas na massa média de 1000 grãos esse efeito não foi observado com a variação das doses do redutor de crescimento.

As doses de redutor de crescimento não afetaram o peso do hectolitro.

Houve efeito positivo das doses de redutor de crescimento na produtividade de grãos.

A dose de 250 g i.a. ha<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl, dobro da dose comercialmente recomendada para a cultura, apresentou a maior produtividade média dos grãos nos diferentes genótipos, propiciando um ganho líquido de aproximadamente 11 sacas por hectare.

## 5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, J. C.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; SÓ e SILVA, M.. Cultivares de trigo para o cerrado. In: FALEIRO, F. G.; de SOUSA, E. dos. S. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p. 61-68.

BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.

BOSCHINI, A. P. M.; SILVA, C. L. da; OLIVEIRA, C. A. da S. ; MANUEL P. de OLIVEIRA JÚNIOR, M. P. de; MIRANDA, M. Z. de; FAGIOLI, M. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.450-457, 2011.

BRASIL, Ministério de Agricultura, Pecuária e Reforma Agrária. Determinações adicionais – peso volumétrico. In: **Regras para a análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV. Cap. 8, item 8.2, p.193-194, 1992.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, sétimo levantamento, abril 2011 – Brasília : Conab, 2011. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/obs\\_trigo/conab/levantamento%20Conab-ABR-2011.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/obs_trigo/conab/levantamento%20Conab-ABR-2011.pdf)> Acesso em 01 nov. 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Mercado de trigo – Situação recente** Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_setoriais/Culturas\\_de\\_inverno/38RO/App\\_Mercado\\_Inverno.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Culturas_de_inverno/38RO/App_Mercado_Inverno.pdf)> Acesso em 30 dez 2013.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; CAETANO, V. R.; SILVA, A. S.; ANDREOMAR, J. K.; BARBIERI, R. L. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 563-568, 2001.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F.; SILVA, S.; KUREK, A.; BARBIERI, R.; CARGNIN, A. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 9, n. 1, 2003.

DAI, J.; WIERSMA, J. J. Agronomic Responses and Lodging of Three Spring Wheat Cultivars to Trinexapac-ethyl. Online. **Crop Management** doi:10.1094/CM-2011-0517-01-RS. 2011.

EMBRAPA CERRADOS, 2013. **Monitoramento de Irrigação no Cerrado**. Disponível em: <<http://hidro.cpac.embrapa.br/index.php>> Acesso em: 15 out. 2013.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, M. A.; SOUZA, L. T.; FAVARATO, L. F. Use of growth retardants in wheat. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2009.

ESPINDULA, M. C., ROCHA, V. S., de SOUZA, L. T., de SOUZA, M. A.; GROSSI, J. A. S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, 32, 2010.

FIGLIAREZZA, L. S. **Comportamento produtivo do trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais**. Botucatu: UNESP, Dissertação Mestrado 86p. 2011.

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.

FRONZA, V.; CAMPOS, L. A. C.; RIEDE, C. R. Informações técnicas para a safra 2008: trigo e triticale. In: I REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2008. p. 123-147.

JOHNSON, B.J. Influence of Plant Growth Regulators and mowing on two Bermudagrasses. **Agronomy Journal** v. 86, p. 805-810. 1994.

PAGLIOSA, E.E.; BENIN, G.; BIEZUS, E; BECHE, E.; SILVA, C.L.; MARCHESE, J.A.; MARTIN, T.N. Trinexapac-ethyl e adubação nitrogenada na cultura do trigo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 623-630, 2013

PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. **Acta Scientiarum: Agronomy**, 31. n. 3, p. 473-479, 2009.

RODRIGUES, O.; DIDONETE, A. D.; TEIXEIRA, C.C.M.; ROMAM, S. E. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa, 2003. (Circular Técnica, 14).

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.

## **ANEXOS**

Anexo A – Resumo da análise de variância da produtividade de grãos, eficiência no uso de água e comprimento da espiga relacionadas ao efeito da aplicação do redutor de crescimento em diferentes genótipos de trigo submetidos a diferentes lâminas de irrigação.

FATOR	Produtividade de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> )	Eficiência no uso da água (g l <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )
<b>REDUTOR (a)</b>		
0 g i.a. ha <sup>-1</sup>	3206,96 a	0,78 a
125 g i.a. ha <sup>-1</sup>	3399,44 a	0,80 a
F	3,74 ns	0,71 ns
C.V. (%)	14,75	14,17
<b>GENÓTIPO (b)</b>		
Aliança	3349,58 a	0,81 a
Brilhante	3301,88 a	0,77 a
PF020037	3128,04 b	0,75 b
PF020062	3433,29 a	0,83 b
F	3,68 *	4,73 *
C.V. (%)	9,95	11,03
<b>LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO (c)</b>		
204 mm	1453,96 d	0,71 c
364 mm	3301,79 c	0,91 a
530 mm	4412,13 a	0,83 b
572 mm	4044,92 b	0,71 c
F	337,35**	4,73 *
C.V. (%)	10,63	11,03
a x b	1,30 ns	1,53 ns
a x c	7,85 **	5,89 **
b x c	2,55 *	2,63 *
a x b x c	1,72 ns	1,09 ns

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); ns não significativo ( $p \geq 0,05$ )

Anexo B – Resumo do resultado da análise de variância para altura de plantas aos 30, 45, 65 e 100 dias após a emergência de diferentes genótipos de trigo submetidos a aplicação de redutor de crescimento e a diferentes lâminas de irrigação.

FATOR	Altura de plantas (cm)				Comprimento da espiga (cm)
	30 D.A.E.	45 D.A.E.	65 D.A.E.	100 D.A.E.	
<b>REDUTOR (a)</b>					
0 g i.a. ha <sup>-1</sup>	30,56 a	57,94 a	73,73 a	81,04 a	5,61 a
125 g i.a. ha <sup>-1</sup>	29,63 a	53,81 a	60,92 b	65,31 b	5,65 a
F	1,60 ns	5,15 ns	127,61 **	121,77 **	0,29 ns
C.V. (%)	12,05	15,94	8,25	9,54	7,09
<b>GENÓTIPO (b)</b>					
Aliança	29,88 b	59,67 a	69,92 a	69,63 b	5,71 a
Brilhante	32,38 a	55,33 b	71,75 a	75,00 a	5,69 a
PF020037	28,58 b	47,79 c	57,33 b	75,96 a	5,46 a
PF020062	29,54 b	60,71 a	70,29 a	72,13 b	5,67 a
F	5,17 *	14,22 **	12,45 **	3,68 *	0,74 ns
C.V. (%)	11,58	13,65	13,83	10,03	11,87
<b>LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO (c)</b>					
204 mm	28,96 a	49,08 c	56,42 d	56,17 c	5,24 b
364 mm	30,75 a	54,21 b	64,29 c	67,92 b	5,69 a
530 mm	30,63 a	61,38 a	76,29 a	85,63 a	5,73 a
572 mm	30,04 a	58,83 a	72,29 b	83,00 a	5,87 a
F	2,48 ns	21,20 **	68,98 **	148,28 **	13,07 **
C.V. (%)	8,44	10,31	7,73	7,57	6,60
a x b	0,43ns	0,31 ns	0,73 ns	3,78 *	0,53 ns
a x c	2,13ns	0,87 ns	0,29 ns	0,71 ns	1,23 ns
b x c	0,86ns	0,89 ns	5,42 **	1,98 ns	2,85 **
a x b x c	0,65ns	0,94 ns	1,69 ns	1,39 ns	0,78 ns

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); ns não significativo ( $p \geq 0,05$ )