

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM AGRONOMIA

ELIANA CUÉLLAR FERNANDES

**POPULAÇÃO DE PLANTAS E REGULADOR DE CRESCIMENTO AFETANDO A
PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE TRIGO**

PONTA GROSSA
2009

ELIANA CUÉLLAR FERNANDES

**POPULAÇÃO DE PLANTAS E REGULADOR DE CRESCIMENTO AFETANDO A
PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE TRIGO**

Dissertação apresentada a Universidade Estadual de
Ponta Grossa para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, área de concentração Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Zagonel.

PONTA GROSSA
2009

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

F363p Fernandes, Eliana Cuéllar
 População de plantas e regulador de crescimento afetando a
 produtividade de cultivares de trigo. / Eliana Cuéllar Fernandes.
 Ponta Grossa, 2009.
 99 f.
 Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de
 concentração : Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta
 Grossa.
 Orientador : Prof. Dr. Jeferson Zagonel

1. *Triticum aestivum*. 2. Trinexapac-ethyl. 3. Acamamento.
I. Zagonel, Jéferson Zagonel. II. T

CDD: 633.11



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
Coordenação de Colegiado de Curso de Mestrado em Agronomia

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação: **“POPULAÇÃO DE PLANTAS E REGULADOR DE
CRESCIMENTO AFETANDO A PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE TRIGO”.**

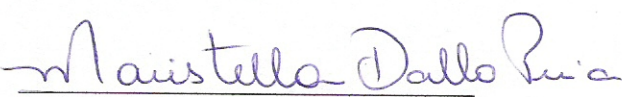
Nome: Eliana Cuéllar Fernandes

Orientador: Jeferson Zagonel

Aprovado pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Jeferson Zagonel



Prof. Dra. Maristella Dalla Pria



Prof. Dr. Edelclaiton Daros

Data da Realização: 27 de fevereiro de 2009.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, por disponibilizar a estrutura física para condução do experimento e pelo apoio como bolsista CAPES.

Ao Prof. Dr. Jeferson Zagonel, pela contínua contribuição com seus conhecimentos, sugestões e eterna paciência, mesmo quando o prazo já tinha vencido. E principalmente pela lição de vida, tudo que se faz volta, seja bom ou ruim, mereça ou não. Faça!!! Tudo tem seu valor.

Aos meus pais, pela oportunidade dada ao estudo, pelo incentivo a dar continuidade ao mesmo e pela colaboração na concretização de mais uma etapa em minha vida.

Ao Alexandre Borsato e Fernando Cuéllar Fernandes, pela companhia e auxílio nas avaliações de campo e eternas manhãs e tardes no laboratório.

À Prof^a. Dr. Maristella Dalla Pria, pelas dicas e conselhos.

Aos funcionários, que sempre foram prestativos e atenciosos.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

*“Podemos escolher o que semear, mas
somos obrigados a colher aquilo de
plantamos”*

(Provérbio chinês)

RESUMO

A maximização do uso de insumos agrícolas e um manejo eficiente das lavouras podem aumentar o potencial produtivo por área. Com o objetivo de avaliar o efeito do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de populações de plantas em características agronômicas, severidade de doenças, componentes da produção e produtividade de cultivares de trigo, realizou-se três experimentos na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no ano de 2008. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 6 x 2 com quatro repetições para os três experimentos. Os tratamentos constaram de seis populações de plantas (150, 300, 450, 600, 750 e 900 sementes de trigo m⁻²) e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl na dose de 100 g ha⁻¹, aplicado entre o 1º e o 2º nó perceptível. Os tratamentos foram aplicados em três experimentos que diferiram em cultivares de diferentes respostas ao acamamento: resistente (OR-1), moderadamente resistente (BRS 208) e moderadamente suscetível (Safira). O número de perfilhos por planta, a área foliar por planta e o diâmetro do colmo diminuíram com o aumento da população de plantas, independente da cultivar. A altura da planta da cultivar BRS 208 aumentou com o aumento da população de plantas. A altura das plantas e o comprimento do pedúnculo diminuíram com a aplicação do trinexapac-ethyl, bem como a porcentagem de acamamento nas cultivares BRS 208 e OR-1. Para as cultivares Safira e OR-1 a produtividade foi maior com o uso do trinexapac-ethyl, porém sem efeitos na cultivar BRS 208. Para as cultivares Safira e OR-1 a equação de ajuste da produtividade em relação à população de plantas foi quadrática, ocorrendo um aumento da produção com o aumento da população, até um limite, variável com a cultivar.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*, trinexapac-ethyl, acamamento.

ABSTRACT

The maximization of the farm inputs use and an efficient crops management can develop the yield potential for area. With the aim of evaluate the effect of trinexapac-ethyl growth regulator and plants populations in the agronomical characteristics, yield components and yield of wheat cultivars with different resistance to the lodging, three experiments was established in the Farm School of the Ponta Grossa State University, in the year of 2008. The experimental design was complete randomized blocks, in a factorial design 6 x 2 with four repetitions for the three experiments. The treatments consisted of six plants populations (150, 300, 450, 600, 750 and 900 seeds of wheat m⁻²) and of the use or not of the trinexapac-ethyl growth regulator in the rate of 100 g ha⁻¹, applied between 1° and 2° perceivable knot. The treatments were applied in three experiments that deferred to wheat cultivars of different lodging answers: resistance (OR-1), moderately resistant (BRS 208) and moderately susceptible (Safira). The number of tillers per plant, the foliar area per plant and the stem diameter had diminished with the increase of the plants population, independent of the cultivar. The plant height of the BRS 208 cultivar increased with the plants population increase. The plants height and the length of peduncle, had decreased with the trinexapac-ethyl application, as well as the lodging percentage in the BRS 208 and OR-1 cultivars. To Safira and OR-1 cultivars the yield was greater with the use of trinexapac-ethyl, but without effects in the BRS 208 cultivar. To Safira and OR-1 cultivars the yield adjustment equation in relation to the plants population was quadratic, occurring an increase of the yield with the increase of the plants population of, until a limit, variable with the cultivar.

Key words: *Triticum aestivum*, trinexapac-ethyl, lodging.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 1 - | Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas ocorridas no decorrer do experimento com trigo..... | 46 |
| Figura 2 - | Número de plantas por metro quadrado de cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas..... | 47 |
| Figura 3 - | Número de perfilhos por planta de três cultivares de trigo, na fase de alongação do colmo, em função de diferentes populações de plantas... | 50 |
| Figura 4 - | Número de folhas verdes por planta na alongação do colmo (a) e na antese (b) de cultivares de trigo, em função de diferentes populações de plantas..... | 54 |
| Figura 5 - | Largura da folha-bandeira de três cultivares de trigo, na fase de enchimento do grão, em função de diferentes populações de plantas.... | 58 |
| Figura 6 - | Área foliar por planta de cultivares de trigo, na fase de alongação do colmo (a) e na antese (b), em função de diferentes populações de plantas..... | 59 |
| Figura 7 - | Massa seca das folhas (a e c) e dos colmos (b e d) de cultivares de trigo, na fase de alongação do colmo e na antese, em função de diferentes populações de plantas..... | 62 |
| Figura 8 - | Diâmetro do colmo de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas..... | 70 |
| Figura 9 - | Número de espigas por metro quadrado de três cultivares de trigo, em função de diferentes populações de plantas..... | 73 |
| Figura 10 - | Número de espiguetas por espiga (a), de grãos por espiguetas (b), de grãos por metro quadrado (c) e da massa de mil grãos (d) de cultivares de trigo, em função de diferentes populações de plantas..... | 76 |
| Figura 11 - | Produtividade de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas..... | 80 |
| Figura 12 - | Índice de colheita de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas..... | 83 |
| Figura 13 - | Peso do hectolitro de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas..... | 85 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabela 1 - | Características químicas do solo do experimento..... | 37 |
| Tabela 2 - | Número de plantas por metro quadrado de cultivares de trigo em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl.. | 48 |
| Tabela 3 - | Número de plantas por metro quadrado de três cultivares de trigo..... | 48 |
| Tabela 4 - | Número de perfilhos por planta na antese, de cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl..... | 51 |
| Tabela 5 - | Número de perfilhos por planta na fase de alongação do colmo e na antese, em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl..... | 52 |
| Tabela 6 - | Número de perfilhos por planta, na fase de alongação do colmo e na antese, de cultivares de trigo..... | 53 |
| Tabela 7 - | Número de folhas verdes por planta de cultivares de trigo, na fase de alongação do colmo e na antese, em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl..... | 55 |
| Tabela 8 - | Número de folhas verdes por planta, na fase de alongação do colmo e na antese, de cultivares de trigo..... | 55 |
| Tabela 9 - | Comprimento da folha-bandeira, na fase de enchimento do grão, de três cultivares de trigo, em função de diferentes populações de plantas..... | 56 |
| Tabela 10 - | Comprimento da folha-bandeira e da largura da folha-bandeira de cultivares de trigo, na fase de enchimento do grão, em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl..... | 58 |
| Tabela 11 - | Comprimento e largura da folha-bandeira, na fase de enchimento do grão, de três cultivares de trigo..... | 59 |
| Tabela 12 - | Área foliar por planta de três cultivares de trigo, na fase de alongação do colmo e na antese, em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl..... | 60 |
| Tabela 13 - | Área foliar na fase de alongação das plantas e na antese, de três cultivares de trigo..... | 61 |
| Tabela 14 - | Massa seca das folhas (a e c) e dos colmos (b e d) de cultivares de trigo, na fase de alongação do colmo e na antese, em função de diferentes populações de plantas..... | 63 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabela 15 - | Massa seca das folhas e da massa seca dos colmos, na fase de alongação do colmo e na antese das plantas, de três cultivares de trigo..... | 64 |
| Tabela 16 - | Altura das plantas de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas..... | 66 |
| Tabela 17 - | Comprimento do pedúnculo de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento..... | 66 |
| Tabela 18 - | Altura das plantas e comprimento do pedúnculo, em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl..... | 68 |
| Tabela 19 - | Altura das plantas e comprimento do pedúnculo, de três cultivares de trigo..... | 68 |
| Tabela 20 - | Diâmetro do colmo de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas..... | 70 |
| Tabela 21 - | Diâmetro do colmo, na fase de maturação do grão, de três cultivares de trigo..... | 70 |
| Tabela 22 - | Acamamento de três cultivares de trigo, na fase de enchimento do grão, em função de diferentes populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento..... | 71 |
| Tabela 23 - | Acamamento de cultivares de trigo, na fase de enchimento do grão, em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl..... | 72 |
| Tabela 24 - | Acamamento de cultivares de trigo, na fase de enchimento do grão, de três cultivares de trigo..... | 73 |
| Tabela 25 - | Número de espigas por metro quadrado de três cultivares de trigo em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl..... | 74 |
| Tabela 26 - | Número de espigas por metro quadrado de cultivares de trigo..... | 74 |
| Tabela 27 - | Número de espiguetas por espiga, de grãos por espiguetas, de grãos por metro quadrado e massa de mil grãos de cultivares de trigo em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl.. | 77 |
| Tabela 28 - | Número de espiguetas por espiga, de grãos por espiguetas, de grãos por metro quadrado e massa de mil grãos de cultivares de trigo..... | 79 |
| Tabela 29 - | Produtividade de três cultivares de trigo em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl..... | 82 |
| Tabela 30 - | Produtividade de três cultivares de trigo..... | 83 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabela 31 - | Índice de colheita e peso do hectolitro de três cultivares de trigo em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl.. | 84 |
| Tabela 32 - | Peso do hectolitro e do índice de colheita de três cultivares de trigo... | 85 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 | OBJETIVO GERAL | 16 |
| 2.1 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 16 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 3.1 | DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO TRIGO..... | 17 |
| 3.1.1 | Estádios do ciclo de vida da planta..... | 18 |
| 3.2 | FATORES QUE AFETAM O DESENVOLVIMENTO E A PRODUTIVIDADE DO TRIGO | 20 |
| 3.2.1 | Fatores meteorológicos | 20 |
| 3.2.3 | Acamamento..... | 21 |
| 3.3 | MANEJO DA CULTURA DO TRIGO..... | 23 |
| 3.3.1 | População de plantas..... | 26 |
| 3.4 | REGULADORES DE CRESCIMENTO..... | 27 |
| 3.4.1 | Giberelinas..... | 28 |
| 3.4.2 | Trinexapac-ethyl..... | 36 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS | 36 |
| 4.1 | LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO..... | 36 |
| 4.1.1 | Caracterização do clima..... | 36 |
| 4.1.2 | Caracterização do solo e adubação..... | 37 |
| 4.2 | DELINEAMENTO EXPERIMENTAL..... | 37 |
| 4.3 | DESCRIÇÃO DAS CULTIVARES..... | 37 |
| 4.3.1 | BRS 208..... | 38 |
| 4.3.2 | Safira..... | 38 |
| 4.3.3 | OR-1..... | 39 |
| 4.4 | SEMEADURA E TRATOS CULTURAIS..... | 40 |
| 4.5 | TRATAMENTOS..... | 40 |
| 4.5.1 | Aplicação dos tratamentos..... | 40 |
| 4.6 | AVALIAÇÕES..... | 41 |
| 4.6.1 | Número de plantas por metro quadrado..... | 41 |
| 4.6.2 | Características morfológicas na fase de alongação dos colmos..... | 41 |
| 4.6.3 | Características morfológicas na antese..... | 42 |
| 4.6.5 | Características morfológicas e acamamento na fase de enchimento dos grãos.. | 42 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.6.6 | Diâmetro do colmo, altura das plantas e comprimento do pedúnculo..... | 43 |
| 4.6.7 | Componentes da produção e produtividade..... | 43 |
| 4.6.8 | Índice de colheita aparente..... | 44 |
| 4.6.9 | Peso do hectolitro..... | 44 |
| 4.7 | ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 44 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 46 |
| 5.1 | NÚMERO DE PLANTAS POR METRO QUADRADO..... | 47 |
| 5.2 | NÚMERO DE PERFILHOS POR PLANTA..... | 49 |
| 5.3 | NÚMERO DE FOLHAS VERDES POR PLANTA..... | 53 |
| 5.4 | COMPRIMENTO E LARGURA DA FOLHA-BANDEIRA..... | 56 |
| 5.5 | ÁREA FOLIAR POR PLANTA..... | 59 |
| 5.6 | MASSA SECA DAS FOLHAS E DOS COLMOS..... | 61 |
| 5.7 | ALTURA DAS PLANTAS E COMPRIMENTO DO PEDÚNCULO..... | 64 |
| 5.8 | DIÂMETRO DO COLMO..... | 69 |
| 5.9 | ACAMAMENTO DAS PLANTAS..... | 71 |
| 5.10 | NÚMERO DE ESPIGAS POR METRO QUADRADO..... | 73 |
| 5.11 | COMPONENTES DA PRODUÇÃO..... | 75 |
| 5.12 | PRODUTIVIDADE..... | 79 |
| 5.13 | ÍNDICE DE COLHEITA (IC)..... | 83 |
| 5.14 | PESO DO HECTOLITRO (PH)..... | 85 |
| 6 | CONCLUSÕES | 87 |
| | REFERÊNCIAS | 88 |
| | Apêndice 1 – Planta de trigo na fase de alongação do colmo, entre 1º e 2º nó perceptível (época de aplicação do trinexapac-ethyl)..... | 96 |
| | Apêndice 2 - Comprimento da folha-bandeira das cultivares OR-1 e Safira, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl..... | 98 |

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais consumidos no mundo e de grande importância para o Brasil devido a crescente demanda da população brasileira por derivados desse cereal. O maior consumo de alimentos, aliado a produção de etanol de milho e aumento do custo dos fertilizantes levou ao aumento do preço final dos alimentos, tornando necessária a maximização do uso de insumos e manejo das lavouras adequado e eficiente para incrementar o potencial produtivo por área.

O manejo da cultura envolve, entre outros fatores, a população de plantas adequada, cultivares com alto potencial de produção e controle de doenças, pragas e plantas daninhas.

A população de plantas utilizada na região dos Campos Gerais é, em média, de 300 a 350 plantas m⁻² de trigo, mas em condições de clima favorável ao desenvolvimento da cultura o aumento desse número pode ser vantajoso. No entanto, esse aumento resulta em maior número de “plantas-mãe”, que são mais altas do que os perfilhos, deixando-as mais suscetíveis ao acamamento. Isso leva a necessidade de medidas de controle do acamamento, como o uso de cultivares resistentes e/ou de reguladores de crescimento. Além disso, o uso do maior número de sementes está aliado ao aumento de produtividade, requerendo maiores doses de nitrogênio, o que também promove o acamamento das plantas.

Reguladores de crescimento são compostos sintéticos que podem ser utilizados para reduzir o crescimento longitudinal indesejável da parte aérea das plantas, sem diminuição da produtividade de grãos (RADEMACHER, 2000). Entre eles, o trinexapac-ethyl é utilizado em cereais de inverno por promover redução acentuada no comprimento do colmo, com redução da altura da planta e evitando o acamamento. O trinexapac-ethyl atua nas plantas reduzindo a alongação celular no estágio vegetativo, interferindo na biossíntese do ácido giberélico

(HECKMAN et al., 2002). Ele reduz drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA_1) por inibir a enzima 3β -hidroxilase e assim aumenta acentuadamente seu precursor biossintético imediato (GA_{20}). A queda no nível do ácido giberélico ativo (GA_1) é a provável causa da queda do crescimento das plantas (DAVIES, 1987).

Além da redução na altura das plantas, alguns trabalhos têm mostrado que mesmo em cultivares de porte baixo e sem a ocorrência do acamamento o trinexapac-ethyl promove aumento da produtividade, pela modificação da arquitetura das plantas, que ficam mais compactas com melhor interceptação da radiação solar e melhor distribuição dos fotoassimilados para os grãos. Essa modificação da arquitetura das plantas permite uma melhor penetração de defensivos agrícolas nas partes inferiores das plantas, como por exemplo a aplicação de fungicidas, que se torna mais eficiente devido ao menor porte das plantas pelo efeito do regulador de crescimento, promovendo uma redução da severidade de doenças como ferrugem e manchas foliares.

Nesse sentido, independente da resposta da cultivar ao acamamento o uso de reguladores de crescimento pode permitir o aumento da população de plantas visando o aumento da produtividade do trigo.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos do regulador de crescimento trinexapac-ethyl e de seis populações de plantas, associados ou não, em características morfológicas, componentes da produção e produtividade de três cultivares de trigo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a população de plantas que permite a obtenção do potencial máximo de produção de cultivares de trigo de diferentes respostas ao acamamento;
- Verificar se a utilização do regulador de crescimento trinexapac-ethyl possibilita o aumento da população de plantas sem a ocorrência de acamamento;
- Caracterizar as modificações na morfologia e no crescimento das plantas de trigo em função das populações de plantas e do uso ou não do trinexapac-ethyl;
- Verificar se o uso do regulador de crescimento trinexapac-ethyl promove o aumento da produtividade de cultivares de trigo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma planta da família das poáceas (gramíneas) e pertence ao grupo dos cereais. O gênero *Triticum* se distingue por apresentar muitas espiguetas separadas e ligadas alternadamente, em posições opostas do ráquis. A planta de trigo é anual, com ciclo de cerca de 90 a 180 dias e pode crescer até 2,0 m de altura. Os colmos em geral são eretos e formados de nós e entrenós; as folhas são alternadas, longas e finas; as flores surgem na extremidade do colmo, presas a um eixo principal chamado raque (TERUEL; SMIDERLE, 1999).

A cultura do trigo vem sendo utilizada como uma das principais alternativas para a semeadura durante o período de inverno, principalmente no Rio Grande do Sul e Paraná, por auxiliar no controle da erosão e favorecer o plantio direto, devido à quantidade de palha que permanece no solo após a colheita (SCHUCH et al., 2000). É também de grande importância para utilização das áreas dos Campos Gerais, PR, que é considerada uma das regiões mais tecnificadas do país (FARIA; CHIBANA; GALDINO, 2005).

3.1 DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO TRIGO

As maiores taxas de crescimento da cultura do trigo, em altura, são observadas entre o início do alongamento e o início do espigamento. No início do ciclo de desenvolvimento da cultura pode ser observado um aumento acentuado do número de folhas por planta até atingir o máximo e, posteriormente, um declínio contínuo até o valor mínimo no ponto de colheita. O máximo de índice de área foliar (IAF) corresponde à máxima atividade fotossintética ocorrida no espigamento. Após esse período o IAF decresce devido à senescência das folhas, embora a

atividade fotossintética e a produção de biomassa fresca continue até o início da fase de maturação da cultura (HAMADA; PINTO; ZULLO JR., 2003).

Para aumentar a produtividade de grãos de trigo, em áreas com altas precipitações, a área foliar deve ser baixa e o índice de colheita alto (RIFFKIN et al., 2001). Aumentos substanciais na produção de grãos foram alcançados durante as últimas décadas através da seleção de cultivares com elevado índice de colheita. O índice de colheita representa a razão entre o rendimento biológico (produção total de fitomassa acima do solo) e o rendimento de grãos (parte colhida e comercializada da cultura) sendo geralmente expresso em porcentagem (MOREIRA; ANGULO FILHO; RUDORFF, 1999).

Baixos índices de colheita podem ser atribuídos ao uso de cultivares não adaptadas ou recomendadas para a região, sementes inapropriadas utilizadas na semeadura, semeadura fora da época recomendada, baixa população de plantas, proteção de plantas inadequada, desbalanço no uso de fertilizantes e falta de água nos estádios fenológicos mais críticos. O índice de colheita (IC) está relacionado diretamente com a produtividade e para a cultura do trigo o IC situa-se entre 0,40 e 0,55 (AHMAD; HASSAN; JABRAN, 2007).

3.1.1 Estádios do ciclo de vida da planta

O processo de emergência e o estágio de plântula representam um período particularmente sensível, durante essa fase a plântula exige um pleno suprimento de nutrientes necessários para garantir o aumento de energia e metabólitos utilizados na biossíntese, bem como um estado de hidratação suficiente para manter a turgescência durante o rápido crescimento em extensão e a diferenciação da parede celular. O estágio de plântula é, portanto, uma fase decisiva para a sobrevivência de um indivíduo e para a distribuição espacial de uma população (LARCHER, 2004).

Na fase vegetativa, as plantas jovens crescem rapidamente tanto em extensão como em diâmetro. Durante essa fase as plantas estão no pico de suas atividades metabólicas (fotossíntese, respiração, absorção de substâncias minerais) (LARCHER, 2004). Em trigo a fase vegetativa corresponde aos estádios de perfilhamento e alongação da planta. O perfilho é uma planta independente morfológicamente, porém não fisiologicamente da planta-mãe, pois existe uma dependência hormonal entre elas. Esta fase é muito importante, visto que é onde se define a área foliar da planta (FENOLOGIA, 2004), obtida logo antes do espigamento, após a emergência completa da folha-bandeira. A máxima densidade de perfilhos é atingida na alongação do colmo e irá depender do nível de radiação solar ocorrido e da cultivar entre outros fatores de clima e manejo (TERUEL; SMIDERLE, 1999).

Na fase reprodutiva, a transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva é marcada pela capacidade da planta de produzir flores, as quais são resultado de mudanças no estado do meristema das gemas. O espigamento é considerado quando as espigas se desprendem da folha-bandeira. Esse estágio é crítico por ser muito sensível ao estresse hídrico e às altas temperaturas. Na floração as espiguetas se abrem e delas saem os estames (FENOLOGIA, 2004). Os fatores ambientais, em conjunto com a regulação de mecanismos endógenos, influenciam a frequência da floração, o início da frutificação e o amadurecimento das sementes, principalmente pelo efeito do estado nutricional (LARCHER, 2004).

O estágio de maturação do trigo pode ser dividido em maturação leitosa, pastosa e dura. Na maturação leitosa o grão já atingiu o tamanho máximo, tem alta porcentagem de água e contém um líquido esverdeado que vai se transformando em leitoso na medida que diminui a porcentagem de água. Na maturação pastosa o grão do cereal pode moldar-se devido à perda na porcentagem de água. Na maturação dura os grãos alcançam a dureza máxima e apresentam a porcentagem de umidade requerida para a colheita (FENOLOGIA, 2004).

3.2 FATORES QUE AFETAM O DESENVOLVIMENTO E A PRODUTIVIDADE DO TRIGO

A duração e as condições climáticas prevalentes durante as distintas etapas de desenvolvimento da cultura do trigo apresentam influência significativa sobre o rendimento e seus componentes (MIRALLES et al., 2006). O aumento da produtividade e consequentes implicações de ordem ambiental decorrentes da exploração agrícola dependem fundamentalmente do uso racional e integrado dos recursos de solo, clima e práticas de cultivo (FARIA; CHIBANA; GALDINO, 2005).

3.2.1 Fatores meteorológicos

Os principais fatores necessários para a sobrevivência dos vegetais são a água, temperatura e radiação (FENOLOGIA, 2004). O principal fator de sobrevivência dos vegetais é a água, cerca de 80% do seu peso (peso fresco) é constituído deste elemento. Sua ausência afeta o crescimento, desenvolvimento e a reprodução (BIOMETEOROLOGIA, 2006). O suprimento adequado de água deve ser distribuído durante todo o ciclo da cultura do trigo. Porém, breves períodos de suprimento inadequado de água, não sendo nos períodos críticos (florescimento/enchimento do grão), podem ser compensados pelo desenvolvimento subsequente, em ocasiões mais favoráveis (LAZZAROTTO, 1992). A necessidade de água da cultura do trigo é de 450 a 600 mm, dependendo do clima e da duração do ciclo (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

O segundo fator em importância é a temperatura, as oscilações desta afetam a atividade enzimática que por sua vez afeta todos os demais fatores (BIOMETEOROLOGIA, 2006). O estímulo térmico é resultante direto da radiação solar, mas depende de outros

fatores, tais como da umidade relativa e da velocidade do vento (LARCHER, 2004). Temperaturas entre 20 e 25° C, no início do ciclo da cultura do trigo têm efeito positivo no rendimento por possibilitar um rápido e adequado crescimento da planta (TERUEL; SMIDERLE, 1999).

O terceiro fator em importância é a radiação solar, extremamente relacionado à temperatura. Sua distribuição afeta o crescimento e a reprodução no fenômeno chamado fotoperiodismo além, claro, da fotossíntese (BIOMETEOROLOGIA, 2006). A absorção da radiação é apenas uma das muitas variáveis envolvidas no processo de produção de fitomassa e grãos (RUDORFF et al., 2002) e irá depender do tamanho, da forma, do ângulo e da orientação azimutal das folhas (TERUEL; SMIDERLE, 1999). Uma cobertura vegetal fechada funciona como um sistema de assimilação, no qual as camadas de folhas estão sobrepostas e se sombreiam mutuamente. Folhas eretas, folhas posicionadas em perfil, bem como órgãos de assimilação com a superfície recurvada, interceptam a radiação em um ângulo agudo. Dessa forma, essas folhas se protegem de injúrias causadas pelo superaquecimento e de intensidades de radiação excessivas (LARCHER, 2004). Na cultura do trigo, a assimilação fotossintética nos estádios iniciais de crescimento pode afetar o número de espigas, de espiguetas e de flores. A capacidade de rendimento irá depender do desenvolvimento foliar até a formação do grão, enquanto que o rendimento final irá depender da fotossíntese da folha-bandeira e da espiga (TERUEL; SMIDERLE, 1999).

3.2.2 Acamamento

O acamamento pode causar severos danos na qualidade e produtividade de grãos de trigo pois afeta estruturas morfológicas da planta, impede o uso eficiente de carboidratos e sua translocação para o grão e quando ocorre em estádios precoces de desenvolvimento das

plantas é maior a redução no rendimento de grãos (ZANATTA; OERLECKE, 1991). De acordo com Cruz (2002), quando acamam, as plantas de trigo perdem sua posição naturalmente vertical, inclinam-se e caem sobre o solo. Quando os colmos apenas se inclinam, e não se dobram, o grão não sofre prejuízo, possibilitando o processo regular de amadurecimento. Entretanto, se os colmos dobram e quebram, ocorre ruptura dos tecidos e interrupção no movimento da seiva que não mais pode chegar a espiga, portanto, o trigo não termina de amadurecer. As consequências são prejuízos, não só na qualidade, mas também na produtividade de grãos. Na colheita, as plantas acamadas não são recolhidas e as espigas de plantas acamadas permanecem no campo.

Nas condições climáticas do Sul do Brasil, o acamamento é um dos fatores que pode limitar a produção de grãos de trigo de modo expressivo (CARVALHO, 1982), dependendo da intensidade e do estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre. Tais limitações de maximização de rendimento de grãos por acamamento podem ser decorrentes de alta competição por luz pelas plantas (alta densidade de plantas), de desbalanço de nutrientes (suplemento excessivo de nitrogênio), de decréscimo da fotossíntese, de redução na assimilação e translocação de carboidratos e minerais, de aumento da intensidade de doenças e de redução na eficiência da colheita (RODRIGUES et al., 2003).

Em experimento realizado por Zagonel et al. (2002b) o aumento da dose de nitrogênio resultou em aumento da altura de plantas mas sem efeitos no acamamento das plantas. Porém, Brancourt et al. (2003) afirmam que mesmo em cultivares de porte baixo e melhoradas geneticamente, ainda existe grande incidência de acamamento em áreas de alta fertilidade e de alta frequência de ocorrência de fatores meteorológicos que atuam como agentes causadores de acamamento. O uso de baixas populações de plantas pode reduzir o acamamento. Berry et al. (2000) observaram que o estabelecimento de 200 plantas m^{-2}

comparado com 400 plantas m⁻² de trigo reduz o risco de acamamento pelo aumento da resistência ao curvamento e aumento do diâmetro do colmo.

De modo geral, o acamamento tem sido controlado mediante restrição da aplicação de fertilizantes nitrogenados e uso de cultivares de porte baixo. O uso mais generalizado de reguladores de crescimento tem sido observado em países europeus como prática para melhor explorar a capacidade produtiva de alguns sistemas de produção de cereais (RODRIGUES et al., 2003).

3.3 MANEJO DA CULTURA DO TRIGO

A produção final da cultura é definida em função da cultivar utilizada, da quantidade de insumos e das técnicas de manejo empregadas (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002a). O interesse em maximizar a produtividade do trigo tem estimulado o uso de um manejo intensivo nessa cultura (RODRIGUES et al., 2003). Esse manejo integra a adoção de determinadas práticas, como época de semeadura, espaçamento e densidade de sementes adequadas, aumento do nível de fertilidade do solo, controle de pragas, doenças e plantas daninhas e evitar o acamamento de plantas (RODRIGUES; VARGAS, 2002).

3.3.1 População de plantas

A escolha de cultivares adequadas depende da identificação das características mais importantes de cada local, por isso a população de plantas adotada, definida principalmente pela densidade de semeadura, deve variar em função da cultivar utilizada. A população de plantas é uma das técnicas culturais que mais influenciam a produção de grãos e seus componentes (OZTURK; CAGLAR; BULUT, 2006). A produção de grãos em trigo é representada, em grande parte, pela produção de perfilhos, estando as plantas suficientemente

espaçadas para estimular um perfilhamento adequado. Densidades mínimas para garantir bons níveis de produtividade vão depender muito das outras condições de ambiente, como fertilidade do solo e disponibilidade hídrica, para garantir bons níveis de perfilhamento (MUNDSTOCK, 1999).

Em etapas precoces de desenvolvimento, altas populações de plantas podem favorecer a rápida cobertura do solo e a redução da infestação por plantas daninhas (CARÂMBULA, 1977). O controle das plantas daninhas ocorre através da competição por luz, água e nutrientes do solo (SWANTON; CHANDLER; JANOVICEK, 1996).

A maximização da produção de grãos em relação à população de plantas está fortemente relacionada ao potencial do genótipo em produzir perfilhos férteis, o que também influencia, de forma direta, o número de espigas produzidas por unidade de área (OZTURK; CAGLAR; BULUT, 2006). Genótipos de trigo com menor capacidade de perfilhamento são dependentes de elevada densidade de semeadura, já que possuem menor efeito compensatório do número de espigas por unidade de área, apesar de apresentarem maior fertilidade de espiguetas e maior massa de grãos por planta (MOTZO; GIUNTA; DEIDDA, 2004). Além disso, genótipos com elevado potencial de perfilhamento, de acordo com Richards (1988), apresentam maior incidência de perfilhos inférteis, e são, portanto, dependentes do ajuste adequado da densidade de semeadura. Portanto, arranjos que propiciem aumento de luminosidade na base das plantas podem teoricamente influenciar o desenvolvimento de perfilhos e o crescimento de colmos, com possível efeito no acamamento e nos componentes de produção (VALÉRIO et al., 2008).

A cultura do trigo, assim como outras culturas, apresenta uma faixa de população de plantas que garante uma produção elevada. Essa faixa depende de vários fatores, como a cultivar e o tipo de planta. No Rio Grande do Sul, para cultivares de ciclo precoce, produtividades elevadas tem sido garantidas com 300 a 330 plantas m⁻² (PIRES et al., 2005).

De acordo com RCBPTT (2008), a densidade de plantas de trigo indicada para o Paraná é de 60 a 80 sementes m^{-1} ou 200 a 400 sementes viáveis m^{-2} , em função do ciclo, porte das cultivares e, algumas vezes, quanto aos tipos de clima e solo.

Altas populações de plantas resultam em diminuição de perfilhos, porém a planta fica sujeita ao acamamento, o que limita a produtividade devido à redução na assimilação e translocação de carboidratos e minerais e ao aumento da incidência e severidade de doenças entre outros fatores (EVERS et al., 2006). No entanto, alguns agricultores têm utilizado 600 a 900 sementes m^{-2} , o que resulta na manutenção apenas das plantas-mãe, sem os perfilhos, o que em anos de clima não favorável pode ocasionar em perdas de qualidade dos grãos e danos na produtividade, uma vez que as plantas perdem a capacidade de eliminar perfilhos quando as condições do meio não são adequadas.

Oviedo; Herz e Rudorff (2001) observaram que as plantas das parcelas com menor densidade de semeadura (400 plantas m^{-2}) tiveram um aumento significativo na produção de grãos (7%) por terem sido mais eficientes em translocarem seus carboidratos para os grãos. Também observaram uma diminuição de 7,3% no índice de colheita para as plantas das parcelas com densidade superior (600 plantas m^{-2}).

Trabalhos realizados na região dos Campos Gerais (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002a; ZAGONEL et al., 2002b) mostram que variações de população entre 323 e 658 plantas m^{-2} para a cultivar OR-1 e entre 259 e 441 plantas m^{-2} para a cultivar Iapar-53 não afetaram a produtividade do trigo, mas em ambos os trabalhos foi observada uma tendência de aumento do número de espigas com o aumento da população de plantas, o que pode ser vantajoso no caso de clima favorável.

O uso de altas populações de plantas resulta num aumento do número de “plantas-mãe”, que são mais altas do que os perfilhos, deixando o dossel mais suscetível ao acamamento, o que sugere a possibilidade do uso combinado de altas populações de plantas

com regulador de crescimento no sentido de evitar o acamamento, com provável aumento de produtividade.

3.4 REGULADORES DE CRESCIMENTO

Os hormônios das plantas, ou fitormônios, são substâncias orgânicas, produzidas naturalmente pelas plantas, que influenciam os processos fisiológicos das plantas em baixas concentrações. Os processos influenciados consistem principalmente de crescimento, diferenciação e desenvolvimento, embora outros processos, como o movimento do estômato, também possam ser afetados. Dentre os hormônios vegetais mais conhecidos estão as auxinas, giberelinas, citocininas e o etileno (DAVIES, 2007).

Regulador de crescimento é a denominação utilizada, principalmente pela indústria agroquímica, para se referir a reguladores sintéticos de crescimento de plantas, aplicados exogenamente, de modo que diferencia dos reguladores de crescimento endógenos (fitormônios) (DAVIES, 2007). Esses compostos sintéticos, quando utilizados, podem reduzir o crescimento longitudinal indesejável da parte aérea das plantas, sem diminuição da produtividade de grãos (RADEMACHER, 2000; RAJALA, 2003).

Entre os reguladores de crescimento utilizados em cereais se destacam o cloreto de cloralamina ("CCC"), recomendado para a cultura de trigo na década de 1960; o 2-cloro-etil ácido fosfônico (Ethephon), recomendado para a cultura de cevada na década de 1970; e o trinexapac-ethyl (Moddus) recomendado para a cultura do trigo desde 2002 (RODRIGUES et al., 2003).

A maioria dos reguladores de crescimento age por inibição da síntese de giberelinas, hormônio esse frequentemente associado à promoção do crescimento do caule de plantas

(TAIZ; ZEIGER, 2004). O trinexapac-ethyl é um exemplo de regulador de crescimento que interfere na última etapa da rota metabólica da biossíntese das giberelinas (RAJALA, 2003).

3.4.1 Giberelinas

Na década de 50 foi caracterizado um grupo de hormônios, as giberelinas (GAs), as quais constituem um grande grupo de compostos relacionados que, ao contrário das auxinas, são definidos mais por sua estrutura química do que por sua atividade biológica. As giberelinas são frequentemente associadas à promoção do crescimento do caule e a aplicação desse hormônio nas plantas pode induzir aumento significativo na sua altura. A biossíntese das giberelinas está sob um estrito controle genético, tanto de desenvolvimento quanto ambiental (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As giberelinas endógenas, além do alongamento do caule controlam vários aspectos da germinação de sementes. No desenvolvimento reprodutivo, podem afetar a transição do estado juvenil para o maduro, a indução da floração, a determinação do sexo e o estabelecimento do fruto. A aplicação de giberelina promove o crescimento dos entrenós, diminuição da espessura do caule e do tamanho da folha, além da coloração verde clara nas folhas. Esse estímulo tem mais efeito em espécies de plantas anãs e em gramíneas. O alvo de ação das giberelinas é o meristema intercalar, localizado próximo à base do entrenó (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A giberelina regula seu próprio metabolismo. Em ervilha, nas plantas muito anãs a redução nos níveis de giberelina ativa, como o GA_1 , estimula na planta a transcrição dos genes biossintéticos, como $GA20ox$ e $GA3ox$, e diminui a expressão da enzima de degradação, $GA2ox$ (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Em algumas culturas, para evitar o alongamento das plantas são utilizados inibidores da síntese de giberelinas. Em cereais, o aumento da altura de plantas pode favorecer o acamamento, dificultando a colheita mecanizada. Entrenós mais curtos reduzem a tendência ao acamamento, diminuindo prejuízos à produção (TAIZ; ZEIGER, 2004).

3.4.2 Trinexapac-ethyl

O emprego de reguladores de crescimento em trigo não constitui prática usual de manejo no Sul do Brasil, sendo mais observado em países europeus. Reguladores de crescimento vêm sendo utilizados como uma solução para o acamamento de plantas, atuando na resistência ao acamamento e em consequência na produção de grãos (LOZANO; LEADEN, 2002; MATYSIAK, 2006). Eles possibilitam o uso de maiores doses de nitrogênio, mesmo em cultivares de porte mais alto. Entre as substâncias testadas para inibir o crescimento de plantas, o trinexapac-ethyl tem se destacado pela eficiência na redução da altura das plantas de cereais de inverno (FAGERNESS; PENNER, 1998b; LOZANO; LEADEN, 2002), evitando o acamamento (AMREIN; RUFENER; QUADRANTI, 1989; KERBER; LEYPOLD; SEILER, 1989; ZAGONEL; KUNZ, 2005; PENCKOWSKI, 2006).

O trinexapac-ethyl é um regulador de crescimento aplicado via foliar, utilizado em gramados, que reduz seu crescimento, melhora a qualidade do gramado, tolerância a pouca luz e comprimento de raiz (BUNNELL; MCCARTY, 2004). Na cana-de-açúcar promove a redução da altura das plantas, do acamamento e aumento do rendimento de açúcar sem impacto negativo na qualidade do caldo, no conteúdo de fibras ou no peso da cana (RESENDE, 2001). Em cereais como trigo (ZAGONEL; VENANCIO,; KUNZ,, 2002a; RODRIGUES et al., 2003; ZAGONEL; FERNANDES, 2007) e cevada (AMABILLE et al.,

2004) promove redução da altura das plantas e do acamamento, podendo também promover a redução na severidade de manchas foliares e o aumento da produtividade.

3.4.2.1 Modo de ação

O trinexapac-ethyl atua nas plantas reduzindo a alongação celular no estágio vegetativo, interferindo no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002; RAJALA, 2003) pela inibição da enzima 3 β -hidroxilase (NAKAYAMA et al., 1990), reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA₁) e assim, aumentando acentuadamente seu precursor biossintético imediato GA₂₀ (DAVIES, 1987). A queda no nível do ácido giberélico ativo (GA₁) é a provável causa da diminuição do crescimento das plantas (WEILER; ADAMS, 1991; RADEMACHER, 2000). Porém, o trinexapac-ethyl não interfere na biossíntese das demais giberelinas produzidas pelas plantas (SHEPARD; DIPAOLA, 2000), ou seja, não promove a falta de giberelinas na planta mas sim atua no balanço das mesmas.

O trinexapac-ethyl também pode inibir parcialmente o transporte de elétrons na mitocôndria, diminuindo a respiração celular, indicando outro local potencial de ação para o produto (HECKMAN et al., 2002).

3.4.2.2 Dose e época de aplicação

A metodologia de utilização do trinexapac-ethyl em trigo está definida, sendo recomendada a aplicação entre o 1º e o 2º nó perceptível e na dose de 100 g ha⁻¹ (MODDUS, 2005). Alguns trabalhos mostram também que a dose pode ser variável de acordo com a cultivar, visando somente o aumento de produtividade, para cultivares com menor

suscetibilidade ao acamamento essa dose pode ser menor (BERTI.; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

A aplicação do trinexapac-ethyl deve levar em consideração o risco de acamamento, associado a boas perspectivas de produtividade de grãos da cultura. Quando o risco de acamamento é reduzido e a perspectiva de alta produtividades é baixa, o uso do regulador de crescimento apenas aumenta o custo de produção da cultura (RODRIGUES et al., 2003).

3.4.2.3 Absorção, decomposição e resíduo em alimentos

Fagerness e Penner (1998a) ao avaliarem a absorção e translocação do trinexapac-ethyl em um tipo de grama muito comum nos Estados Unidos e Europa (*Poa pratensis*), observaram que a absorção de trinexapac-ethyl pela lâmina foliar é de 31% uma hora após a aplicação e de 70% vinte e quatro horas após sua aplicação; as raízes são responsáveis por 5% de absorção do trinexapac-ethyl vinte e quatro horas após a aplicação do trinexapac-ethyl. Do trinexapac-ethyl absorvido pela lâmina foliar, 61% é translocado da base para o ápice e 33% permanece no sítio 24 horas após sua aplicação. A translocação de trinexapac-ethyl ocorre tanto no sentido acrópeta como basípeta e pode resultar na convergência do ingrediente ativo na porção basal da lâmina foliar, que é o local primário da divisão celular e da elongação envolvida no crescimento da folha.

A máxima inibição do crescimento devido ao trinexapac-ethyl ocorre até duas ou três semanas após sua aplicação. O tempo requerido após a aplicação do trinexapac-ethyl para que ocorra absorção suficiente do produto, sem redução de sua atividade devido à precipitação, é de uma hora (FAGERNESS; PENNER, 1998b).

A Lei de Pesticidas Holandesa estabeleceu um limite máximo residual de trinexapac-ethyl para trigo de $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$, expresso em sua forma de metabólica livre de ácido. Hiemstra

e Kok (2003), na Holanda, observaram que 46% das amostras apresentavam resíduo acima de $10 \mu\text{g kg}^{-1}$, sendo $23 \mu\text{g kg}^{-1}$ o valor mais baixo e $110 \mu\text{g kg}^{-1}$ o valor mais alto encontrado nas amostras. Portanto, todas as amostras analisadas apresentaram concentrações de trinexapac-ethyl muito abaixo do limite máximo residual, que é de $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$, o que indica que efeitos na saúde humana não podem ser esperados pois o limite máximo residual não foi excedido.

3.4.2.4 Trinexapac-ethyl e a altura de plantas

Diversos autores avaliando o trinexapac-ethyl em cultivares de trigo e cevada e em diferentes locais, concluíram que este regulador diminui de forma significativa a altura das plantas (LOZANO; LEADEN, 2002; RODRIGUES et al., 2003; TEIXEIRA; RODRIGUES, 2003; ZAGONEL; KUNZ, 2005; BERTI.; ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Resposta que comprova a eficiência do produto em reduzir a altura das plantas. Na Polônia Matysiak (2006) avaliou na cultura do trigo o uso de trinexapac-ethyl em diferentes doses, isolado e em conjunto com outro regulador de crescimento, o cloreto de cloralamina (CCC), e verificou que a redução da altura das plantas é dependente da dose utilizada, sendo que as plantas são 26% menores com o uso de reguladores de crescimento.

3.4.2.5 Trinexapac-ethyl e a população de plantas

Zagonel; Venâncio e Kunz (2002a) avaliando diferentes populações de plantas e doses de nitrogênio com o uso do trinexapac-ethyl observaram que a produtividade da cultivar IAPAR-53 é maior quando se utiliza o regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Porém, o

efeito da associação de população de plantas com o regulador de crescimento não foi observado, sendo que cada um dos fatores apresentou resposta de forma isolada.

3.4.2.6 Trinexapac-ethyl e o acamamento

Na Argentina Lozano; Leaden e Colabelli (2002) observaram que as aplicações de trinexapac-ethyl com o primeiro a terceiro nó visível provocaram mudanças na densidade de espigas, promovendo o desenvolvimento dos perfilhos e aumento da produção, com ausência de acamamento como resposta ao uso do regulador de crescimento. A aplicação de reguladores de crescimento no início da elongação do colmo provocou mudanças na sua anatomia, aumentando o diâmetro do caule e a espessura da parede celular. O aumento do diâmetro do caule em plantas de trigo submetidas a doses de regulador de crescimento ocorre devido ao aumento no desenvolvimento das células do parênquima, com maior espessura do tecido esclerenquimático, localizado em posição sub-epidérmica, podendo resultar em maior lignificação da parede celular. O encurtamento dos entrenós combinado com uma maior densidade dos tecidos resulta numa melhor rigidez da planta e reduz o potencial de acamamento (WIERSMA, 2005).

3.4.2.7 Trinexapac-ethyl e os cultivares

No Brasil o trinexapac-ethyl foi avaliado por Zagonel; Venâncio e Kunz (2002a) na cultivar de trigo OR-1, de porte baixo, em Ponta Grossa (PR), e verificaram redução no comprimento dos entrenós, aumento do número de espigas por metro e da produtividade. Em outro experimento, no mesmo local, Zagonel et al. (2002b), utilizando a cultivar IAPAR 53, de porte médio/alto, também verificaram uma redução substancial da altura das plantas com

aumento de produtividade. Nas duas cultivares não foi observado acamamento, porém, foram nítidas as vantagens da aplicação do produto nas cultivares avaliadas.

Zagonel e Fernandes (2006) ao avaliarem doses de nitrogênio e doses e épocas de aplicação do trinexapac-ethyl em oito cultivares de trigo observaram que o regulador de crescimento reduz a altura das plantas e aumenta a produtividade dos grãos, com intensidade variável de acordo com o porte da cultivar.

3.4.2.8 Trinexapac-ethyl e os componentes da produção e produtividade

Lozano e Leaden (2002) avaliando o trinexapac-ethyl em duas cultivares de trigo, também observaram ganhos significativos de produtividade (27%). Mesmo na ausência de acamamento, estes correlacionaram os tratamentos com maior ganho de produtividade com aqueles que promoveram mudanças na arquitetura foliar, sendo os tratamentos com trinexapac-ethyl os que mudaram a angulação da folha bandeira, deixando eretas as folhas de ambas as cultivares.

Em trigo, a espiga fica envolta na bainha da folha-bandeira e com o crescimento do pedúnculo essa acaba emergindo da bainha. Quando se aplica o trinexapac-ethyl tardiamente ou em altas doses, o encurtamento do pedúnculo pode ser acentuado, ficando a espiga, ou parte dessa, retida na bainha da folha-bandeira interferindo na antese e na formação dos grãos (ZAGONEL; FERNANDES, 2006). Assim, pode ocorrer redução da produtividade de grãos a partir de determinada dose do trinexapac-ethyl, variável com a cultivar, e que leva a uma resposta quadrática ao aumento da dose do produto (ZAGONEL; KUNZ, 2005).

Devido a resposta variável da produtividade em função da aplicação de reguladores de crescimento na ausência do acamamento, recomendações gerais não podem ser dadas e

considerações cuidadosas são necessárias quando for selecionado um regulador de crescimento e sua dose para uma cultivar específica (RAJALA, 2003).

O uso de regulador de crescimento tem favorecido, em algumas situações, o aumento da produtividade de grãos em cereais, contudo a causa desse efeito não está perfeitamente esclarecida (RODRIGUES; VARGAS, 2002).

3.4.6.9 Trinexapac-ethyl e a severidade de doenças

Além dos resultados de produtividade, as mudanças no porte das plantas causadas pelo trinexapac-ethyl podem modificar a penetração dos fungicidas nas plantas. Zagonel e Fernandes (2006) observaram menor severidade de ferrugem e manchas foliares na cultivar CD-104 quando utilizaram o trinexapac-ethyl, devido a diminuição da altura de plantas em função do uso do produto, o que permitiu melhor penetração dos fungicidas nas partes inferiores das plantas.

3.4.6.10 Trinexapac-ethyl e os outros fatores

Na Argentina, Lozano; Leaden e Colabelli (2002) observaram que, com uso de trinexapac-ethyl em plantas de trigo, ocorreu uma diminuição da área foliar, sem diminuição da atividade fotossintética.

Na Polônia, Matysiak (2006) avaliou na cultura do trigo o uso de trinexapac-ethyl em diferentes doses, isolado e em conjunto com outro regulador de crescimento, o cloreto de cloralamina, e observou que o teor de clorofila não foi afetado pelo uso dos reguladores de crescimento. Entretanto, Richards et al. (2001) citam que a deficiência de giberelina pode promover folhas com tonalidade verde mais escura.

Nos Estados Unidos, Wiersma (2005) observou que o trinexapac-ethyl mostrou tendência em atrasar a maturação do trigo por um ou dois dias em três ambientes distintos. Este efeito é maior quando o trinexapac-ethyl é aplicado em estádios de crescimento mais tardios.

Na Finlândia, Rajala e Peltonen-Sainio (2001) estudaram o efeito de diferentes reguladores de crescimento em trigo, cevada e aveia e observaram que o trinexapac-ethyl diminuiu a taxa fotossintética das plantas de 2 a 3 dias após a aplicação. Entretanto, essa redução da taxa fotossintética é temporária, e de 5 a 6 dias após a aplicação não se notou os efeitos dos reguladores de crescimento na fotossíntese.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os experimentos foram instalados no ano de 2008, na Fazenda Escola “Capão da Onça”, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa, PR, na região dos Campos Gerais, localizado a 25°5'49” de latitude sul, 50°3'11” de longitude leste e altitude de 1.025 m.

4.1.1 Caracterização do clima

O clima de Ponta Grossa é classificado segundo Koppen como Cfb, ou seja, clima temperado propriamente dito, com verões frescos, sem estação seca definida e com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C (mesotérmico) e no mês mais quente abaixo de 22 °C (IAPAR, 2009a). A precipitação média anual é de 1.600 mm a 1.800 mm, onde os meses mais secos são junho, julho e agosto, com média de 100 a 125 mm nos meses de junho e julho e de 75 a 100 mm em agosto (IAPAR, 2009b). Os meses de junho, julho e agosto também são considerados os meses mais frios, com média de 13 a 14 °C (IAPAR, 2009c).

4.1.2 Caracterização do solo e adubação

O solo no local é um Cambissolo Háplico Tb distrófico típico (EMBRAPA, 2006), de textura argilosa.

Para a recomendação da adubação de base foram realizadas coletas de cinco sub-amostras de solo de 0-10 cm e de 10-20 cm. Posteriormente, essas amostras foram enviadas para análise no laboratório de Fertilidade do Solo, da Universidade Estadual de Ponta Grossa. A análise granulométrica mostrou, em g kg^{-1} : argila – 460; silte – 179; areia – 361. Os resultados análise química do solo encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas do solo do experimento. Ponta Grossa, UEPG, 2008.

| Prof. | pH | P mg dm^{-3} | C g dm^{-3} | CTC ¹ (pH 7,0) | Ca | Mg | K | H + Al | Al ² | V ³ |
|-------|-----|--------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----|------|--------|-----------------|----------------|
| | | | | | $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ | | | | | |
| 0-10 | 5,8 | 10,3 | 34,0 | 13,59 | 5,4 | 4,0 | 0,22 | 3,97 | 0,0 | 70,8 |
| 10-20 | 5,5 | 4,9 | 23,0 | 13,47 | 4,0 | 3,8 | 0,71 | 4,96 | 0,0 | 63,2 |

¹CTC = capacidade de troca cátions do solo a pH 7,0; ²Al = saturação por alumínio; ³V = saturação por bases; Métodos de extração: pH = CaCl_2 ; H + Al = solução tampão SMP; Al, Ca e Mg = $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$; P e K = Mehlich 1; C-orgânico = Walkley-Black.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado nos três experimentos foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 6 x 2 (população de plantas x uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl) com quatro repetições. Cada experimento foi constituído de uma cultivar de trigo de diferente resposta ao acamamento: resistente (OR-1), moderadamente resistente (BRS 208) e moderadamente suscetível (Safira).

As parcelas foram compostas de 18 fileiras de 5,6 m de comprimento, espaçadas de 0,17 m ($17,14 \text{ m}^2$). Foi considerada como área útil as 12 fileiras centrais, desprezando-se duas fileiras de plantas de cada extremidade ($9,38 \text{ m}^2$).

4.3 DESCRIÇÃO DAS CULTIVARES

4.3.1 BRS 208

A cultivar BRS 208 é de ciclo médio, apresentando espigamento de 60 a 75 dias, com média de 67 dias, e maturação com 123 dias após a emergência. Possui hábito vegetativo intermediário, as folhas apresentam posição intermediária com aurículas em sua maioria incolores (RCCSBPTT; RCBPT, 2004). As plantas são de porte médio apresentando altura de 77 a 102 cm, com média de 108 cm. É considerada moderadamente resistente ao acamamento. Os grãos são de cor vermelha clara, com média do peso do hectolitro 78,0 e média de peso de mil sementes de 35,0 g (RCCSBPTT; RCBPT, 2004). Quanto a classe comercial é classificado com trigo pão. Essa cultivar é recomendada para as regiões 6, 7 e 8 do estado do Paraná (RCBPTT, 2008).

4.3.2 Safira

A cultivar de trigo Safira, lançada em 2005, foi desenvolvida pelo programa de melhoramento OR Melhoramento de Sementes Ltda, é de ciclo médio, apresentando espigamento com média de 92 dias. As plantas são de porte médio apresentando altura média de 89 cm. É considerada moderadamente suscetível ao acamamento. Os grãos são de cor vermelha, de textura dura e média de peso de mil sementes de 30,0 g (SAFIRA..., 2008). Quanto a classe comercial é classificado com trigo pão. Essa cultivar é recomendada para a região 8 do estado do Paraná (RCBPTT, 2008).

4.3.3 OR-1

A cultivar de trigo OR-1, lançada em 1996, foi desenvolvida pelo programa conjunto de melhoramento OR Melhoramento de Sementes Ltda. e Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo no México. A cultivar é de ciclo médio, apresentando

espigamento de 52 a 86 dias, com média de 76 dias, e maturação com 119 dias após a emergência. Possui hábito vegetativo semi-ereto, as folhas apresentam posição desuniforme (algumas eretas e outras intermediária) com aurículas em sua maioria incolores. As espigas na maioria são de cor clara, de formato fusiforme e oblonga, com posição intermediária e ereta e que apresentam aristas. As plantas são de porte baixo apresentando altura de 50 a 95 cm, com média de 76 cm. É considerada resistente ao acamamento. Os grãos são de cor vermelha, de textura semidura com média do peso do hectolitro $78,0 \text{ kg hL}^{-1}$ e média de peso de mil sementes de 31,0 g (RCCSBPTT; RCBPT, 2004). Quanto a classe comercial é classificado com trigo pão. Essa cultivar é recomendada para as regiões 6, 7 e 8 do estado do Paraná (RCBPTT, 2008).

4.4 SEMEADURA E TRATOS CULTURAIS

O sistema de cultivo utilizado foi o “plantio direto na palha”, sendo feijão a cultura antecessora, com a semeadura do trigo realizada no dia 24/06/2008 e a emergência das plantas ocorrida no dia 07/07/2008 para as três cultivares.

De acordo com os resultados da análise de solo realizou-se a adubação de base, através da aplicação de $13,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio (N), $68,75 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 e $68,75 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O (270 kg ha^{-1} de adubo de fórmula comercial 05-25-25) na semeadura e 90 kg ha^{-1} de N (200 kg ha^{-1} de uréia) em cobertura, no início do perfilhamento.

O controle de pragas e doenças no tratamento de sementes consistiu de 35,0 g de thiamethoxam (Cruiser 350 FS) e da mistura pronta de 50 + 50 g de carboxin + tiram (Vitavax-Thiram 200 SC) por 100 kg de sementes.

O controle de doenças foi realizado com a aplicação de $56,25 + 24,00 \text{ g ha}^{-1}$ de trifloxistrobina + ciproconazol (Sphere) no início da alongação do colmo, aos 43 dias após a

emergência das plantas (DAE); e de duas aplicações de 60 + 120 g ha⁻¹ da mistura pronta de trifloxistrobina + tebuconazol (Nativo SC), adicionado de 720 g ha⁻¹ de óleo metilado de soja (Áureo), uma no final da elongação/início do espigamento (65 DAE) e outra no final do florescimento (84 DAE). O controle de pragas foi realizado com uma aplicação de 62,0 g ha⁻¹ de thiamethoxam + lambdacialotrina (Engeo Pleno) aos 22 DAE e uma de 160 g ha⁻¹ de dimetoato (Perfektion) aos 43 DAE. Para o controle das plantas daninhas utilizou-se 750 g ha⁻¹ de glifosato (Zapp QI) na pré-semeadura; em pós-emergência utilizou-se 3,0 g ha⁻¹ de metsulfuron-metílico (Ally) e 24,0 g ha⁻¹ de clodinafop propargil (Topik 240 EC) aos 22 DAE e 4,2 g ha⁻¹ de metsulfuron-metílico (Ally) adicionado de óleo mineral a 0,5% v v⁻¹ (1,0 L ha⁻¹ de Nimbus) aos 43 DAE.

4.5 TRATAMENTOS

Os tratamentos constaram de seis populações de plantas obtidas pela semeadura de 150, 300, 450, 600, 750 e 900 sementes m⁻² de trigo e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl na dose de 100 g ha⁻¹.

4.5.1 Aplicação dos tratamentos

A semeadura foi realizada com uma semeadora de parcelas marca SHP Semeato. Para cada população de plantas foram realizadas três contagens do número de sementes por parcela, observando o volume médio ocupado por essas sementes. Com o volume de sementes conhecido para cada população de plantas, as parcelas foram separadas e identificadas em sacos de papel e utilizadas para a semeadura. Esse processo foi repetido nos três experimentos.

O regulador de crescimento utilizado foi o trinexapac-ethyl, na dose de 100 g ha⁻¹, correspondente a 400 mL ha⁻¹ do produto comercial Moddus. O trinexapac-ethyl foi aplicado no dia 20/08/2008 (44 DAE), com as plantas de trigo entre os estádios 31 e 32 da escala de Zadoks; Chang e Konzak (1974), fase de alongação do colmo, entre o 1^o e o 2^o nó perceptível. Para a pulverização foi utilizado pulverizador costal, à pressão constante de 206,85 kPa, pelo CO₂ comprimido, equipado com barra de 3,0 m de largura e seis bicos com pontas jato plano “leque” XR 110-02, distanciados de 0,50 m. Foi aplicado o volume equivalente a 200 L ha⁻¹ de calda. Na pulverização a temperatura do ar era de 23,6°C, o céu estava limpo (sem nuvens), ventos de 1,0 km h⁻¹ e umidade relativa do ar de 60%.

4.6 AVALIAÇÕES

4.6.1 Número de plantas por metro quadrado

O número de plantas por metro quadrado foi determinado aos nove dias após a emergência das plantas, a partir da média do número de plantas em cinco linhas de um metro.

4.6.2 Características morfológicas na fase de alongação dos colmos

Na fase de alongação dos colmos foi avaliado o número de perfilhos por planta, de folhas por planta, a área foliar por planta e a massa seca da folha e do colmo por planta, através da coleta de dez plantas por parcela localizadas na quarta linha de cada parcela.

A área foliar foi medida através do aparelho integrador óptico de área, marca Lambda-Licor, modelo LI-3000, com precisão de 0,01 cm², disponível no laboratório de Fitotecnia da UEPG. O cálculo da área foliar foi realizado através da soma da área de todas as

folhas verdes presentes na planta de trigo. Para determinação da massa seca, a parte aérea e os colmos foram colocados em estufa de ventilação forçada a uma temperatura média de 65 °C por 48-72 horas.

4.6.3 Características morfológicas na antese

Na antese foi avaliado o número de perfilhos por planta, de folhas por planta, área foliar por planta, massa seca das folhas e dos colmos por planta, através da coleta de dez plantas por parcela localizadas na décima quinta linha da parcela.

A área foliar foi medida através do aparelho integrador óptico de área, disponível no laboratório de Fitotecnia da UEPG. O cálculo da área foliar foi realizado através da soma da área de todas as folhas verdes presentes na planta de trigo. Para determinação da massa seca, a parte aérea, os colmos e as espigas foram colocados em estufa de ventilação forçada a uma temperatura média de 65 °C por 48-72 horas.

4.6.4 Características morfológicas e acamamento na fase de enchimento dos grãos

Na fase de enchimento dos grãos (113 DAE) avaliou-se o comprimento e a largura da folha-bandeira de dez plantas por parcela. O comprimento da folha-bandeira foi determinado na parte central da folha, entre a base e a ponta; a largura da folha-bandeira foi determinada no meio da folha.

A porcentagem de acamamento foi determinada atribuindo 0% (sem acamamento) até 100% (parcela toda acamada). Considerou-se como planta acamada àquela que se encontrava com inclinação igual ou inferior a 45° em relação ao solo.

4.6.5 Diâmetro do colmo, altura das plantas e comprimento do pedúnculo

Para determinação do diâmetro do colmo, altura das plantas e comprimento do pedúnculo coletou-se plantas em 1 m de linha por parcela, retiradas rente ao solo na fase de maturação das plantas. Foram separadas 20 plantas e avaliada a altura média das plantas, medindo as plantas da coroa até a base da espiga; o comprimento do pedúnculo, pela distância do primeiro nó até a base da espiga; e o diâmetro do colmo situado entre a coroa e o último nó da planta, com o auxílio de paquímetro digital marca Digimess.

4.6.6 Componentes da produção e produtividade

Os componentes da produção foram determinados a partir da coleta das plantas de um metro de linha de cada parcela, utilizado para a determinação do diâmetro do colmo. Foram separadas 10 espigas e realizada a contagem no número de espiguetas por espiga e de grãos por espiguetas. O número de espigas m^{-2} foi estimado pela contagem do número de espigas no metro, transformando para m^2 e o número de grãos m^{-2} foi estimado pela multiplicação do número de grãos por espiga pelo de espigas m^{-2} .

A colheita das parcelas foi efetuada dia 12/11/2008 para a cultivar BRS 208 (128 DAE) e dia 14/11/2008 para as cultivares Safira e OR-1 (130 DAE). A produtividade foi determinada, por meio, da massa de grãos de cada parcela, corrigido para 13% de umidade e transformado em quilograma por hectare. Para a colheita determinou-se como área útil as 10 fileiras centrais de cada parcela com 4 m de comprimento.

A massa de mil grãos foi obtida através da contagem e determinação da massa de 500 grãos, obtidos na determinação da produtividade, com posterior correção para 13% de umidade.

4.6.7 Índice de colheita aparente

Para determinação do índice de colheita aparente utilizou-se as plantas coletas para determinação do diâmetro do colmo e dos componentes da produção. Tanto os grãos, como os colmos, folhas e ráquis, foram colocados em estufa de ventilação forçada a uma temperatura média de 65 °C por 48-72 horas. O índice de colheita aparente (IC) foi determinado dividindo a massa de grãos pela produção da fitomassa total acima do solo (massa de grãos + massa seca de colmos, folhas e ráquis), de acordo com a fórmula:

$$\text{IC (\%)} = \frac{\text{produção de grãos (g)}}{\text{produção de fitomassa (g)}} \times 100$$

4.6.8 Peso do hectolitro

Para determinação do peso do hectolitro utilizou-se os grãos obtidos na determinação da produtividade. O peso do hectolitro foi obtido através da balança de peso do hectolitro Dalle Molle, seguindo o método indicado pelo fabricante (BALANÇAS DALLE MOLLE, 19--).

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativas as diferenças entre as médias do uso ou não do redutor de crescimento trinexapac-ethyl foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as diferenças entre as médias de população de plantas por regressão polinomial. As diferenças entre as

médias das cultivares foram comparadas em separado pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As análises foram realizadas através do programa estatístico Sanest – Sistema de Análise Estatística (ZONTA; MACHADO, 1984).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas mínimas e máximas no decorrer do experimento estiveram de acordo com as requeridas pela cultura do trigo para um crescimento adequado da planta. A precipitação pluvial foi de 601,8 mm, bem distribuída desde a emergência até a maturação (Figura 1), quantidade também adequada ao desenvolvimento da cultura, que necessita de 450 a 600 mm de água, dependendo do clima e duração do ciclo (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

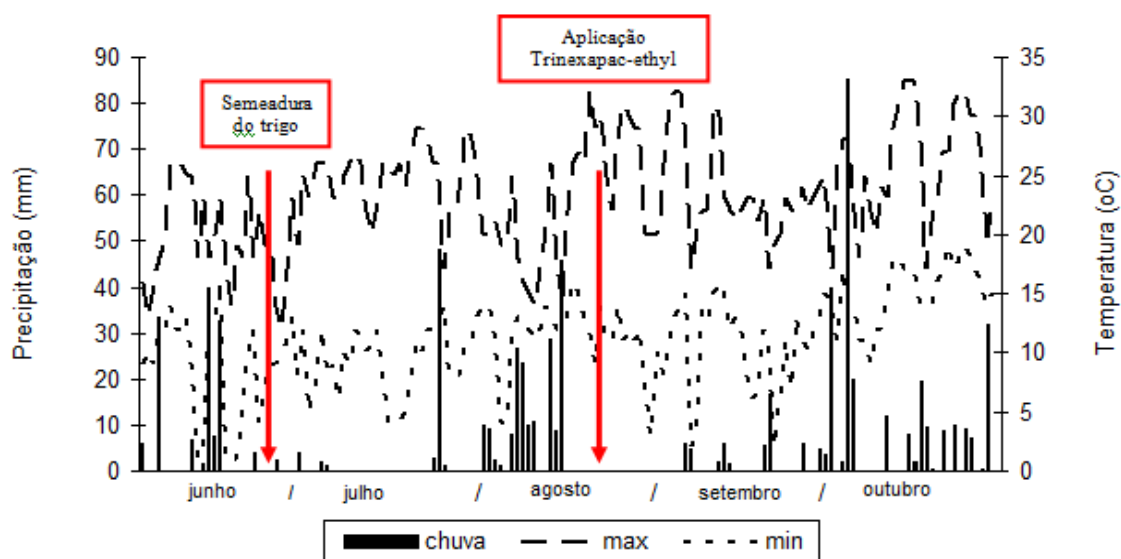


Figura 1 – Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas ocorridas no decorrer do experimento com trigo. Ponta Grossa, PR, 2008. (Fonte: IAPAR/SEAB).

As características avaliadas foram influenciadas pela população de plantas e pelo uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl, com interação entre os fatores e resposta diferencial com a cultivar. A interação com as cultivares, quando ocorreu, envolveu a população de plantas e o uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl, mas somente para os dois últimos fatores essas foram desdobradas.

5.1 NÚMERO DE PLANTAS POR METRO QUADRADO

A distribuição das plantas de trigo por área é uma das práticas que pode potencializar a produção de grãos, sendo ela modificada pela variação da população de plantas e espaçamento entre as linhas. O ajuste correto entre esses fatores pode permitir o maior aproveitamento da radiação incidente (que será transformada em assimilados e posteriormente em grãos), maior competição com plantas daninhas (inter-específica), menor competição entre as plantas de trigo (intra-específica) e melhor aproveitamento da adubação utilizada (MUNDSTOCK, 1999).

O número de plantas por metro quadrado aumentou linearmente, por óbvio, com o aumento no número de sementes m^{-2} , para as três cultivares avaliadas (Figura 2).

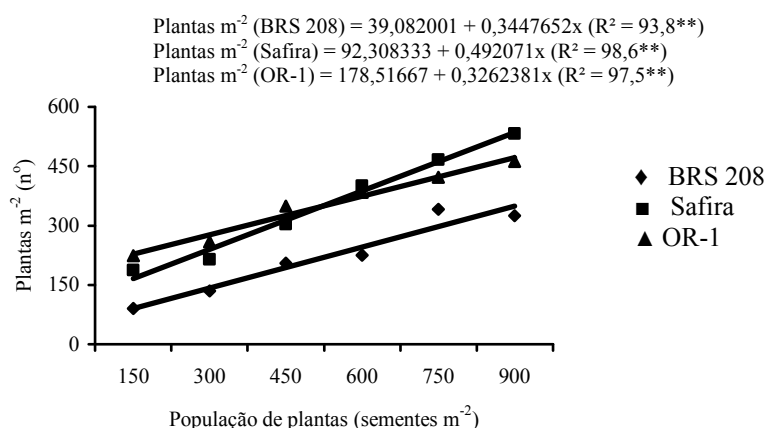


Figura 2 - Número de plantas por metro quadrado (Plantas m^{-2}) de cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. ******significativo a 1% de probabilidade.

Nenhuma das cultivares atingiu número de plantas superior a 600 plantas m^{-2} , embora tenham sido colocadas até 900 sementes m^{-2} . Isso ocorreu provavelmente por problemas de vigor e germinação, entre outros fatores e é um alerta aos produtores que desejam uma determinada população e não a conseguem pelos problemas citados, mesmo utilizando sementes certificadas e tratadas com fungicidas e inseticidas, como no caso do presente trabalho.

A avaliação do número de plantas por metro quadrado foi realizada antes do início do perfilhamento (11 DAE), no estágio 12 da escala de Zadoks; Chang e Konzak (1974) e o regulador de crescimento trinexapac-ethyl foi aplicado no início da elongação do colmo (44 DAE), entre os estádios 31 e 32 da escala de Zadoks; Chang e Konzak (1974), então, o número de plantas por metro quadrado não diferiu nas parcelas em que posteriormente utilizou-se ou não o trinexapac-ethyl para as três cultivares de trigo (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de plantas por metro quadrado (Plantas m⁻²) de cultivares de trigo em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | Plantas m ⁻² (nº) por cultivar | | |
|--------------------------|---|--------|-------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 220 a | 340 a | 348 a |
| Com regulador | 220 a | 361 a | 351 a |
| C.V. (%) | 19,9 | 18,9 | 6,4 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

O número de plantas por m² foi maior para as cultivares Safira e OR-1 (Tabela 3), provavelmente devido à qualidade das sementes. As médias entre as cultivares estiveram de acordo com RCBPTT (2008), que indicam para o Paraná população de 200 a 400 sementes viáveis por m², em função do ciclo, porte das cultivares e, algumas vezes, quanto ao tipo de clima e de solo. Para a cultivar Safira a recomendação é de 250 a 300 plantas m⁻², de modo que aproveite a capacidade de perfilhamento da cultivar e evite o acamamento (SAFIRA..., 2008). Para a cultivar BRS 208 a recomendação é de 300 a 350 sementes aptas m⁻² (CULTIVAR, 2008).

Tabela 3 - Número de plantas por metro quadrado (Plantas m⁻²) de três cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | Plantas m ⁻² (nº) |
|----------|------------------------------|
| BRS 208 | 220 b |
| Safira | 351 a |
| OR-1 | 350 a |
| C.V. (%) | 15,6 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

5.2. NÚMERO DE PERFILHOS POR PLANTA

Devido às plantas de trigo serem em sua maioria idênticas geneticamente, similares fenotipicamente, com tamanho uniforme das sementes e ao fato de que as sementes germinam sincronizadamente, o crescimento normal das plantas de trigo proporciona uma competição intra-específica intensa (SATORRE, 1999). A falta ou excesso de plantas pode comprometer negativamente a produtividade. No entanto, o trigo é uma espécie capaz de produzir perfilhos com espigas férteis, o que confere à cultura capacidade de compensar os espaços vazios deixados entre uma planta e outra (MUNDSTOCK, 1999).

O número de perfilhos por planta na fase de alongação do colmo (Figura 3) mostrou resposta linear para a cultivar Safira, ou seja, com o aumento da população de plantas ocorreu uma redução linear do número de perfilhos por planta. Para as cultivares BRS 208 e OR-1 a resposta foi quadrática, também com redução no número de perfilhos por planta com o aumento da população de plantas, porém tendendo a estabilizar a partir de 600 plantas m^{-2} . Zagonel et al. (2002b) ao avaliarem populações de 323, 441 e 658 plantas m^{-2} na cultivar de trigo OR-1, observaram que o aumento na população de plantas resultou na emergência de um menor número de perfilhos. Evers et al. (2006) também observaram que o número de perfilhos foi menor em altas populações de plantas, com mais perfilhos sendo produzidos pelas plantas em condições de plena luminosidade do que em plantas sombreadas.

De maneira geral, em condições de altas populações de plantas o perfilhamento parece cessar antes no desenvolvimento de plantas, devido à severa redução da intensidade de radiação fotossinteticamente ativa nas camadas mais baixas dentro do dossel das plantas. Outro mecanismo que pode estar envolvido seria a baixa taxa de radiação vermelha na base de cada planta (ALMEIDA; MUNDSTOCK, 2001; EVERS et al., 2006).

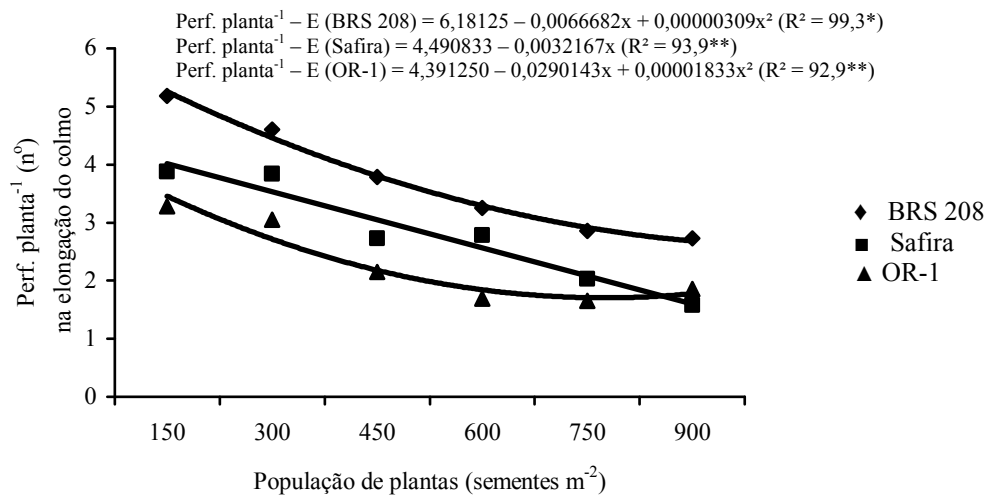


Figura 3 - Número de perfilhos por planta (Perf. planta⁻¹) de três cultivares de trigo, na fase de elongação do colmo (E), em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. *significativo a 5% e **significativo a 1% de probabilidade.

A emissão, o desenvolvimento e a sobrevivência dos perfilhos são importantes, pois essas estruturas fazem parte dos componentes de produção e são também supridoras de assimilados ao colmo principal (MEROTTO JUNIOR, 1995). Após a avaliação do número de perfilhos por planta na fase de elongação do colmo, essa mesma avaliação no período da antese (Tabela 4) nos dá uma idéia da sobrevivência dos perfilhos.

Para a cultivar BRS 208, o número de perfilhos por planta na antese mostrou resposta quadrática, com redução do número de perfilhos por planta com o aumento da população de plantas, porém tendendo a estabilizar a partir de 600 plantas m⁻² (Tabela 4).

Para a cultivar Safira ocorreu interação entre a população de plantas e o trinexapac-ethyl para o número de perfilhos por planta na antese (Tabela 4). Tanto com ou sem a utilização do trinexapac-ethyl, a resposta desse componente foi linear, ou seja, o número de perfilhos por planta diminuiu linearmente com o aumento da população de plantas. Na população de 150 sementes m⁻², o número de perfilhos por planta foi maior com o uso do trinexapac-ethyl e para as demais populações não ocorreu diferença significativa. Isso mostra que para baixas populações o uso do trinexapac-ethyl promove aumento da sobrevivência dos

perfilhos, o que é vantajoso, visto que população de 150 plantas m^{-2} é muito baixa para cultura do trigo e a produção, nesse caso, é extremamente dependente dos perfilhos. Na cultivar OR-1 não foram realizadas as avaliações na fase de antese.

Tabela 4 – Número de perfilhos por planta (Perf. planta⁻¹) na antese (A), de cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas e do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, PR, 2008.

| População de plantas (n° sementes m^{-2}) | Perf. planta ⁻¹ – A (n°) por cultivar | | | |
|---|--|---------------|---------------|------|
| | BRS 208 | Safira | | OR-1 |
| | | Sem regulador | Com regulador | |
| 150 | 2,60 | 2,03 B | 3,30 A | --- |
| 300 | 1,88 | 2,23 A | 2,63 A | --- |
| 450 | 1,88 | 2,68 A | 1,93 A | --- |
| 600 | 1,03 | 1,23 A | 2,00 A | --- |
| 750 | 1,05 | 1,30 A | 1,30 A | --- |
| 900 | 0,89 | 0,83 A | 1,25 A | --- |
| Equação | Q* | L** | L** | --- |
| R ² (%) | 93,0 | 60,2 | 91,9 | --- |
| C.V. (%) | --- | 28,6 | | --- |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); L = linear; Q = quadrática; * = significativo a 5% e ** = significativo a 1% de probabilidade; C.V.= coeficiente de variação; Perf. planta⁻¹ – A (BRS 208) = $3,22625 - 0,0046914x + 0,00000231x^2$; Perf. planta⁻¹ – A (Safira - Sem regulador) = $2,7350 - 0,0019476x$; Perf. planta⁻¹ – A (Safira - Com regulador) = $3,481667 - 0,0026952x$.

Para as três cultivares não houve reposta do número de perfilhos na elongação do colmo em resposta a aplicação ou não do trinexapac-ethyl (Tabela 5), resultados que corroboram com os de outros autores (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002a; AMABILLE et al., 2004), uma vez que a emissão de perfilhos ocorre antes da aplicação do trinexapac-ethyl e também pela proximidade da avaliação em relação a aplicação do regulador de crescimento.

O número de perfilhos por planta na antese, para a cultivar BRS 208, não mostrou diferença significativa pelo uso do trinexapac-ethyl (Tabela 5). Rajala e Peltonen-Sainio (2001) observaram que o número de perfilhos em plantas de trigo foi maior com a aplicação precoce de trinexapac-ethyl (planta com três folhas, antes do início da elongação dos colmos) quando comparada a testemunha sem aplicação. Entretanto, esse resultado foi obtido em casa-

de-vegetação e quando o experimento foi conduzido a campo não foram observados efeitos do trinexapac-ethyl no perfilhamento das plantas.

Beasley; Branham e Ortiz-Ribbing (2005), ao estudarem o efeito do trinexapac-ethyl na poácea *Poa pratensis* (“Kentucky Bluegrass”), em sistema de hidroponia, observaram que o trinexapac-ethyl promoveu aumento do número de perfilhos a partir de 21 dias de sua aplicação. Além disso, promoveu redução do comprimento total das raízes por perfilho e da área de superfície das raízes por perfilho. Os autores justificam que as diferenças na arquitetura das raízes e do perfilhamento podem ser resultado da alteração das taxas de troca de carbono e/ou da divisão de fotoassimilados; e que os resultados não representam estudos a campo, visto que foram conduzidos em sistema de hidroponia. O resultado desses autores corrobora com os resultados obtidos no presente trabalho, na fase de alongação do colmo, onde o trinexapac-ethyl não influenciou o número de perfilhos por planta devido à proximidade entre a aplicação do regulador e a avaliação. Porém, na avaliação na fase da antese esses resultados puderam ser percebidos na cultivar Safira (Tabela 4). O número de perfilhos na alongação foi maior do que o observado na antese (Tabela 6) especialmente para a cultivar BRS 208 que mostrou taxa de sobrevivência menor que 50%, resultado da capacidade do trigo em se adaptar às condições do meio, eliminando perfilhos.

Tabela 5 – Número de perfilhos por planta (Perf. planta⁻¹) na fase de alongação do colmo (E) e na antese (A), em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | Perf. pl ⁻¹ – E (n ^o) por cultivar | | |
|--------------------------|---|--------|--------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 3,62 a | 2,70 a | 2,23 a |
| Com regulador | 3,85 a | 2,90 a | 2,33 a |
| C.V. (%) | 15,7 | 26,9 | 27,0 |
| Regulador de crescimento | Perf. planta ⁻¹ – A (n ^o) por cultivar | | |
| | BRS 208 | OR-1 | |
| Sem regulador | 1,55 a | --- | |
| Com regulador | 1,55 a | --- | |
| C.V. (%) | 25,4 | --- | |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

O número de perfilhos por planta (Tabela 6) diferiu entre as cultivares. Na fase de alongação das plantas, a cultivar BRS 208 apresentou maior número de perfilhos por planta, seguida das cultivares Safira e OR-1. A cultivar Safira apresentou maior número de perfilhos na antese quando comparada a cultivar BRS 208, diferença essa explicada pela capacidade de emitir e eliminar perfilhos de cada cultivar. Isso mostra que o número de perfilhos por planta também está relacionado ao genótipo de trigo, fazendo com que não haja clareza nos critérios para a escolha da densidade de semeadura mais adequada (VALÉRIO et al., 2008).

Tabela 6 - Número de perfilhos por planta (Perf. planta⁻¹), na fase de alongação do colmo (E) e na antese (A), de cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | Perf. planta ⁻¹ – E (n ^o) | Perf. planta ⁻¹ – A (n ^o) |
|----------|--|--|
| BRS 208 | 3,73 a | 1,54 b |
| Safira | 2,80 b | 1,88 a |
| OR-1 | 2,28 c | --- |
| C.V. (%) | 22,4 | 27,6 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

5.3 NÚMERO DE FOLHAS VERDES POR PLANTA

Na fase de alongação do colmo o número de folhas verdes por planta diminuiu linearmente com o aumento da população de plantas na cultivar Safira e mostrou resposta quadrática para a cultivar OR-1, também com tendência a reduzir o número de folhas verdes com o aumento da população de plantas, sendo a redução menos acentuada a partir de 600 plantas m⁻² (Figura 4a). Na cultivar BRS 208 não foi avaliado o número de folhas verdes por planta na alongação da planta.

Na antese, o número de folhas verdes por planta diminuiu com o aumento da população de plantas nas cultivares BRS 208 e Safira, sendo quadrática essa resposta para BRS 208 e linear para a Safira (Figura 4b). Na cultivar OR-1 não foi avaliado o número de folhas verdes por planta na antese.

A diminuição do número de folhas verdes com o aumento da população deve-se provavelmente à competição entre as plantas. Competição se refere ao processo pelo qual as plantas compartilham recursos, como nutrientes, água e luz, que são insuficientemente supridos pelo requerimento do conjunto. A competição causa redução na sobrevivência, crescimento da matéria seca e produção de grãos de cada planta de trigo (SATORRE, 1999). Na cultura do trigo, além da população de plantas, o genótipo e o ambiente também afetam a taxa de surgimento das folhas e o número final de folhas verdes no colmo principal (SLAFER; CONNOR; HALLORAN, 1994). A redução do número de folhas verdes por planta com o aumento da população foi observada nas duas avaliações (Figura 4). Esses resultados podem ser justificados pela emissão e sobrevivência das folhas ser menor com o aumento da população de plantas, tanto na fase de alongação dos colmos como na antese.

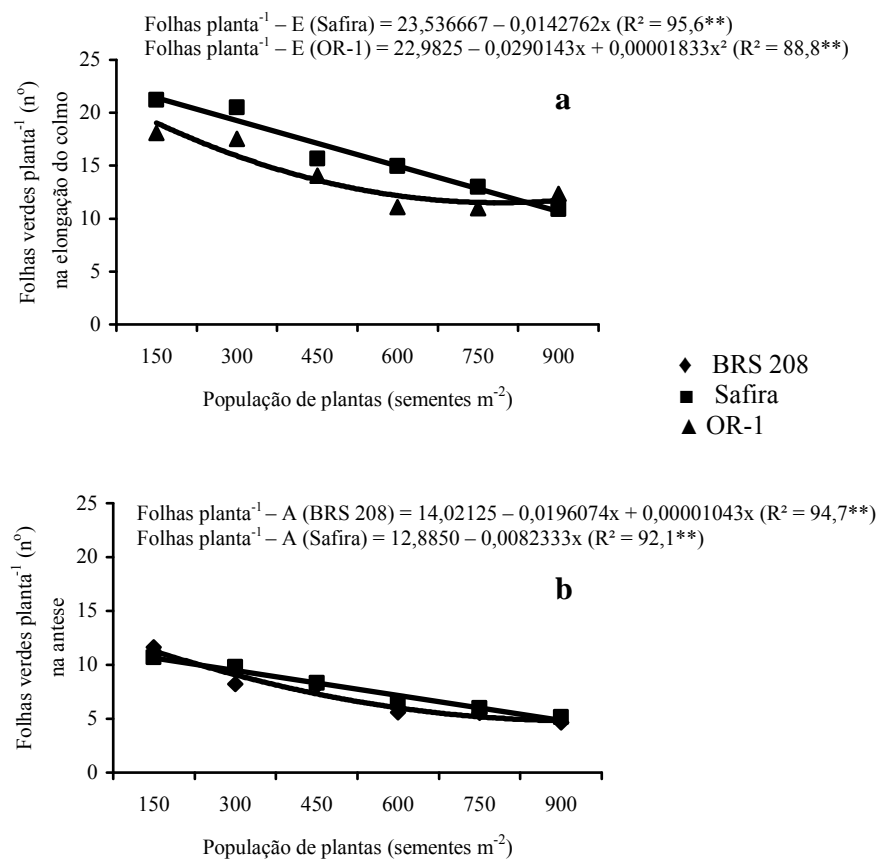


Figura 4 - Número de folhas verdes por planta (Folhas planta⁻¹) na alongação do colmo (a) e na antese (b) de cultivares de trigo, em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. **significativo a 1% de probabilidade.

A aplicação do trinexapac-ethyl não afetou o número de folhas verdes por planta na alongação do colmo nas cultivares avaliadas (Tabela 7), em razão da avaliação desses componentes ter sido realizada também na fase de alongação do colmo, quando o efeito do regulador de crescimento ainda era pouco pronunciado.

O trinexapac-ethyl promoveu aumento do número de folhas verdes por planta da cultivar Safira na fase de antese, o que não ocorreu com a cultivar BRS 208 (Tabela 7).

Tabela 7 – Número de folhas verdes por planta (Folhas planta⁻¹) de cultivares de trigo, na fase de alongação do colmo (E) e na antese (A), em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | Folhas pl ⁻¹ – E (n°) por cultivar | | | |
|--------------------------|---|---------|--------|-----|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 | |
| Sem regulador | --- | 15,71 a | 13,7 a | |
| Com regulador | --- | 16,38 a | 14,3 a | |
| C.V. (%) | --- | 17,8 | 20,7 | |
| Regulador de crescimento | Folhas planta ⁻¹ – A (n°) | | | |
| | Sem regulador | 7,29 a | 6,77 b | --- |
| | Com regulador | 7,28 a | 8,56 a | --- |
| | C.V. (%) | 19,9 | 17,7 | --- |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

De acordo com Slafer; Connor e Halloran (1994) fotoperíodo e cultivar exercem efeitos altamente significantes no número de folhas no colmo principal. A cultivar Safira apresentou maior número de folhas verdes por planta na alongação das plantas que a cultivar OR-1. Na antese, o número de folhas verdes por planta não diferiu entre as cultivares BRS 208 e Safira (Tabela 8). Esses resultados mostram que o número de folhas é uma característica genética da cultivar e as respostas a fatores de manejo variam com o material utilizado.

Tabela 8 - Número de folhas verdes por planta (Folhas planta⁻¹), na fase de alongação do colmo (E) e na antese (A), de cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | Folhas planta ⁻¹ – E (n°) | Folhas planta ⁻¹ – A (n°) |
|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| BRS 208 | --- | 7,27 a |
| Safira | 16,0 a | 7,66 a |
| OR-1 | 14,0 b | --- |
| C.V. (%) | 19,9 | 18,6 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

5.4 COMPRIMENTO E LARGURA DA FOLHA-BANDEIRA

O comprimento da folha-bandeira não mostrou resposta significativa ao aumento da população de plantas para a cultivar Safira. Para a cultivar OR-1 o aumento da população de plantas promoveu aumento linear no comprimento da folha-bandeira (Tabela 9). Os maiores comprimentos da folha-bandeira em população de plantas mais elevada podem ser atribuídos a competição por luz, que promove o aumento da altura das plantas (Tabela 16) e provavelmente do comprimento das folhas. De acordo com Guimarães; Fageria e Barbosa Filho (2002) na cultura do arroz o comprimento da folha é mais variável que a largura, e está associado com o ângulo da folha; quanto mais compridas forem as folhas, mais decumbentes elas são, então folhas curtas e estreitas estão associadas a folhas eretas. Folhas estreitas e curtas podem ser mais regularmente distribuídas do que folhas largas e compridas, onde a melhor distribuição das folhas aumenta a interceptação da radiação solar.

Tabela 9 – Comprimento da folha-bandeira (Comp. FB), na fase de enchimento do grão, de três cultivares de trigo, em função de diferentes populações de plantas. Ponta Grossa, PR, 2008.

| População de plantas (n° sementes m ⁻²) | Comp. FB (cm) por cultivar | | | |
|--|----------------------------|---------------|--------|-------|
| | BRS 208 | | Safira | OR-1 |
| | Sem regulador | Com regulador | | |
| 150 | 18,58 A | 16,08 B | 15,73 | 15,15 |
| 300 | 20,75 A | 16,03 B | 16,41 | 15,89 |
| 450 | 20,80 A | 17,36 B | 17,29 | 16,90 |
| 600 | 21,27 A | 16,20 B | 16,54 | 16,77 |
| 750 | 20,41 A | 15,71 B | 17,65 | 16,47 |
| 900 | 22,18 A | 16,01 B | 16,52 | 17,65 |
| Equação | L** | NS | NS | L** |
| R ² (%) | 61,3 | | --- | 75,9 |
| C.V. (%) | | 6,2 | --- | --- |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); NS = não significativo; * = significativo a 5% e ** = significativo a 1% de probabilidade; L = linear; Comp. FB (BRS 208 - sem regulador) = 18,919 + 0,003321x; Comp. FB (OR-1) = 15,065083 + 0,00268x.

Para a cultivar BRS 208, o comprimento da folha-bandeira não foi alterado quando o trinexapac-ethyl foi utilizado, porém, sem o regulador a resposta observada foi linear, no qual o aumento da população de plantas promoveu aumento no comprimento da folha-bandeira

(Tabela 9). Nessa cultivar, o uso do regulador de crescimento promoveu uma redução do comprimento da folha-bandeira e também da altura das plantas (Tabela 16), fatores que modificam a arquitetura das plantas, deixando as plantas com menor porte e com as folhas mais eretas. Esses fatores podem auxiliar na interceptação da radiação solar sem que ocorra competição intra-específica, podendo resultar em aumento de produtividade, como foi observado por vários autores (BERTI, 2006; PENCKOWSKI, 2006; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

O uso do trinexapac-ethyl promoveu redução do comprimento da folha-bandeira nas cultivares Safira e OR-1 (Tabela 10 e Apêndice 1), e na cultivar BRS 208 (Tabela 9), independente da população de plantas. Tomlin (2000), citado por Hiemstra e Kok (2003), também observou que o uso do trinexapac-ethyl reduziu o tamanho de folhas e de colmos, porém são raros os relatos na literatura que justificam a redução no comprimento da folha com o uso desse regulador, visto que o mesmo é conhecido pela redução na altura das plantas. McCann e Huang (2007) ao estudarem o efeito do trinexapac-ethyl em plantas de *Agrostis stolonifera* L. (“Creeping Bentgrass”), submetidas a estresse de seca e calor, observaram que o teor de clorofila nas plantas é significativamente maior até 10 dias após a aplicação do regulador, em situações de estresse ou não. Os mecanismos que o trinexapac-ethyl regula a tolerância ao estresse ainda não são bem conhecidos, entretanto, segundo os autores esses resultados indicam que a aplicação de trinexapac-ethyl melhora a capacidade fotossintética do dossel e a eficiência fotossintética de uma única folha. Assim, as melhorias positivas que ocorreram em algumas características pelo uso do trinexapac-ethyl devem ser atribuídas à melhoria da eficiência fotossintética das folhas.

A largura da folha-bandeira respondeu de forma diferencial ao aumento da população de plantas nas cultivares avaliadas (Figura 5). Para a cultivar BRS 208 aumento da população de plantas não afetou a largura da folha-bandeira. Para a cultivar OR-1 a resposta foi um

aumento linear da largura, e para a cultivar Safira a resposta foi quadrática, com maior largura na população de 480 sementes m⁻². Devido à competição intra-específica que ocorre nas mais altas populações de plantas, a largura da folha-bandeira pode ser maior na busca de um aumento da superfície fotossinteticamente ativa. Os resultados mostram que essa resposta do tamanho da folha varia com a cultivar, sendo BRS 208 a mais responsiva em comprimento e OR-1 em largura da folha-bandeira (Tabela 11). Esse resultado indica que tanto comprimento como largura da folha-bandeira são características de cada cultivar, porém podem ser alteradas devido às condições climáticas ou técnicas de manejo empregadas, como no caso a variação da população de plantas e o uso de regulador de crescimento.

Tabela 10 – Comprimento da folha-bandeira (Comp. FB) e da largura da folha-bandeira (Larg. FB) de cultivares de trigo, na fase de enchimento do grão, em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | Comp. FB (cm) por cultivar | | |
|--------------------------|----------------------------|---------|--|
| | Safira | OR-1 | |
| Sem regulador | 19,37 a | 18,31 a | |
| Com regulador | 14,01 b | 14,64 b | |
| C.V. (%) | 9,3 | 9,9 | |

| | Larg. FB (cm) por cultivar | | |
|---------------|----------------------------|--------|--------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 1,45 b | 1,18 a | 1,65 a |
| Com regulador | 1,56 a | 1,19 a | 1,63 a |
| C.V. (%) | 4,9 | 4,0 | 5,2 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

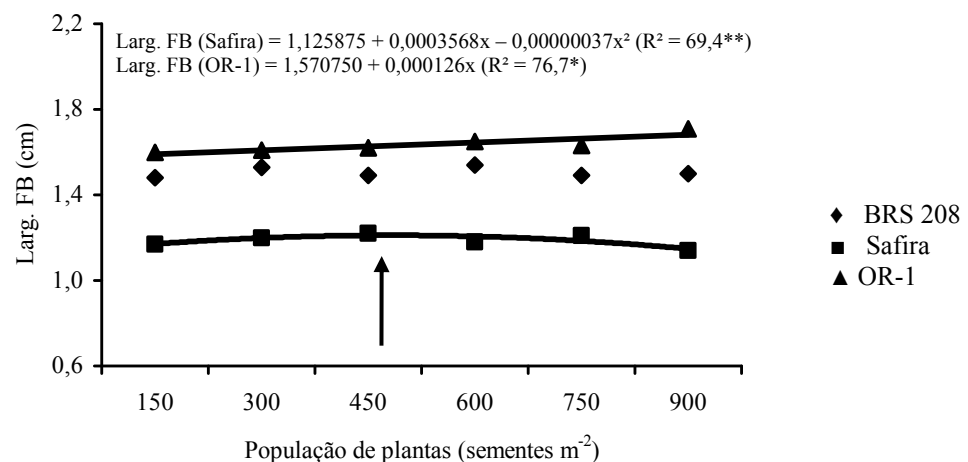


Figura 5 - Largura da folha-bandeira (Larg. FB) de três cultivares de trigo, na fase de enchimento do grão, em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. † Ponto de máxima; *significativo a 5% e **significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 11 - Comprimento (Comp. FB) e largura da folha-bandeira (Larg. FB), na fase de enchimento do grão, de três cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | Comp. FB (cm) | Larg. FB (cm) |
|----------|---------------|---------------|
| BRS 208 | 18,45 a | 1,50 b |
| Safira | 16,69 b | 1,18 c |
| OR-1 | 16,47 b | 1,64 a |
| C.V. (%) | 8,4 | 5,2 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

5.5 ÁREA FOLIAR POR PLANTA

Com o aumento da população de plantas ocorreu uma redução linear da área foliar por planta, na fase de alongação do colmo, das cultivares BRS 208, Safira e OR-1 (Figura 6a), como ocorreu, de maneira geral, para o número de folhas verdes por planta (Figura 4). Este comportamento também pode ser atribuído à competição entre plantas que causa redução do crescimento da matéria seca e produção de grãos de cada planta de trigo (SATORRE, 1999). A área foliar por planta na antese diminuiu linearmente com o aumento da população de plantas para as cultivares BRS 208 e Safira (Figura 6b), resultado semelhante ao observado para a área foliar por planta na fase de alongação do colmo (Figura 6a), isto pode ser atribuído a competição intra-específica por luz e nutrientes. Na cultivar OR-1 não foi avaliada a área foliar por planta na antese.

$$AF \text{ planta}^{-1} - E (\text{BRS 208}) = 230,547834 - 0,093599x \quad (R^2 = 87,8^{**})$$

$$AF \text{ planta}^{-1} - E (\text{Safira}) = 201,938918 - 0,1036388x \quad (R^2 = 95,3^{**})$$

$$AF \text{ planta}^{-1} - E (\text{OR-1}) = 168,757748 - 0,0771909x \quad (R^2 = 66,5^{**})$$

$$AF \text{ planta}^{-1} - A (\text{BRS 208}) = 155,563084 - 0,1177019x \quad (R^2 = 90,3^{**})$$

$$AF \text{ planta}^{-1} - A (\text{Safira}) = 118,344250 - 0,0837462x \quad (R^2 = 93,3^{**})$$

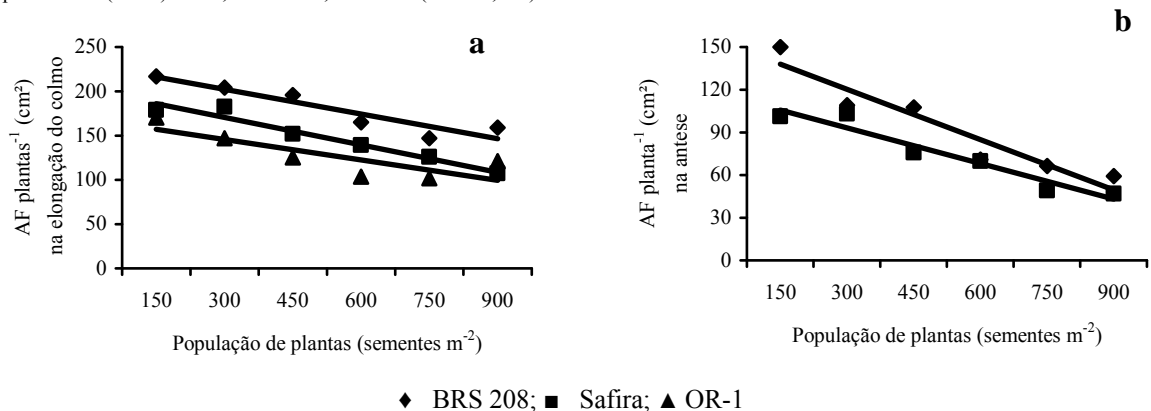


Figura 6 – Área foliar por planta ($AF \text{ planta}^{-1}$) de cultivares de trigo, na fase de alongação do colmo (a) e na antese (b), em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. **significativo a 1% de probabilidade.

A área foliar por planta na fase de alongação do colmo não foi influenciada com a aplicação do trinexapac-ethyl nas três cultivares estudadas (Tabela 12). Resultado semelhante foi observado por Duda (2007), que avaliou o efeito de programas de fungicidas e diferentes doses de trinexapac-ethyl em quatro cultivares de trigo e verificou que o aumento da dose de trinexapac-ethyl não interferiu na área foliar das cultivares Avante e CEP-24. Linzmeyer Júnior et al. (2008) ao avaliarem o uso do trinexapac-ethyl na cultura da soja também observaram que doses crescentes do regulador de crescimento não alteram a área foliar das plantas.

Na antese, a área foliar por planta da cultivar BRS 208 não foi influenciada pelo uso do trinexapac-ethyl (Tabela 12), assim como observado na fase de alongação do colmo. Entretanto, para a cultivar Safira a área foliar das plantas foi maior com a utilização do trinexapac-ethyl, provavelmente pelo maior número de folhas verdes por planta (Tabela 7) promovidos pelo uso do regulador de crescimento. Esses resultados mostram que o trinexapac-ethyl exerce influência na área foliar, contudo de maneira indireta, pelos efeitos no número, comprimento e largura das folhas, e com intensidade variável com a cultivar.

Tabela 12 – Área foliar por planta ($AF\ planta^{-1}$) de três cultivares de trigo, na fase de alongação do colmo (E) e na antese (A), em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | AF planta ⁻¹ – E (cm ²) por cultivar | | |
|--------------------------|---|----------|----------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 180,85 a | 148,45 a | 126,69 a |
| Com regulador | 181,97 a | 146,60 a | 129,77 a |
| C.V. (%) | 16,5 | 18,0 | 24,7 |
| Regulador de crescimento | AF planta ⁻¹ – A (cm ²) por cultivar | | |
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 89,61 a | 61,69 b | --- |
| Com regulador | 97,93 a | 87,06 a | --- |
| C.V. (%) | 30,8 | 23,5 | --- |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

Na média das seis populações de plantas e do uso ou não do trinexapac-ethyl, a área foliar por planta na alongação do colmo foi maior nas cultivares BRS 208, Safira e OR-1, respectivamente (Tabela 13).

Hamada; Pinto e Zullo Júnior (2003) ao avaliarem o desenvolvimento agrônômico da cultura do trigo, observaram que o crescimento da área foliar por planta ocorre até a fase de emborrachamento, onde atinge o valor máximo, e após esse período ocorre um decréscimo até a maturação e colheita. Portanto, houve variação da área foliar com a cultivar, sendo a área foliar obtida na fase de antese de $93,77 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ para a BRS 208, foi superior ao observado para a cultivar Safira, de $74,38 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ (Tabela 13).

Tabela 13 - Área foliar (AF planta^{-1}) na fase de alongação das plantas (E) e na antese (A), de três cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | AF planta^{-1} – E (cm^2) | AF planta^{-1} – A (cm^2) |
|----------|---|---|
| BRS 208 | 181,43 a | 93,77 a |
| Safira | 147,53 b | 74,38 b |
| OR-1 | 128,23 c | --- |
| C.V. (%) | 20,2 | 28,0 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

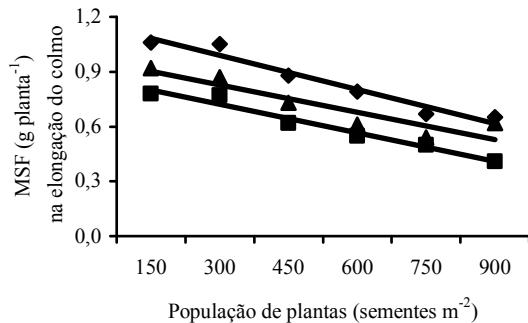
5.6 MASSA SECA DAS FOLHAS E DOS COLMOS

A massa seca das folhas e dos colmos por planta, na fase de alongação, diminuiu linearmente com o aumento da população de plantas nas três cultivares (Figura 7a e 7b). As plantas de trigo possuem a habilidade de compensar a baixa população de plantas com a produção de mais perfilhos (SATORRE, 1999), como ocorreu no presente trabalho (Figura 3). Em altas populações, a competição intra-específica reduziu o número de perfilhos (Figura 3) e de folhas verdes por planta (Figura 4), resultando em menor área foliar (Figura 6) e consequentemente menor massa seca das folhas. A massa seca dos colmos também diminuiu com o aumento da população de plantas, mas com menor intensidade em relação à massa das folhas, também em resposta ao menor número de perfilhos.

Na antese, a massa seca das folhas e dos colmos por plantas também diminuiu linearmente com o aumento da população de plantas para a cultivar Safira. Para a cultivar BRS 208 a resposta foi quadrática, com redução menos acentuada nesses componentes a

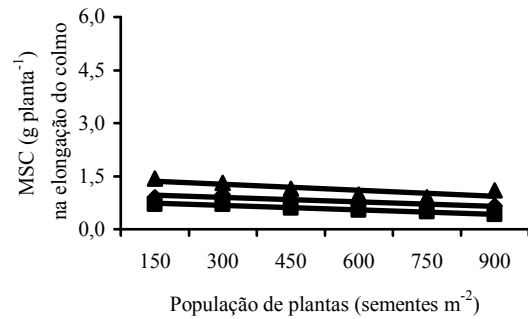
partir de 600 sementes m^{-2} (Figura 7c e 7d). Nesta fase, a planta atinge o máximo de massa seca e há uma estabilidade no número de folhas, perfilhos e área foliar. Assim, a menor massa seca (folhas e colmos) verificada nas maiores populações deve ser atribuída à redução da área foliar causada pela competição entre as plantas. Na cultivar OR-1 não foi avaliada a massa seca das folhas e dos colmos na fase da antese.

$$\begin{aligned} \text{MSF} - \text{E (BRS 208)} &= 1,1795 - 0,0006276x \quad (R^2 = 95,4^{**}) \\ \text{MSF} - \text{E (Safira)} &= 0,877167 - 0,0005188x \quad (R^2 = 96,4^{**}) \\ \text{MSF} - \text{E (OR-1)} &= 0,978917 - 0,0005043x \quad (R^2 = 83,2^{**}) \end{aligned}$$



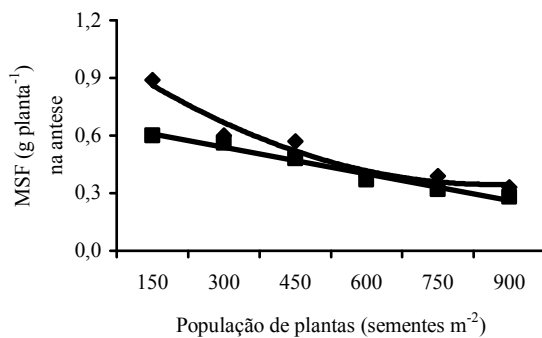
a

$$\begin{aligned} \text{MSC} - \text{E (BRS 208)} &= 1,021833 - 0,0004126x \quad (R^2 = 86,3^{**}) \\ \text{MSC} - \text{E (Safira)} &= 0,793333 - 0,0004083x \quad (R^2 = 97,2^{**}) \\ \text{MSC} - \text{E (OR-1)} &= 1,446917 - 0,0005731x \quad (R^2 = 66,5^{**}) \end{aligned}$$



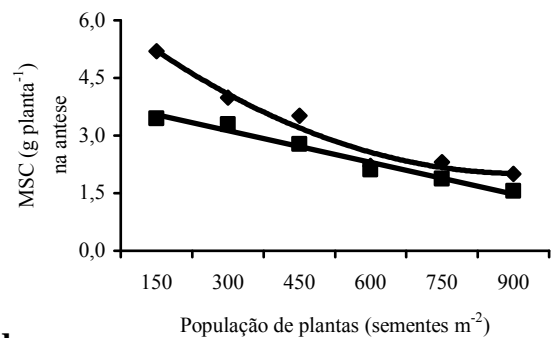
b

$$\begin{aligned} \text{MSF} - \text{A (BRS 208)} &= 1,103375 - 0,0017548x + 0,00000101x^2 \quad (R^2 = 95,7^{**}) \\ \text{MSF} - \text{A (Safira)} &= 0,676583 - 0,000461x \quad (R^2 = 97,6^{**}) \end{aligned}$$



c

$$\begin{aligned} \text{MSC} - \text{A (BRS 208)} &= 6,576125 - 0,0099398x + 0,00000542x^2 \quad (R^2 = 96,8^{**}) \\ \text{MSC} - \text{A (Safira)} &= 3,952333 - 0,0027469x \quad (R^2 = 97,4^{**}) \end{aligned}$$



d

◆ BRS 208; ■ Safira; ▲ OR-1

Figura 7 - Massa seca das folhas (MSF) (a e c) e dos colmos (MSC) (b e d) de cultivares de trigo, na fase de alongamento do colmo (E) e na antese (A), em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. *significativo a 5% e **significativo a 1% de probabilidade.

Na fase de alongamento do colmo, a massa seca tanto das folhas como dos colmos não foi influenciada pelo uso do trinexapac-ethyl (Tabela 14). Zagonel; Venâncio e Kunz, (2002a)

também não observaram diferenças na massa seca das plantas com relação ao uso ou não do trinexapac-ethyl, mesmo com redução substancial da altura das plantas, indicando ser uma característica que varia com a cultivar e também com as condições climáticas, densidade de semeadura entre outros.

Na antese, a massa seca dos colmos também não foi influenciada pelo regulador de crescimento. A massa seca das folhas na cultivar Safira foi maior com o uso do regulador, mas não foi afetada na cultivar BRS 208 (Tabela 14). O resultado da produção de massa seca com a utilização de regulador de crescimento é variável com as condições climáticas vigentes, com as técnicas de manejo e a cultivar utilizada. Rajala e Peltonen-Sainio (2001) observaram redução de 27% da biomassa de trigo com a aplicação precoce de trinexapac-ethyl em trigo. Zagonel; Venâncio e Kunz (2002a) e Berti (2006) observaram redução da massa seca das plantas com a utilização do trinexapac-ethyl, devido à redução na altura das plantas. No presente trabalho, embora tenha ocorrido diminuição da altura de plantas (Tabela 16), essa se refletiu em menor massa seca, apenas nas folhas para a cultivar Safira.

Tabela 14 – Massa seca das folhas (MSF) e massa seca dos colmos (MSC) de três cultivares de trigo, na fase de alongação do colmo (E) e na antese das plantas (A), em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | MSF – E (g planta ⁻¹) por cultivar | | |
|--------------------------|--|--------|--------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 0,85 a | 0,59 a | 0,68 a |
| Com regulador | 0,85 a | 0,62 a | 0,75 a |
| C.V. (%) | 17,4 | 19,3 | 24,2 |
| Regulador de crescimento | MSC – E (g planta ⁻¹) por cultivar | | |
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 0,82 a | 0,58 a | 1,17 a |
| Com regulador | 0,80 a | 0,58 a | 1,13 a |
| C.V. (%) | 19,9 | 20,4 | 26,2 |
| Regulador de crescimento | MSF – A (g planta ⁻¹) por cultivar | | |
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 0,53 a | 0,40 b | --- |
| Com regulador | 0,53 a | 0,47 a | --- |
| C.V. (%) | 23,4 | 22,5 | --- |
| Regulador de crescimento | MSC – A (g planta ⁻¹) por cultivar | | |
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 3,28 a | 2,38 a | --- |
| Com regulador | 3,14 a | 2,64 a | --- |
| C.V. (%) | 19,2 | 23,9 | --- |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

A cultivar BRS 208 apresentou maiores valores de massa seca das folhas, na fase de alongação do colmo, seguida das cultivares OR-1 e Safira. Para a massa seca dos colmos, a cultivar OR-1 apresentou os valores mais altos, seguida das cultivares BRS 208 e Safira (Tabela 15).

Os maiores valores de massa seca das folhas e dos colmos na antese foram observados na cultivar BRS 208 em relação à Safira (Tabela 15). Segundo Moreira et al. (2005) as maiores produções de fitomassa seca são observadas para os genótipos com alta eficiência de uso da radiação solar. No entanto, nem sempre a produção de massa seca corresponde à maior produtividade, que está relacionada ao índice de colheita. Portanto, aspectos relacionados à arquitetura da planta, espaçamento entre plantas, disposição das linhas de semeadura e outros, que visam aumentar a absorção da radiação incidente, devem considerar também a eficiência com que essa radiação absorvida é convertida em fotoassimilados e direcionada para a produção de grãos.

Tabela 15 - Massa seca das folhas (MSF) e da massa seca dos colmos (MSC), na fase de alongação do colmo (E) e na antese das plantas (A), de três cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | MSF – E (g planta ⁻¹) | MSC – E (g planta ⁻¹) | MSF – A (g planta ⁻¹) | MSC – A (g planta ⁻¹) |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| BRS 208 | 0,85 a | 0,81 b | 0,53 a | 3,21 a |
| Safira | 0,61 c | 0,58 c | 0,44 b | 2,51 b |
| OR-1 | 0,71 b | 1,15 a | --- | --- |
| C.V. (%) | 21,0 | 26,2 | 23,0 | 21,3 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

5.7 ALTURA DAS PLANTAS E COMPRIMENTO DO PEDÚNCULO

A baixa altura da planta é uma das características mais importantes no cultivo do trigo, principalmente por estar associada, na maioria das vezes, a uma maior resistência ao acamamento quando comparada às variedades de porte alto (SALOMON, 2001).

Com o aumento na população de plantas, a altura média das plantas aumentou linearmente para a cultivar BRS 208 (Tabela 16). Resultado semelhante foi obtido por Trindade et al. (2006), que avaliaram cinco cultivares e densidades de 270, 300 e 350 sementes m^{-2} em trigo irrigado e observaram que o aumento da população de plantas promoveu o aumento da altura nas plantas das cultivares BR 33 e BRS 207. Os autores atribuem esse aumento à plasticidade fenotípica, que é essencial para a sobrevivência das plantas, a maior competição intra-específica das plantas por luz incidente e a qualidade de luz no dossel. No entanto, para a cultivar Safira não houve resposta da altura das plantas ao aumento na população de plantas (Tabela 16).

Para a altura média das plantas da cultivar OR-1 ocorreu interação entre a população de plantas e o trinexapac-ethyl (Tabela 16). Sem a utilização do regulador de crescimento, a altura das plantas aumentou até a população de 750 sementes m^{-2} , ocorrendo um leve decréscimo da altura com o contínuo aumento da população. Com a utilização do regulador de crescimento a altura das plantas não mostrou resposta significativa. Para as populações de 150 e 300 sementes m^{-2} , o uso ou não do trinexapac-ethyl não promoveu diferença significativa na altura, porém a partir de 450 sementes m^{-2} a utilização do trinexapac-ethyl diminuiu a altura das plantas. Esses resultados mostram que a resposta da altura de plantas à população de plantas e ao trinexapac-ethyl varia com a cultivar, como foi observado por outros autores (ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002a; ZAGONEL et al., 2002b; TRINDADE et al., 2006; LINZMEYER JÚNIOR et al., 2008) e também mostram que com o aumento da população de plantas há um aumento da altura das plantas, provavelmente pelo estiolamento causado pela competição intra-específica. Essa resposta é mais notada em populações a partir de 300 sementes m^{-2} , a que é normalmente utilizada nos plantios comerciais.

Tabela 16 – Altura das plantas (Alt.) de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas. Ponta Grossa, PR, 2008.

| População de plantas (n° sementes m ⁻²) | Alt. (cm) por cultivar | | | |
|--|------------------------|--------|---------------|---------------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 | |
| | | | Sem regulador | Com regulador |
| 150 | 79,24 | 82,73 | 85,59 A | 84,31 A |
| 300 | 78,72 | 83,09 | 90,19 A | 86,56 A |
| 450 | 79,96 | 86,23 | 95,29 A | 81,63 B |
| 600 | 81,98 | 83,61 | 94,79 A | 84,71 B |
| 750 | 80,95 | 83,76 | 96,20 A | 86,25 B |
| 900 | 82,99 | 84,49 | 95,08 A | 85,75 B |
| Equação | L** | NS | Q* | NS |
| R ² (%) | 79,7 | | 96,5 | --- |
| C.V. (%) | --- | --- | 4,5 | |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); NS = não significativo; * = significativo a 5% e ** = significativo a 1% de probabilidade; L = linear; Q = quadrática; C.V.= coeficiente de variação; Alt. (BRS 208) = 77,891499 + 0,0052317x; Alt. (OR-1 - Sem regulador) = 79,127501 + 0,048522x - 0,00003442x².

O comprimento do pedúnculo não respondeu ao aumento na população de plantas para a cultivar BRS 208 (Tabela 17). A ausência de resposta do comprimento do pedúnculo ao aumento na população de plantas também foi observado por Zagonel; Venâncio e Kunz (2002a). Para a cultivar Safira (Tabela 17) o comprimento do pedúnculo diminuiu com o aumento da população de plantas. Assim, a altura das plantas observada nas diferentes populações de plantas (Figura 16) deve-se provavelmente às variações no comprimento dos entrenós basais, característica não avaliada.

Tabela 17 – Comprimento do pedúnculo (Comp. PED) de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento. Ponta Grossa, PR, 2008.

| População de plantas (n° sementes m ⁻²) | Comp. PED (cm) por cultivar | | | |
|--|-----------------------------|--------|---------------|---------------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 | |
| | | | Sem regulador | Com regulador |
| 150 | 35,44 | 37,24 | 34,88 A | 35,93 A |
| 300 | 35,68 | 36,05 | 38,46 A | 37,71 A |
| 450 | 33,19 | 36,29 | 39,76 A | 34,26 B |
| 600 | 36,04 | 35,39 | 39,88 A | 35,96 B |
| 750 | 35,25 | 35,66 | 39,59 A | 36,59 B |
| 900 | 35,39 | 35,64 | 37,60 A | 36,46 A |
| Equação | NS | L** | Q** | NS |
| R ² (%) | --- | 65,0 | 98,0 | --- |
| C.V. (%) | --- | --- | 5,6 | |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); NS = não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade; L = linear; Q = quadrática; Comp. PED (Safira) = 37,047667 - 0,0019079x; Comp. PED (OR-1 - Sem regulador) = 30,945 + 0,0317804x - 0,00002716x².

Na cultivar OR-1, o comprimento do pedúnculo não foi alterado pelo aumento da população de plantas com a utilização do trinexapac-ethyl. No entanto, sem a utilização do trinexapac-ethyl o comprimento aumentou até a população de 600 sementes m⁻². O comprimento do pedúnculo somente foi menor com a utilização do trinexapac-ethyl nas populações de 450, 600 e 750 sementes m⁻² (Tabela 17). Zagonel; Venâncio e Kunz (2002a) observaram que o comprimento do terceiro entrenó diminuiu quando da aplicação do trinexapac-ethyl para a cultivar IAPAR-53, porém sem afetar a altura das plantas. Os autores afirmam que o terceiro entrenó é o mais afetado pelo uso do trinexapac-ethyl, uma vez que esse é o que se forma logo após a aplicação do produto, que é aplicado após o segundo entrenó estar perceptível (Apêndice 2).

A altura média das plantas e o comprimento do pedúnculo das cultivares BRS 208 e Safira diminuíram com a utilização do regulador de crescimento (Tabela 18). Essa diminuição de altura é benéfica, visto que diversos trabalhos ressaltam vantagens dos trigos de porte baixo, tais como o alto potencial de produtividade devido à capacidade de produzir perfilhos férteis e o grande número de espiguetas por espiga com alta fertilidade (RAWSON; EVANS, 1971), maior tolerância aos danos causados por precipitações elevadas e pela ação dos ventos (BOROJEVIC, 1968) e o aumento da relação grãos/palha (POWELL; SCHLEHUBER, 1967). O trinexapac-ethyl é conhecido por promover redução na altura das plantas tanto de trigo (LOZANO; LEADEN, 2002; MATYSIAK, 2006; ZAGONEL; FERNANDES, 2007) como de outras culturas como arroz (ALVAREZ et al., 2007), cevada (TEIXEIRA; RODRIGUES, 2003), soja (LINZMEYER JÚNIOR et al., 2008), entre outras. Assim, a resposta generalizada das três cultivares vem a confirmar a efetividade do trinexapac-ethyl em reduzir a altura de plantas, independente da cultivar de trigo utilizada.

Tabela 18 – Altura das plantas (Alt.) e comprimento do pedúnculo (Comp. PED), em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | Alt. (cm) por cultivar | |
|--------------------------|-----------------------------|---------|
| | BRS 208 | Safira |
| Sem regulador | 85,79 a | 89,38 a |
| Com regulador | 75,48 b | 78,59 b |
| C.V. (%) | 4,0 | 2,8 |
| | Comp. PED (cm) por cultivar | |
| | BRS 208 | Safira |
| Sem regulador | 37,64 a | 37,80 a |
| Com regulador | 32,69 b | 34,30 b |
| C.V. (%) | 6,3 | 2,8 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

Para a altura das plantas, a cultivar OR-1 mostrou-se a mais alta, seguida da cultivar Safira e da BRS 208 (Tabela 19). O comprimento do pedúnculo também foi maior para a cultivar OR-1, porém não ocorreu diferença no comprimento entre as cultivares BRS 208 e Safira. Esse resultado discorda do porte da cultivar descrito pela pesquisa (RCBPTT, 2008), que considera a cultivar OR-1 de porte baixo e as cultivares BRS 208 e Safira de porte médio. Porém, as alturas observadas estão na faixa média de altura descrita pela RCCSBPTT e RCBPT (2004) e Safira... (2008). Portanto a altura das plantas é uma variável que depende da estratégia adotada, como modificações na população de plantas e uso ou não de regulador de crescimento, mas principalmente à resposta de cada cultivar as técnicas de manejo utilizadas e também ao clima.

Tabela 19 - Altura das plantas (Alt.) e comprimento do pedúnculo (Comp. PED), de três cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | Alt. (cm) | Comp. PED (cm) |
|----------|-----------|----------------|
| BRS 208 | 80,64 c | 35,17 b |
| Safira | 83,99 b | 36,05 b |
| OR-1 | 88,86 a | 37,26 a |
| C.V. (%) | 3,9 | 5,1 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

5.8 DIÂMETRO DO COLMO

O diâmetro do colmo diminuiu linearmente com o aumento da população de plantas para as três cultivares avaliadas (Figura 8). Resultado semelhante foi obtido por Zagonel; Venâncio e Kunz (2002a), ao avaliarem o uso do trinexapac-ethyl na cultivar OR-1, onde com o aumento da população de plantas ocorreu uma diminuição no diâmetro do colmo, atribuído à competição entre plantas, que ficaram mais altas e com colmos mais finos.

A utilização do regulador de crescimento não promoveu diferença no diâmetro do colmo para as três cultivares avaliadas (Tabela 20), um resultado também observado por Zagonel; Venâncio e Kunz (2002a) e Matysiak (2006). Alguns autores observaram que as menores porcentagens de acamamento com o uso de reguladores de crescimento não se devem somente a redução na altura das plantas, mas também devido as alterações provocadas na anatomia dos colmos, como o aumento no enchimento das células do parênquima, com maior espessura do tecido esclerenquimático, que resulta em maior lignificação da parede celular e conseqüentemente em aumento no diâmetro interno e externo do colmo e na espessura da parede celular (LOZANO; LEADEN; COLABELLI, 2002). De acordo com Wiersma (2005) o encurtamento dos entre-nós combinado com uma maior densidade dos tecidos resulta numa melhor rigidez da planta e reduz o potencial de acamamento. Assim, os efeitos do trinexapac-ethyl provavelmente se refletem em maior diâmetro interno do colmo, um fator difícil de se determinar.

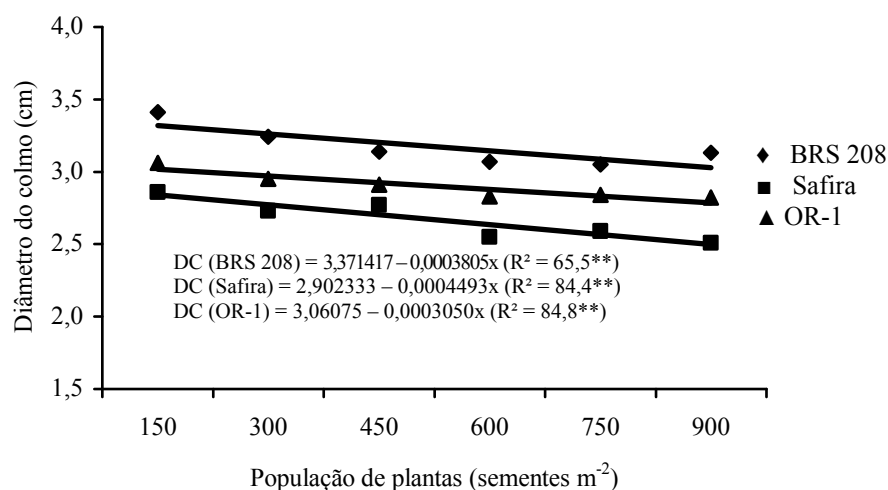


Figura 8 - Diâmetro do colmo (DC) de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. ******significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 20 – Diâmetro do colmo (DC) de três cultivares de trigo em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | DC (cm) por cultivar | | |
|--------------------------|----------------------|--------|--------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 3,20 a | 2,65 a | 2,91 a |
| Com regulador | 3,15 a | 2,68 a | 2,89 a |
| C.V. (%) | 5,7 | 3,7 | 3,8 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

O maior diâmetro do colmo foi observado para a cultivar BRS 208, a cultivar OR-1 apresentou valor intermediário e a Safira o menor diâmetro do colmo (Tabela 21). A diferença encontrada no diâmetro do colmo das cultivares avaliadas pode ser atribuída a característica da cultivar, aliada a população de plantas e resposta ou não ao trinexapac-ethyl, já que os resultados da Tabela 28 expressam a média da combinação desses fatores.

Tabela 21 - Diâmetro do colmo (DC), na fase de maturação do grão, de três cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | DC (cm) |
|----------|---------|
| BRS 208 | 3,17 a |
| Safira | 2,67 c |
| OR-1 | 2,90 b |
| C.V. (%) | 4,9 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

5.9 ACAMAMENTO DAS PLANTAS

Os elevados índices de precipitação (Figura 1), aliado a ocorrência de ventos favoreceram a ocorrência de acamamento no experimento.

A porcentagem de acamamento nas cultivares BRS 208 e OR-1, não mostrou resposta ao aumento da população de plantas (Tabela 22). As cultivares BRS 208 e OR-1 são consideradas moderadamente resistente e resistente ao acamamento, respectivamente (RCCSBPTT; RCBPT, 2004), fator esse que pode explica o não acamamento das plantas, mesmo nas condições climáticas favoráveis. Zagonel et al. (2002b) também não observaram redução do acamamento da cultivar OR-1 em diferentes populações de plantas, mesmo com o aumento da altura das plantas, porém essa resposta foi atribuída ao clima ameno e de poucos ventos, condições essas contrárias às obtidas no presente trabalho.

Tabela 22 – Acamamento (Acam.) de três cultivares de trigo, na fase de enchimento do grão, em função de diferentes populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento. Ponta Grossa, PR, 2008.

| População de plantas (n° sementes m ⁻²) | Acam. (%) por cultivar | | | |
|--|------------------------|---------------|--------|------|
| | BRS 208 | Safira | | OR-1 |
| Sem regulador | | Com regulador | | |
| 150 | 3,43 | 4,50 A | 0,50 A | 0,50 |
| 300 | 3,31 | 14,25 A | 0,50 A | 0,50 |
| 450 | 3,02 | 44,75 A | 1,25 B | 1,13 |
| 600 | 1,73 | 50,50 A | 0,50 B | 0,75 |
| 750 | 1,53 | 61,75 A | 0,50 B | 0,88 |
| 900 | 3,58 | 46,75 A | 5,00 B | 1,75 |
| Equação | NS | Q* | NS | NS |
| R ² (%) | --- | 92,2 | --- | --- |
| C.V. (%) | --- | 62,4 | | --- |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); NS = não significativo; ** = significativo a 1% de probabilidade; Q = quadrática; Acam. (Safira - sem regulador) = $-32,325 + 0,2357679x - 0,00015933x^2$.

Para a cultivar Safira, com o uso do regulador de crescimento trinexapac-ethyl a porcentagem de acamamento foi baixa e não foi alterada pelo aumento da população de plantas (Tabela 23). No entanto, sem a utilização do regulador houve uma resposta quadrática do acamamento, que aumentou até a população de 750 sementes m⁻². A cultivar Safira

apresenta porte médio e é considerada suscetível ao acamamento (RCCSBPTT; RCBPT, 2004), então, o aumento da população de plantas, que favoreceu o aumento da altura das plantas (Tabela 16), conseqüentemente favoreceu o acamamento dessa cultivar e a utilização do trinexapac-ethyl mostrou-se extremamente eficiente em reduzir o acamamento.

A porcentagem de acamamento nas cultivares BRS 208 e OR-1 foi menor com a utilização do trinexapac-ethyl (Tabela 23). Para a cultivar Safira (Tabela 22), não ocorreu diferença no acamamento com ou sem a utilização do regulador de crescimento nas populações de 150 e 300 sementes m⁻², porém para as populações de 450, 600, 750 e 900 sementes m⁻² o uso do trinexapac-ethyl diminuiu a porcentagem de acamamento. A redução do acamamento com o uso de reguladores de crescimento foi observada por diversos autores (LOZANO; LEADEN, 2001; AMABILE et al., 2004; PENCKOWSKI, 2006), fator esse atribuído a eficiência do regulador em reduzir a altura das plantas.

Tabela 23 – Acamamento (Acam.) de cultivares de trigo, na fase de enchimento do grão, em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | Acam. (%) por cultivar | |
|--------------------------|------------------------|--------|
| | BRS 208 | OR-1 |
| Sem regulador | 6,95 a | 1,33 a |
| Com regulador | 1,13 b | 0,50 b |
| C.V. (%) | 55,5 | 48,4 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

Comparando a porcentagem de acamamento entre as cultivares (Tabela 24), a Safira (moderadamente suscetível) apresentou as maiores porcentagens em relação à BRS 208 (moderadamente resistente), ambas de acamamento superior a OR-1 (resistente), resultados que estão de acordo com a classificação da RCCSBPTT e RCBPT (2004).

Tabela 24 - Acamamento (Acam.) de cultivares de trigo, na fase de enchimento do grão, de três cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | Acam. (%) |
|----------|-----------|
| BRS 208 | 2,70 b |
| Safira | 12,44 a |
| OR-1 | 0,73 c |
| C.V. (%) | 71,6 |

Médias seguidas da mesma letra minúsculas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

5.10 NÚMERO DE ESPIGAS POR METRO QUADRADO

O número de espigas m^{-2} aumentou linearmente com o aumento da população de plantas para a cultivar BRS 208 e para as cultivares Safira e OR-1 não houve resposta significativa (Figura 9). Resultado semelhante ao da cultivar BRS 208 foi obtido por Zagonel; Venâncio e Kunz. (2002a), em que o número de espigas m^{-2} foi maior com o aumento das população de plantas, porém, uma parte não mostrou potencial para o enchimento dos grãos. No caso das cultivares Safira e OR-1 o número de espigas m^{-2} não variou com a população de plantas pelo efeito compensatório do número de plantas e de perfilhos, ajustando o número de espigas às condições do meio.

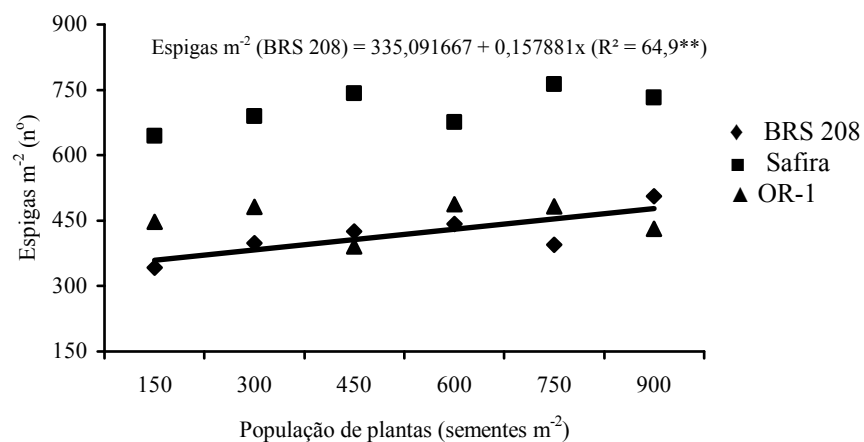


Figura 9 - Número de espigas por metro quadrado (Espigas m^{-2}) de três cultivares de trigo, em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. *significativo a 5% de probabilidade.

O número de espigas por metro quadrado não foi influenciado pelo uso do trinexapac-ethyl (Tabela 25), resultado que difere do obtido por Zagonel; Venâncio e Kunz (2002a), que observaram o aumento do número de espigas m^{-2} com o uso do trinexapac-ethyl. Entretanto, Berti (2006) ao avaliar doses crescentes de trinexapac-ethyl em quatro cultivares de trigo, observou que o aumento da dose de trinexapac-ethyl afeta o número de espigas m^{-2} , mas de forma distinta entre as cultivares. Amabile et al. (2004), ao avaliarem doses e épocas de aplicação de trinexapac-ethyl em cevada cervejeira também não observaram diferenças no número de espigas m^{-2} com o uso do regulador de crescimento. Mudanças em outros componentes podem promover o aumento da produção de grãos devido à plasticidade do trigo em compensar os componentes da produção, mesmo que o número de espigas m^{-2} não seja influenciado.

Tabela 25 – Número de espigas por metro quadrado (Espigas m^{-2}) de três cultivares de trigo em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | Espigas m^{-2} (n°) por cultivar | | |
|--------------------------|---|--------|-------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 417 a | 692 a | 445 a |
| Com regulador | 419 a | 724 a | 462 a |
| C.V. (%) | 15,3 | 16,7 | 15,6 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

A cultivar Safira apresentou o maior número de espigas m^{-2} em relação às demais cultivares (Tabela 26), provavelmente devido ao maior número de plantas m^{-2} (Tabela 3) e de perfilhos por planta na antese (Tabela 6). O número de espigas m^{-2} não diferiu entre as cultivares BRS 208 e OR-1.

Tabela 26 - Número de espigas por metro quadrado (Espigas m^{-2}) de cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | Espigas m^{-2} (n°) |
|----------|----------------------------------|
| BRS 208 | 418 b |
| Safira | 708 a |
| OR-1 | 454 b |
| C.V. (%) | 16,6 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

5.11 COMPONENTES DA PRODUÇÃO

De acordo com a Embrapa Trigo, o número de grãos m^{-2} é o componente que esteve significativamente associado ao avanço da produção de grãos de trigo nos últimos 50 anos (RODRIGUES et al., 2003). Matematicamente, a produção de grãos de uma lavoura de trigo pode ser obtida pelo produto entre o número de grãos por unidade de superfície e o valor médio da massa de um grão (SLAFER; ABELEDO; MIRALLES, 2001).

O número de espiguetas por espiga (Figura 10a), de grãos por espiguetas (Figura 10b) e de grãos por metro quadrado (Figura 10c) das cultivares Safira e OR-1 não foram influenciados pela população de plantas. Para a cultivar BRS 208, o aumento da população de plantas resultou em redução linear do número de espiguetas por espiga, porém com aumento linear do número de grãos por espiguetas e de grãos m^{-2} . Em altas densidades de plantas, o número de espiguetas por espigas pode diminuir devido à competição entre plantas de trigo, entretanto, o aumento do número de grãos por espiguetas pode compensar esse fator e manter o número de grãos m^{-2} estável. No caso da cultivar BRS 208 o aumento do número de grãos por espiguetas também se refletiu em maior número de grãos m^{-2} o que é benéfico se o peso de grãos não diminuir.

A massa de mil grãos da cultivar OR-1 diminuiu linearmente com o aumento da população de plantas (Figura 10d), resultado também observado por Zagonel; Venâncio e Kunz (2002a) e Zagonel et al. (2002b). Os autores atribuem essa diminuição ao aumento no número de grãos m^{-2} que acontece quando se aumenta a população de plantas. No entanto, para as cultivares Safira e BRS 208 essa tendência não foi observada.

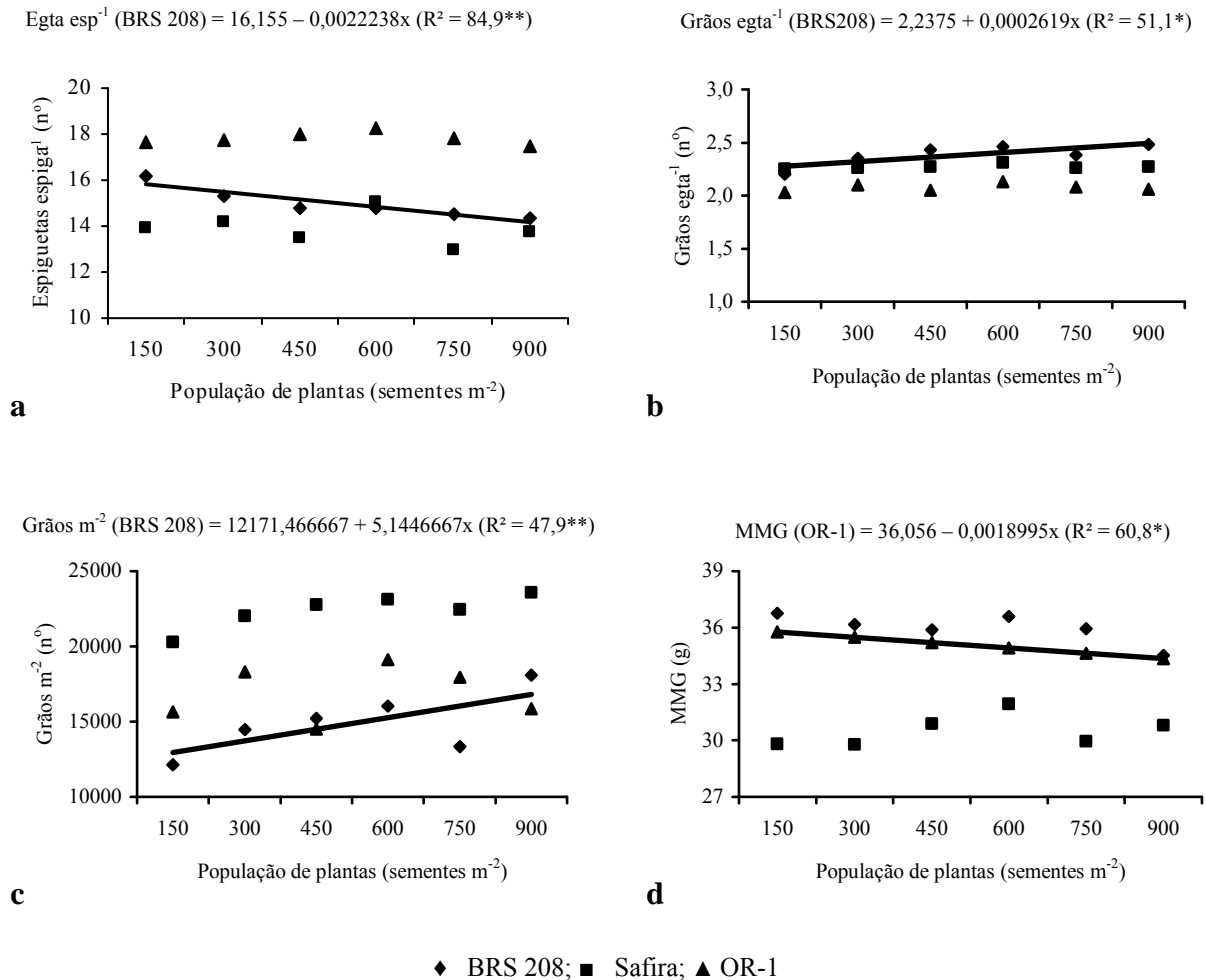


Figura 10 - Número de espiguetas por espiga ($Egta\ esp^{-1}$) (a), de grãos por espiguetas ($Gr\tilde{a}os\ egta^{-1}$) (b), de grãos por metro quadrado ($Gr\tilde{a}os\ m^{-2}$) (c) e da massa de mil grãos (MMG) (d) de cultivares de trigo, em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. *significativo a 5% e **significativo a 1% de probabilidade.

O número de espiguetas por espiga foi maior com o uso do trinexapac-ethyl nas cultivares Safira e OR-1 e para a cultivar BRS 208 não houve resposta ao uso do regulador de crescimento (Tabela 27). Berti (2006) observou que o aumento das doses de trinexapac-ethyl não promoveu resposta no número de espiguetas por espiga para a cultivares CEP-24, Vanguarda e CD-104, enquanto aumentou o número desse componente para a cultivar Supera. Esse resultado demonstra que a resposta do número de espiguetas por espiga ao uso do trinexapac-ethyl também pode variar de acordo com a cultivar.

O número de grãos m^{-2} aumentou com o uso do trinexapac-ethyl somente para a cultivar Safira, em função do aumento tanto do número de espiguetas por espiga como de

grãos por espiguetas. Para as cultivares BRS 208 e OR-1 o trinexapac-ethyl não promoveu mudanças nesses componentes, embora para a OR-1 tenha ocorrido maior número de espiguetas por espiga (Tabela 27).

Tabela 27 – Número de espiguetas por espiga (Egta esp⁻¹), de grãos por espiguetas (Grãos egta⁻¹), de grãos por metro quadrado (Grãos m⁻²) e massa de mil grãos (MMG) de cultivares de trigo em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | Egta esp ⁻¹ (n°) por cultivar | | |
|--------------------------|--|---------|---------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 14,82 a | 13,65 b | 17,47 b |
| Com regulador | 15,16 a | 14,16 a | 18,16 a |
| C.V. (%) | 4,8 | 3,9 | 5,9 |
| Regulador de crescimento | Grãos egta ⁻¹ (n°) por cultivar | | |
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 2,36 a | 2,23 b | 2,07 a |
| Com regulador | 2,39 a | 2,31 a | 2,08 a |
| C.V. (%) | 8,0 | 4,5 | 8,1 |
| Regulador de crescimento | Grãos m ⁻² (n°) por cultivar | | |
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 14666 a | 21130 b | 16082 a |
| Com regulador | 15079 a | 23610 a | 17712 a |
| C.V. (%) | 19,9 | 17,8 | 20,9 |
| Regulador de crescimento | MMG (g) por cultivar | | |
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 35,63 a | 31,31 a | 35,33 a |
| Com regulador | 36,32 a | 29,74 b | 34,78 a |
| C.V. (%) | 6,5 | 5,1 | 3,7 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

Vários trabalhos abordam a influência do trinexapac-ethyl nos componentes de produção de trigo. Penckowski (2006) observou que os tratamentos com trinexapac-ethyl não influenciaram o número de espigas, número de grãos por espiga e massa de mil grãos, porém promoveram ganhos significativos no número de espiguetas por espiga da cultivar de trigo Avante. Matysiak (2006) observou que o número de grãos por espiga foi maior com a utilização do trinexapac-ethyl no ano de 2002, com condições normais de precipitação. Entretanto, no ano de 2003, onde os valores de precipitação estiveram muito abaixo dos valores dos últimos anos, o número de grãos por espiga não foi influenciado pelo uso do trinexapac-ethyl. De acordo com Rajala (2003) o trinexapac-ethyl e outros reguladores de crescimento promovem aumento ou do número de grãos por espiga ou do peso de grãos, a

ponto de interferir na produtividade. Entretanto o efeito desses varia com a cultivar, especialmente relacionado a sua altura e sensibilidade ao fotoperíodo. Esses fatores, de acordo com Berti (2006), explicam o comportamento diferencial das cultivares em relação aos componentes de produção.

A massa de mil grãos (MMG) diminuiu com o uso do trinexapac-ethyl para a cultivar Safira e nas demais cultivares esse regulador não promoveu diferenças na MMG (Tabela 27). Matysiak (2006) também não observou diferença na MMG com o uso de trinexapac-ethyl em dois anos de experimento, um sob condições normais de precipitação e outro com precipitações abaixo da média da região. Zagonel e Kunz (2005) e Berti (2006), observaram que a massa de mil grãos diminuiu com o uso do trinexapac-ethyl, em razão do aumento do número de grãos por metro quadrado que ocorreu quando o regulador de crescimento foi aplicado. A resposta do uso do trinexapac-ethyl na massa de mil grãos varia, então, de acordo com a cultivar, mas principalmente com o número de grãos por m^{-2} que é definido antes da massa de grãos.

O número de espiguetas por espiga foi maior para a cultivar OR-1, seguido das cultivares BRS 208 e Safira (Tabela 27). Porém, a cultivar OR-1 apresentou o menor número de grãos por espiguetas, a cultivar Safira apresentou valor intermediário e a BRS 208 o maior valor. A cultivar Safira apresentou o maior número de grãos por metro quadrado, seguido das cultivares OR-1 e BRS 208. A cultivar BRS 208 apresentou a maior massa de mil grãos, seguida das cultivares OR-1 e Safira. Através desses resultados pode-se notar que o aumento de um componente acarreta na redução de outro. Peltonen e Peltonen-Sainio (1997) e Holen et al. (2001) afirmam que a competição intra-específica regula o número de grãos por espiga, não sendo atribuídas ao genótipo às diferenças entre as cultivares.

Na cultivar Safira, o maior número de grãos m^{-2} , apesar do menor número de espiguetas por espiga e do valor intermediário de grãos por espiguetas (Tabela 28), está relacionado ao maior número de espigas m^{-2} (Tabela 26).

Tabela 28 - Número de espiguetas por espiga (Egta esp^{-1}), de grãos por espiguetas (Grãos $egta^{-1}$), de grãos por metro quadrado (Grãos m^{-2}) e massa de mil grãos (MMG) de cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | Egta esp^{-1} (n°) | Grãos $egta^{-1}$ (n°) | Grãos m^{-2} (n°) | MMG (g) |
|----------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------|
| BRS 208 | 14,98 b | 2,37 a | 14.872 c | 35,97 a |
| Safira | 13,91 c | 2,27 b | 22.370 a | 30,52 c |
| OR-1 | 17,81 a | 2,08 c | 16.897 b | 35,06 b |
| C.V. (%) | 5,4 | 6,8 | 19,6 | 5,4 |

Médias seguidas da mesma letra minúsculas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

5.12 PRODUTIVIDADE

A produtividade da cultivar OR-1 não foi afetada pelo aumento da população de plantas (Figura 11). A produtividade das cultivares BRS 208 e Safira mostrou resposta quadrática ao aumento da população de plantas, sendo as maiores produtividades observadas com 635 e 540 sementes m^{-2} , respectivamente (Figura 11), que corresponderam a 258 plantas m^{-2} para a cultivar BRS 208 e 358 plantas m^{-2} para a cultivar Safira. Essas populações de plantas estão de acordo com a recomendada para o trigo no Paraná, que é de 200 a 400 sementes viáveis m^{-2} (RCBPTT, 2008), foram suficientes para garantir a máxima produtividade e mostram ser desnecessário o uso de maior número de sementes para essas cultivares.

A resposta obtida na produção de grãos do presente trabalho está de acordo com Satorre (1999). Segundo o autor, a resposta à população de plantas em grãos é melhor descrita por um modelo de parábola, onde a produção de grãos e a maioria de seus componentes diminuem nas mais altas populações de plantas. Esse fato tem sido atribuído geralmente à alteração na distribuição de recursos para os órgãos de armazenamento devido à competição.

Em razão da grande plasticidade das plantas de trigo, a produção de grãos em altas populações de plantas depende do desempenho de cada componente de produção. Em geral, a população de plantas escolhida objetiva a produção de uma cultura capaz de utilizar todos os recursos disponíveis, permitindo que a cultura maximize as taxas de crescimento durante as fases críticas. Entretanto, a utilização precoce dos recursos disponíveis em altas populações de plantas pode não necessariamente maximizar a taxa de crescimento no momento crítico para a cultura. Então, o aumento do número de sementes utilizadas na semeadura, além de elevar o custo de produção devido o excesso de sementes, deve levar em consideração o grau de influência na produtividade de grãos.

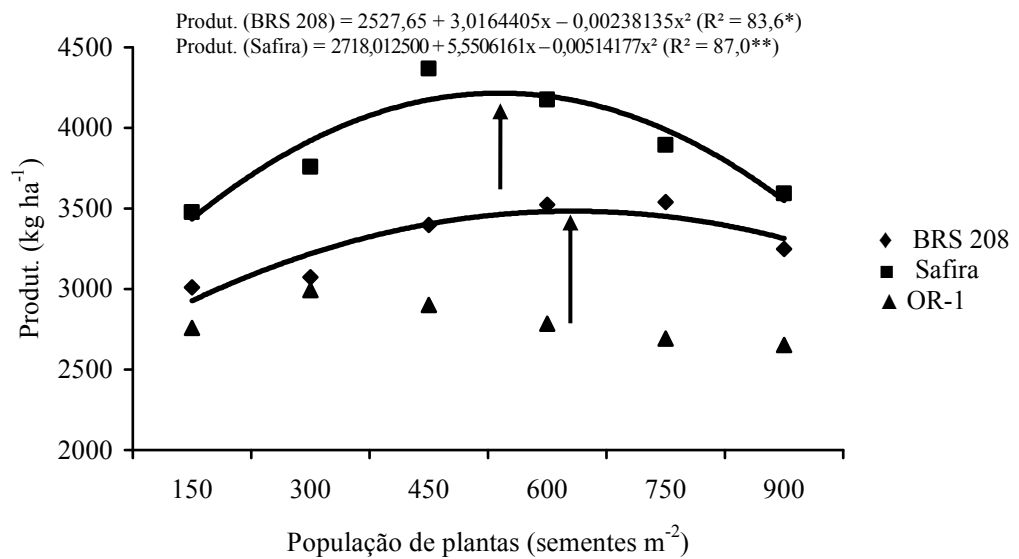


Figura 11 - Produtividade (Produt.) de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. ↑ Ponto de máxima; *significativo a 5% e **significativo a 1% de probabilidade.

Wang et al. (1997) comprovaram uma redução linear da produtividade em densidades que variaram de 325 a 650 plantas m⁻². Possivelmente esse efeito seja em função de uma compensação entre a relação fonte/dreno dentro da planta em densidades maiores. De acordo com esses autores, a lâmina foliar é responsável por 60% dos fotoassimilados produzidos pela planta para o enchimento de grãos em trigo e em proporções menores

também contribuem a bainha foliar, a espiga e os nós e entrenós. A variação da densidade teve pouca influência na exportação de fotoassimilados da maioria dos órgãos, mas influenciou a exportação da primeira, segunda e terceira folha. A taxa fotossintética decresceu significativamente nessas folhas em densidades mais altas resultando em produtividades mais baixas nessas populações, uma vez que para o enchimento de grãos (dreno) ocorre importação dos fotoassimilados produzidos em outros órgãos das plantas (fonte). Didonet e Costa (2004) observaram que o aumento da população de plantas não influenciou a produtividade de grãos de trigo. Esses resultados mostram, que independente da capacidade de perfilhamento o aumento da população de plantas deve ser analisado cuidadosamente, aliando esse aumento as demais técnicas de manejo, como adubação nitrogenada, manejo fitossanitário e mesmo assim, a resposta ainda é dependente do clima.

Para a cultivar BRS 208 não houve resposta da produtividade ao uso do trinexapac-ethyl (Tabela 29), resultado que pode estar relacionado com a não resposta dessa cultivar ao uso do trinexapac-ethyl para o número de espigas m^{-2} (Tabela 25), de espiguetas por espiga, grãos por espiguetas, grãos m^{-2} e massa de mil grãos (Tabela 27). De acordo com Lima e Lovato (1995) a não resposta da produtividade e seus componentes à aplicação de reguladores de crescimento, quando acontece, pode ser devido à ausência de acamamento de plantas, propiciado pelas condições climáticas e fertilidade do solo. No presente trabalho, o uso do trinexapac-ethyl promoveu redução do acamamento na cultivar BRS 208 (Tabela 23), porém a porcentagem de acamamento observada para essa cultivar foi muito baixa (2,7%), não influenciando os resultados de produtividade e seus componentes.

Para as cultivares Safira e OR-1 a produtividade foi maior com o uso do trinexapac-ethyl (Tabela 29). Matysiak (2006) também observou que no ano com altas precipitações o uso do trinexapac-ethyl promoveu aumento da produtividade, resultado não observado em condições de déficit hídrico. No entanto, o aumento da produtividade com o uso do

trinexapac-ethyl foi observado por diversos autores (ZAGONEL; VENÂNCIO; KUNZ 2002a; ZAGONEL et al., 2002b; PENCKOWSKI, 2006) mesmo na ausência de acamamento (LOZANO; LEADEN; COLABELLI, 2002), independente da cultivar utilizada (BERTI, 2006).

Tabela 29 – Produtividade de três cultivares de trigo em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | Produtividade (kg ha ⁻¹) por cultivar | | |
|--------------------------|---|--------|--------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 3223 a | 3607 b | 2654 b |
| Com regulador | 3374 a | 4148 a | 2940 a |
| C.V. (%) | 11,7 | 11,0 | 11,9 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

De modo geral, a aplicação de trinexapac-ethyl afeta os componentes de produção de forma distinta entre as cultivares. A redução da altura das plantas com o uso do trinexapac-ethyl se reflete em maior disponibilidade de compostos orgânicos para o perfilhamento e/ou desenvolvimento dos grãos, minimizando assim a competição entre estruturas vegetativas e reprodutivas por fotoassimilados (BERTI, 2006). O aumento de produtividade com o uso do trinexapac-ethyl se deve então às mudanças morfológicas causadas pelo regulador de crescimento, que ao diminuir a altura das plantas as deixa com uma arquitetura mais adequada para aproveitar os recursos do meio, especialmente a radiação solar. Plantas menores redirecionam os fotoassimilados produzindo maior massa de grãos em relação à massa total da planta, o que é expresso pelo índice de colheita (ZAGONEL, 2006). Assim, a maior produtividade observada (Figura 11) pode ser atribuída às mudanças na arquitetura das plantas causadas pelas modificações na altura de plantas e tamanho das folhas (Tabelas 18, 9 e 10) e em parte ao acamamento (Tabelas 22 e 23). A produtividade foi maior para a cultivar Safira, seguida das cultivares BRS 208 e OR-1 (Tabela 30).

Tabela 30 - Produtividade de três cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | Produtividade (kg ha ⁻¹) |
|----------|--------------------------------------|
| BRS 208 | 3299 b |
| Safira | 3878 a |
| OR-1 | 2797 c |
| C.V. (%) | 12,1 |

Médias seguidas da mesma letra minúsculas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<5%); C.V.= coeficiente de variação.

5.13 ÍNDICE DE COLHEITA (IC)

O índice de colheita (IC) respondeu de forma quadrática ao aumento da população de plantas na cultivar BRS 208 com maior valor (0,41) obtido na população de 560 sementes m⁻². Nas cultivares Safira e OR-1 o aumento da população de plantas não promoveu diferenças no IC (Figura 12). Peltonen e Peltonen-Sainio (1997) observaram que o índice de colheita não diferiu quando se aumentou a população de plantas de 300 para 600 sementes m⁻². De acordo com Satorre (1999), o índice de colheita tende a diminuir com o aumento da população de plantas, resultado esse observado a partir de 515 sementes m⁻². O IC está relacionado diretamente com a produtividade (AHMAD; HASSAN; JABRAN, 2007), resposta essa obtida no presente trabalho onde as maiores produtividades foram obtidas entre 450 e 600 sementes m⁻² (Figura 11).

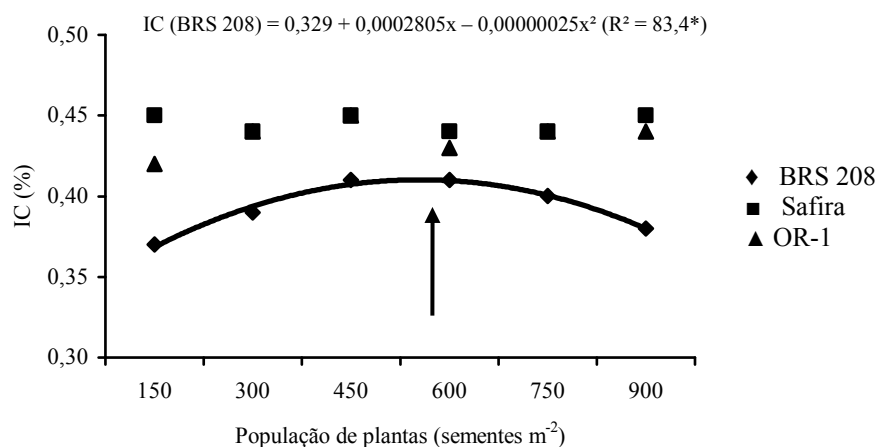


Figura 12 - Índice de colheita (IC) de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. ↑ Ponto de máxima; *significativo a 5% de probabilidade.

Somente na cultivar OR-1 o uso do trinexapac-ethyl resultou em aumento no IC (Tabela 31). Berti (2006) observou que o aumento da dose de trinexapac-ethyl aumentou o IC, até um limite, para as cultivares Supera e CD-104, mas não promoveu mudanças no IC das cultivares CEP-24 e Vanguarda. Peltonen e Peltonen-Sainio (1997) observaram que em trigo de primavera tanto o uso de reguladores de crescimento (cloreto de cloralamina) como de diferentes populações de plantas (300 e 600 sementes m⁻²) não promovem mudanças significativas no índice de colheita. Os resultados desses autores e dos obtidos no presente trabalho mostram que a resposta do IC à população de plantas e ao trinexapac-ethyl varia com a cultivar mas, de modo geral, a resposta está relacionada com a produtividade.

Tabela 31 – Índice de colheita (IC) e peso do hectolitro (PH) de três cultivares de trigo em função do uso ou não do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (média de seis populações de plantas). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Regulador de crescimento | IC (%) por cultivar | | |
|--------------------------|--|---------|---------|
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 0,38 a | 0,44 a | 0,42 b |
| Com regulador | 0,40 a | 0,45 a | 0,45 a |
| C.V. (%) | 6,0 | 4,6 | 5,8 |
| Regulador de crescimento | PH (kg hL ⁻¹) por cultivar | | |
| | BRS 208 | Safira | OR-1 |
| Sem regulador | 67,95 a | 72,31 a | 70,84 a |
| Com regulador | 67,68 a | 72,34 a | 71,19 a |
| C.V. (%) | 4,0 | 1,7 | 1,9 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

O IC das cultivares Safira e OR-1 foram superiores ao da cultivar BRS 208 (Tabela 32). Entretanto, somente para as cultivares Safira e OR-1 os valores de IC estiveram entre a faixa aceitável, que é de 0,40 e 0,55 (AHMAD; HASSAN; JABRAN, 2007). Valores baixos no IC indicam que a cultivar, em conjunto com as técnicas de manejo utilizadas, não estão promovendo o máximo de aproveitamento dos fotoassimilados na produção de grãos.

Tabela 32 - Índice de colheita (IC) e peso do hectolitro (PH) de três cultivares de trigo (média de seis populações de plantas e do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008.

| Cultivar | IC (%) | PH (kg hL ⁻¹) |
|----------|--------|---------------------------|
| BRS 208 | 0,39 b | 67,81 c |
| Safira | 0,44 a | 72,32 a |
| OR-1 | 0,43 a | 71,01 b |
| C.V. (%) | 5,5 | 2,7 |

Médias seguidas da mesma letra minúsculas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 5\%$); C.V.= coeficiente de variação.

5.14 PESO DO HECTOLITRO

O peso do hectolitro (PH) das cultivares BRS 208 e Safira não foi influenciado pelo aumento da população de plantas. Para a cultivar OR-1, o PH respondeu com uma equação quadrática com maior valor (71,48 kg hL⁻¹) obtido na população de 515 sementes m⁻² (Figura 13).

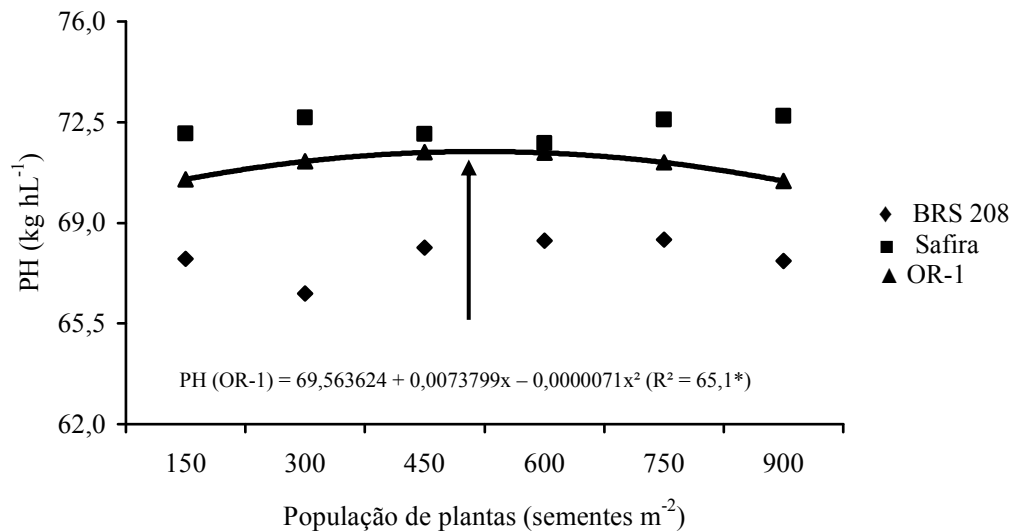


Figura 13 - Peso do hectolitro (PH) de três cultivares de trigo em função de diferentes populações de plantas (média do uso ou não de regulador de crescimento). Ponta Grossa, PR, 2008. ↑ Ponto de máxima; *significativo a 5% de probabilidade.

O PH do trigo não foi influenciado pelo uso do trinexapac-ethyl nas três cultivares avaliadas (Tabela 31). Penckowski (2006) também observou que tratamentos com trinexapac-ethyl não promovem diferenças no PH de cultivares de trigo. O autor discute que a diferença

do PH era esperada, pois ocorreu diferença na ocorrência de acamamento com o uso desse regulador de crescimento. Entretanto, o autor justifica que o peso do hectolitro pode estar ligado a características intrínsecas da cultivar.

Os maiores valores de PH foram observados na cultivar Safira, seguido das cultivares OR-1 e BRS 208 (Tabela 32). O PH médio para as cultivares BRS 208 e OR-1 é de $78,0 \text{ kg hL}^{-1}$ (RCCSBPTT; RCBPT, 2004), valor esse superior ao observado no experimento. Penckowski (2006) também observou que o PH das cultivares avaliadas esteve abaixo das médias de cada cultivar, relatando que problemas na lavoura durante a fase de desenvolvimento do grão podem diminuir os valores do PH, o que pode ter ocorrido no presente trabalho em função de um período chuvoso que ocorreu antes da colheita.

6 CONCLUSÕES

O aumento da população de plantas promoveu redução do número de perfilhos por planta, da área foliar por planta e do diâmetro do colmo nas três cultivares;

O aumento da população de plantas promoveu maior acamamento somente na cultivar Safira na qual a porcentagem de acamamento aumentou até a população de 750 sementes m^{-2} , sem o uso do trinexapac-ethyl;

A aplicação do trinexapac-ethyl diminuiu a altura das plantas e o comprimento do pedúnculo, não afetou o diâmetro do colmo e o peso do hectolitro das três cultivares e reduziu a porcentagem de acamamento das cultivares BRS 208 e OR-1;

A produtividade máxima foi obtida na população de 258 plantas m^{-2} para a cultivar BRS 208 e 358 plantas m^{-2} para a cultivar Safira, porém sem resposta para a cultivar OR-1;

Para as cultivares Safira e OR-1 a produtividade foi maior com o uso do trinexapac-ethyl, mas sem efeitos na cultivar BRS 208. A cultivar Safira foi a mais produtiva, em relação a BRS 280 e OR-1.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, R.; HASSAN, B.; JABRAN, K. Improving crop harvest index. **Down Group of Newspapers**, Ramazan, v.18, 2007. Disponível em: <<http://www.dawn.com/20-07/10/01/ebr6.htm>>. Acesso em: 12 nov. 2008.
- ALMEIDA, M.L. de; MUNDSTOCK, C.M. A qualidade da luz afeta o afilhamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 401-408, 2001.
- ALVAREZ, R. de 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 (¹⁵N) e na massa de grãos de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1487-1496, 2007.
- AMABILE, R.F.; MINELLA, E.; VALENTE, C.M.W.; SERRA, D.D. de. **Efeito do Regulador de Crescimento Trinexapac-Etil em Cevada Cervejeira Irrigada em Áreas de Cerrado do Distrito Federal**. Platina: Embrapa Cerrados, 2004. 14 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 120).
- AMREIN, J.; RUFENER, M.; QUADRANTI, M. The use of CGA 163'935 as a growth regulator in cereals and oilseed rape. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS. **Proceedings**. Switzerland: Ciba Geigy, 1989. p.2-12.
- BALANÇAS DALLE MOLLE (Caxias do Sul, RS). **Instruções para montagem da balança peso específico**. Caxias do Sul, 19--.
- BEASLEY, J.S.; BRANHAM, B.E.; ORTIZ-RIBBING, L.M. Trinexapac-ethyl Affects Kentucky Bluegrass Root Architecture. **HortScience**, v. 40, n. 5, 2005. p. 1539-1542.
- BERRY, P.M.; GRIFFIN, J.M.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; SCOTT, R.K.; SPINK, J.H.; BAKER, C.J.; CLARE, R.W. Controlling plant form husbandry to minimise lodging in wheat. **Field Crop Research**, Netherlands, v. 67, 2000. p. 59-81.
- BERTI, M. **Doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento e doses de nitrogênio afetando cultivares de trigo**. 2006, 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.
- BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.
- BIOMETEOROLOGIA Vegetal. **Instituto de Astronomia**, Geofísica e Ciências Atmosféricas – USP, Departamento de Ciências Atmosféricas, São Paulo, 2006. 18 p. Conteúdo disponível em: <<http://www.dca.iag.usp.br/www/material/fgoncalv/biometeo/aula5.pdf>>. Acesso em: 2 jun 2007.
- BOROJEVIC, S. Characteristics of some new dwarf and semi dwarf wheat lines. **Euphytica**, v. 17, n. 1, p. 143-151, 1968.

BRANCOURT, H. M.; DOUSSINAULT, G.; LECOMTE, C.; BERARD, P.; LE BUANEC, B.; TROTTET, M. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 1, p. 37-45, 2003.

BUNNELL, B.T.; MCCARTY, L.B. Sunlight requirements for ultradwarf bermudagrass greens. **Golf Course Management**, v. 72, n. 8, p. 92-96, 2004.

CARÂMBULA, M. **Producción y manejo de pasturas sembradas**. Montevideo: Editorial Hemisfério Sur, 1977. 463 p.

CARVALHO, F.I.F. de. Genética quantitativa. In: OSÓRIO, E.A. **Trigo no Brasil**. São Paulo: Fundação Cargil, 1982. v. 1, cap. 3, p. 63-94.

COSTAMILAN, L. M.; SCHEEREN, P. L. **Comportamento de genótipos de trigo, oriundos do Paraná, quanto à severidade de oídio, na safra 2007**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 7 p. (Documentos Online, 77). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do77.htm>. Acesso em 15 nov. 2008.

CULTIVAR: BRS 208. **Embrapa Soja**, Londrina. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/box.php?op_page=153&cod_pai=1> . Acesso em 15 nov. 2008.

CRUZ, P.C. **Genética do acamamento em trigo (*Triticum aestivum* L.) e a identificação do caráter para seleção**. 2002, 107 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

DAVIES, P.J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES, P.J. (Ed.). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Netherlands: Kluwer Academic, 1987. p. 1-23.

DAVIES, P.J. Introduction: The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions. In.: DAVIES, P.J. (Ed.) **Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!**. 3. ed. Dordrecht: Springer, 2007. p. 1-6.

DIDONET, A.D.; COSTA, J. G.C. DA. Populações de plantas e rendimento de grãos em feijoeiro comum de ciclo precoce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.2, p.105-109, 2004.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).

DUDA, L. **Programas de manejo de fungicidas e doses de regulador de crescimento afetando cultivares de trigo**. 2007, 56 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2006. 2ª ed. 306 p.

EVERS, J.B.; VOS, J.; ANDRIEU, B.; STRUIK, P.C. Cessation of Tillering in Spring Wheat in Relation to Light Interception and Red : Far-red Ratio. **Annals of Botany**, v. 97, p. 649–658, 2006.

FAGERNESS, M.J.; PENNER, D. 14C-Trinexapac-Ethyl Absorption and Translocation in Kentucky Bluegrass. **Crop Science**, Madison, v.38, p. 1023-1027, 1998a.

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

FARIA, R.T. de; CHIBANA, E.Y.; GALDINO, J. Riscos de decréscimo na produtividade de trigo devido a elementos climáticos, em diferentes épocas, na região dos Campos Gerais, Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 123-134, 2005.

FENOLOGÍA. Facultad de Ciencias Agrarias. **Agroclimatología**, Provincia de Santa Fe, 2004. p. 78-97. Conteúdo disponível em: <<http://www.fca.unl.edu.ar/>>. Acesso em: 2 jun. 2007.

GUIMARÃES, C.M.; FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Como a planta de arroz se desenvolve. **Potafos**, Piracicaba, v. 99, 2002. 12 p.

HAMADA, E.; PINTO, H.S.; ZULLO JÚNIOR, J. Avaliação da biomassa de trigo cultivar IAC24 – Tucuruí utilizando radiometria de campo e imagens NOAA-AVHRR. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003. **Anais**. Belo Horizonte, INPE, 2003. p. 117-122.

HECKMAN, N. L.; ELTHON, T.E.; HORST, G.L.; GAUSSOIN, R.E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 423-427, 2002.

HIEMSTRA, M.; KOK, A. de. Determination of Trinexapac in Wheat by Liquid Chromatography-Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 20, 2003. p. 5855-5860.

HOLEN, D.L.; BRUCKNER, P.L.; MARTIN, J.M.; CARLSON, G.R.; WICHMAN, D.M.; BERG, J.E. Response of Winter Wheat to Simulated Stand Reduction. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 364-370, 2001.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. IAPAR. **Informações técnicas para a cultura de trigo na Paraná – 2000**. Londrina, 2000. 152p. (IAPAR, Circular, 109).

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 10 jan. 2009a.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná – Mapa de precipitação**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=856>>. Acesso em: 10 jan. 2009b.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná – Temperatura – Trimestre mais frio**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=615>>. Acesso em: 10 jan. 2009c.

KERBER, E.; LEYPOLD, G.; SEILER, A. CGA 163'935 a new plant growth regulator for small grain cereals, rape and turf. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS. **Proceedings**. Switzerland: Ciba Geigy, 1989. p.83-8.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução de Carlos Henrique B. A. Prado. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.

LAZZAROTTO, C. Avaliação da produtividade da cultura do trigo (*Triticum aestivum* (L.) Thell), em função da época de semeadura, na região de Dourados. Piracicaba, 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

LIMA, M.R.S; LOVATO, C. Efeito do cloreto de Chlormequat sobre quatro cultivares de trigo em duas épocas de semeadura. **Revista Científica do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 25, p. 371-374, 1995.

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V.F.; SANTOS, D. dos; BENCKE, M.H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.

LOZANO, C.M.; LEADEN, M.I. **Efecto de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento y altura en dos cultivares de trigo**. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRIGO, 5 e SIMPÓSIO NACIONAL DE CEREALES DE SIEMBRA OTOÑO INVERNAL, 3. Argentina, Inta, 2002. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/pos-ters/5/leaden.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2006.

LOZANO, C.M.; LEADEN, M.I.; COLABELLI, M.N. **Efecto de Trinexapac ethyl sobre la morfología del tallo en dos cultivares de trigo**. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRIGO, 5 e SIMPÓSIO NACIONAL DE CEREALES DE SIEMBRA OTOÑO INVERNAL, 3. Argentina, Inta, 2002. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/5/morfol-deltalolea-den.htm>>. Acesso em: 12 ago 2006.

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.

MCCANN, S.E.; HUANG, B. Effects of Trinexapac-Ethyl Foliar Application on Creeping Bentgrass Responses to Combined Drought and Heat Stress. **Crop Science**, Madison, v. 47, 2007. p. 2121-2128.

MEROTTO JUNIOR, A. **Processo de afilhamento e crescimento de raízes de trigo afetados pela resistência do solo**. Porto Alegre, 1995. 114p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFRGS, 1995.

MIRALLES, D.J.; SPINEDI, M.V.; ABELEDO, L.G.; ABELLEYRA, D. de; GELSO, P.; WHITECHURCH, F.; GONZÁLEZ, F.; ARISNABARRETA, S. Cronotrigo©: Un modelo simple para predecir la fenología en trigo. In: CONGRESO “A TODO TRIGO”. **Atas**. Mar del Plata: FCEGAC, 2006. 11 p.

MODDUS: **Boletim Técnico**. Syngenta, 2005. 11 p.

MOREIRA, M.A.; ANGULO FILHO, R.; RUDORFF, B.F.T. Eficiência do uso da radiação e índice de colheita em trigo submetido a estresse hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 597-603, 1999.

MOREIRA, M.A.; RUDORFF, B.F.T.; FELÍCIO, J.C.; FREITAS, J.G. de; TARGA, M. dos S. Variação espectral e eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa em ensaio com genótipos de trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 331-338, 2005.

MOTZO, R.; GIUNTA, F.; DEIDDA, M. Expression of a tiller inhibitor gene in the progenies of interspecific crosses *Triticum aestivum* L. x *T. turgidum* subsp. *durum*. **Field Crops Research**, v. 85, p. 15-20, 2004.

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

NAKAYAMA, K.; KAMIAY, Y.; KOBAYASHI, M.; ABE, H.; SAKURAI A. Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell-free systems derived from immature seeds. **Plant Cell Physiology**, v.31, p. 1183-1190, 1990.

OVIDO, 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 Biociências**, Taubaté, v.7, n. 1, 2001. p. 23-33.

OZTURK, A.; CAGLAR, O.; BULUT, S. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.192, p.10-16, 2006.

PELTONEN, J.; PELTONEN-SAINIO, P. Breaking Uriculm Growth Habit of Spring Cereals at High Latitudes by Crop Management. II. Tillering, Grain yield and Yield Components. **J. Agronomy & Crop Science**, v. 178, p. 87-95, 1997.

PENCKOWSKI, L. H. **Efeitos do trinexapac-ethyl e do nitrogênio na produtividade da cultura do trigo**. Ponta Grossa: 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

PIRES, J. L. F.; LIMA, M. I. P. M.; VOSS, M.; SCHEEREN, P. L.; WIETHÖLTER, S.; CUNHA, G. R. da; IGNACZAK, J. C.; CAIERÃO, E. **Avaliação de cultivares de trigo em sistema de manejo tradicional e otimizado, Passo Fundo, 2004**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 19 p. (Documentos Online, 54). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do54.htm>. Acesso em 15 nov. 2008.

POWELL, J.B.; SCHLEHUBER, A.M. Components of height inheritance of the semidwarf straw character in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 5, p. 511-516, 1967.

RADEMACHER, W. Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 501-531, 2000.

RAJALA, A. **Plant growth regulators to manipulate cereal growth in Northern growing conditions**. 53 p. 2003. Dissertation (Academic) – Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Helsinki, 2003. Disponível em: <<http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/sbiol/vk/rajala/plantgro.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2006.

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant Growth Regulator Effects on Spring Cereal Root and Shoot Growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 936-943, 2001.

RAWSON, H.M.; EVANS, L.T. The contribution of stem reserves to grain development in a range of wheat cultivars of different height. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 22, p. 851-868, 1971.

RESENDE, P.A.P.; SOARES, J.E.; HUDETZ, M. Moddus, a plant growth regulator and management tool for sugarcane production in Brasil. **Inter. Sugar. J.**, v. 103, p. 2-6, 2001

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. RCBPTT, 1. **Informações técnicas para a safra 2008: trigo e triticale**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 147 p.

REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO – RCCSBPTT, 19; REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO – RCBPTT, 10. **Informações Técnicas da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e de Triticale para a Safra de 2004**. Londrina: Embrapa Soja/IAPAR, 2004. 214 p

RICHARDS, R.A. A tiller inhibition gene in wheat and its effect on plant growth. **Australian Journal of Agricultural Science**, v. 39, p. 749-757, 1988.

RICHARDS, D.E.; KING, K.E.; AIT-ALI, T.; HARBERD, N.P. How Gibberellin Regulates Plant Growth and Development: A Molecular Genetic Analysis of Gibberellin Signaling. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 52, p. 67-88, 2001.

RIFFKIN, P.A.; HOLDEN, S.; EVANS, P.E.; WRIGHT, A. Growth attributes for higher wheat yields in the high rainfall zone of south-western Victoria. In: Australian Agronomy Conference, 10.. 2001, Hobart. **Proceedings**. Hobart, Tasmania, Au : The Australian Society of Agronomy, 2001

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.; VARGAS, R. **Efeito de redutor de crescimento cycocel e de altas doses de adubação nitrogenada em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 23 p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 7). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bp07.htm>. Acesso em: 15 abr. 2006.

RUDORFF, B. F. T. ; MOREIRA, M. A. ; TARGA, M. S. ; FREITAS, J. G. . Resposta espectral do trigo e sua relação com parâmetros agrônômicos - ano safra 2000. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 9. **Anais**. Cochabamba: SELPER, 2002. p. 1-8.

SAFIRA: um marco em rendimento e qualidade! **OR Melhoramente de Sementes Ltda.**, São Paulo. Disponível em: <http://www.orsementes.com.br/index.php?id_menu=ver_cultivar&id_cultivar=24&title=SAFIRA>. Acesso em: 15 nov. 2008.

SALOMON, M.V. **Trigo: avaliação de linhagens diaplóides via cultura de anteras**. 2001, 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SATORRE, E.H. Plant Density and Distribution As Modifiers of Growth and Yield. In: SATORRE, E.H.; SLAFER, G.A. **Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination**. New York, Food Products Press, 1999. p. 141-150.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N. de; MAIA, M. de S. Vigor de sementes de populações de aveia preta: II. Desempenho e utilização de nitrogênio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.121-127, 2000.

SHEPARD, D.; DIPAOLA, J.M. Regulate growth and improve turf quality. **Golf Course Management**, v. 68, n. 3, p. 56-59, 2000.

SLAFER, G. A.; ABELEDO, L. G.; MIRALLES, D. J. Photoperiod sensitivity during stem elongation as an avenue to raise potential yield in wheat. In: BEDÖ, Z.; LÁNG, L. (Ed.). **Wheat in global environment**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. p. 487-496.

SLAFER, G.A.; CONNOR, D.J.; HALLORAN, G.M. Rate of Leaf Appearance and Final Number of Leaves in Wheat: Effects of Duration and Rate of Change of Photoperiod. **Annals of Botany**, v. 74, p. 427-436, 1994.

SWANTON, C.J.; CHANDLER, K.; JANOVICEK, K.J. Integration of cover crops into no-till and ridge-till wheat (*Triticum aestivum* L.) – corn (*Zea mays* L.) cropping sequence. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 76, n. 1, p. 85-91, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Tradução de Eliane Romanato Santarém. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 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. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 20). Disponível em: <http://www.cnpt.embra-pa.br/bi-blio/p_bp20.htm>. Acesso em: 15 abr. 2006.

TERUEL, D.A.; SMIDERLE, O.J. Trigo. In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (Coord.). **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999. p.13-40.

TRINDADE, M. da G.; BARROS, R.G.; SIQUEIRA, M.M.H.; MOREIRA, H.L. Produção de trigo irrigado no cerrado em diferentes densidades de semeadura. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, São Luís de Montes Belos, v.1, n.1, 2006. p. 99-115. Disponível em: <<http://www.fmb.edu.br/revista>>. Acesso em: 15 nov. 2008.

VALÉRIO, I.P.; F CARVALHO. F.I.F. de; OLIVEIRA, A.C. de; MACHADO, A. de A.; BENIN, G.; SCHEEREN, P.L.; SOUZA, V.Q. de; HARTWIG, I. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 319-326, 2008.

WANG, Z., JINMIM, F.U., MINGRONG, H.E., YANPING, Y.I.N. E HONGMING, C.A.O. Planting density effects on assimilation and partitioning of photosynthates during grain filling in the late-sown wheat. **Photosyntetica**, v. 33, p. 199-204. 1997.

WEILER, E.W., ADAMS, R. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163'935. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE – WEEDS. **Proceedings**. Switzerland: Ciba Geigy, 1991. p.1133-1138.

WIERSMA, J. Optimum Time and Rate of Trinexapac-ethyl Plant Growth Regulator to Reduce Lodging in Hard Red Spring Wheat. In: 2005 WHEAT RESEARCH REVIEW.

Proceedings. Red Lake Falls: Minnesota Wheat Research & Promotion Council, 2005. Disponível em: < <http://www.small-grains.org/2005WRR/2005wrr.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2006.

ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, Oxford, v. 14, p. 415-421, 1974.

ZANATTA, A. C. A., OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agronômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26 p. 1001-1016, 1991.

ZAGONEL, J. Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24. Brasília, 2006. **Resumos...** Brasília: UNB, 2006. P. 522.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Doses e épocas de aplicação do redutor de crescimento ethyl-trinexapac e duas doses de nitrogênio afetando cultivares de trigo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 38 e REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 21. 2006. Passo Fundo: **Resumos e Atas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. p. 271-275.

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

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 densidade de plantas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002a.

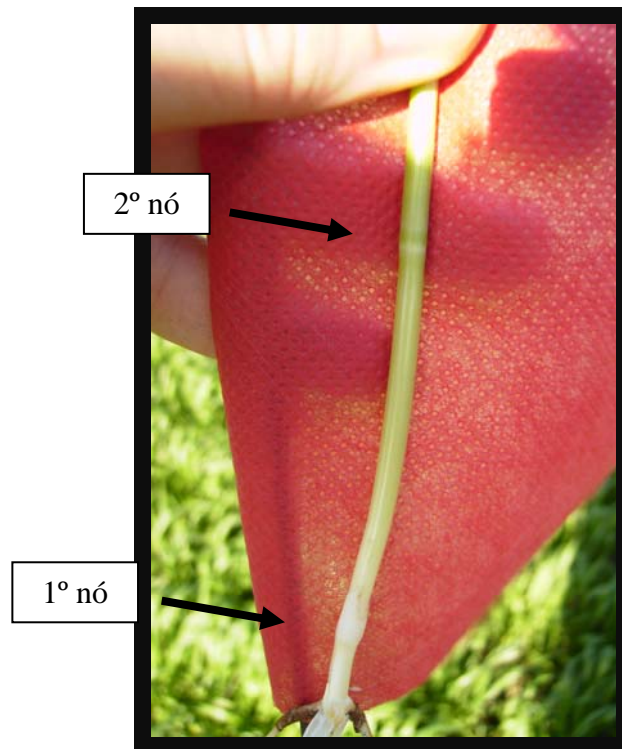
ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.23, n.1, p. 25-29, 2002b.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.D. **Sistema de Análise Estatística para microcomputadores** (Software). Pelotas, UFPel, 1984. 138 p.

**Apêndice 1 – Planta de trigo na fase de alongação do colmo, entre 1º e 2º nó perceptível
(época de aplicação do trinexapac-ethyl)**



(a) plantas de trigo na fase de alongação do colmo, entre o 1° e 2° nó perceptível (época de aplicação do trinexapac-ethyl) das cultivares BRS 208, Safira e OR-1.



(b) Colmo da planta-mãe entre o 1° e 2° nó perceptível.

Apêndice 2 – Comprimento da folha-bandeira das cultivares OR-1 e Safira, em função da aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl



(a) Folha-bandeira da cultivar OR-1, na população de 900 sementes m^{-2} , sem e com a utilização do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (TE).



(b) Folha-bandeira da cultivar Safira, na população de 600 sementes m^{-2} , sem e com a utilização do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (TE).