

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MARINA SENGER

NITROGÊNIO, REGULADOR DE CRESCIMENTO E DENSIDADE DE
SEMEADURA AFETANDO A PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE INDUSTRIAL DO
TRIGO

PONTA GROSSA
2017

MARINA SENGER

NITROGÊNIO, REGULADOR DE CRESCIMENTO E DENSIDADE DE
SEMEADURA AFETANDO A PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE INDUSTRIAL DO
TRIGO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Doutorado – da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Área de concentração: Agricultura. Linha de Pesquisa: Fisiologia, Melhoramento e Manejo de Culturas.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Zagonel

PONTA GROSSA
2017

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

Sanger, Marina

S474 Nitrogênio, regulador de crescimento e densidade de semeadura afetando a produtividade e a qualidade industrial do trigo/ Marina Sanger. Ponta Grossa, 2017. 154f.

Tese (Doutorado em Agronomia - Área de Concentração: Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Zagonel.

1.Triticum aestivum L.. 2.Adubação nitrogenada. 3.Trinexapac-ethyl. 4.Qualidade industrial. 5.Peso hectolítrico. I.Zagonel, Jeferson. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Doutorado em Agronomia. III. T.

CDD: 633.11



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

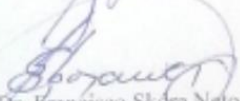
Título da Tese: "Nitrogênio, regulador de crescimento e densidade de semeadura afetando a produtividade e a qualidade industrial do trigo".

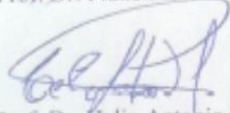
Nome: Marina Senger

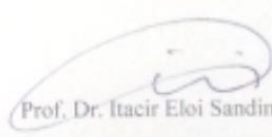
Orientador: Jeferson Zagonel

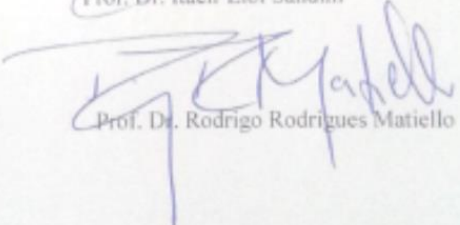
Aprovado pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. Jeferson Zagonel


Prof. Dr. Francisco Skoda Neto


Prof. Dr. Helio Antonio Wood Joris


Prof. Dr. Itacir Eloir Sandini


Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Matiello

Data da Realização: 28 de Abril de 2017.

Dedico a Deus, por estar presente em minha vida me iluminando em todos os
momentos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Angela e Moacir, e irmãos, Renan e Felipe, pelo apoio em todos os momentos da minha vida e pelo incentivo de sempre continuar estudando.

Aos meus avós Avanir, Irene, Sofredo (in memoriam) e Amélia pela educação, amor e ensinamentos.

Aos meus tios e tias, em especial a minha madrinha Maria Cristina Baluta, que sempre estiveram do meu lado nos momentos mais importantes da minha vida. Aos meus primos, por todos os momentos juntos.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa. A Fazenda Escola e seus funcionários por tornar isso possível, sempre pronto ao atendimento imediato.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jeferson Zagonel pela excelente orientação ao longo desse trabalho, dedicação, paciência, ensinamentos e pela grande amizade. Por acreditar em mim desde o período da graduação, me ajudando a crescer cada vez mais.

A todos os professores da graduação e da pós-graduação, os quais ajudaram a trilhar minha carreira acadêmica.

Aos membros presentes na minha banca de qualificação e defesa pela contribuição de seus conhecimentos e sugestões.

Agradeço em especial ao Allan Christian de Souza pela amizade, companheirismo e ajuda durante todo o trabalho.

Aos alunos da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Alysson Borsato, Conrado Baier, Mauricio Pavão, Nayane Marcon e Camila Ferreira que ajudaram e contribuíram para que esse trabalho fosse concluído.

A todos aqueles que de alguma forma participaram na condução e realização deste trabalho.

RESUMO

O trigo é um dos cereais mais importantes a nível mundial e é um alimento básico para cerca de um terço da população do mundo, fornecendo mais proteína do que qualquer outro cereal. O desafio global para a cadeia de produção do trigo é aumentar a produtividade de grãos e a qualidade industrial. A produtividade e a qualidade do trigo podem ser comprometidas por diversos fatores que ocorrem no campo, como modo de cultivo, manejo, acamamento e condições de clima e solo. Com o objetivo de avaliar o efeito de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura, densidades de semeadura e épocas de aplicação do regulador de crescimento e sua influência na produtividade e na qualidade industrial dos grãos, foram instalados doze experimentos, diferindo pelo manejo, cultivar e ano de cultivo, na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa, PR, região Campos Gerais, no ano de 2013 com repetição em 2014. O delineamento experimental utilizado nas diferentes épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura, para cada cultivar (Gralha Azul e BRS-Pardela), foi de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos constaram de seis épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura, aos 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias após a semeadura. A dose utilizada foi de 100 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia (222 kg ha⁻¹). O delineamento experimental utilizado nas diferentes densidades de semeadura, para cada cultivar (Gralha Azul e BRS-Pardela), foi de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos constaram de seis densidades de semeadura, com 150, 300, 450, 600, 750 e 900 plantas por metro quadrado. O delineamento experimental utilizado nas diferentes épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl, para cada cultivar (Gralha Azul e BRS-Pardela), foi de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos constaram de três épocas de aplicação, no perfilhamento, entre o 1º e o 2º nó perceptível, entre o 2º e o 3º nó e testemunha. O sistema de cultivo utilizado foi o plantio direto na palha, sendo a soja a cultura antecessora nos dois anos de pesquisa. Na fase de antese foram avaliados o número de perfilhos; comprimento e largura das folhas e estatura da planta mãe. Na maturidade fisiológica foi avaliado o número de espigas por metro e de espiguetas por espigas; o número de grãos por espiga; massa de mil grãos e índice de colheita aparente. Quando os grãos atingiram o ponto de colheita foi estimado a produtividade e o índice de acamamento. Dos grãos colhidos foi determinado o peso hectolítrico (PH) e o Número de queda (NQ). Fundamentado nos resultados encontrados pode-se concluir que a aplicação de nitrogênio em cobertura na fase de perfilhamento proporcionou maior produtividade na cultura do trigo. A época de aplicação de N não afetou o PH e o NQ, visto que essa resposta também está relacionada com a interação da cultivar e as condições ambientais. As diferentes densidades de semeadura afetam a produtividade na cultura do trigo, sendo as melhores densidades aquelas que também são recomendadas pela pesquisa oficial. As diferentes densidades de semeadura não afetaram o PH e o NQ, e essa resposta também pode estar relacionada com a interação da cultivar e as condições ambientais. As épocas de aplicação de Trinexapac-ethyl não proporcionaram maior produtividade na cultura do trigo. A época de aplicação do regulador afetou os valores de PH apenas em um ano

e não afetou os valores de NQ, essa resposta pode estar relacionada com a interação da cultivar e as condições ambientais.

Palavras chaves: *Triticum aestivum* L.; Adubação nitrogenada; Trinexapac-ethyl; Qualidade industrial; Peso hectolítrico; Número de queda.

ABSTRACT

Wheat is one of the world's most important cereals and is a staple food for about a third of the world's population, providing more protein than any other cereal. The overall challenge for the wheat production chain is to increase grain yield and industrial quality. Wheat yield and quality can be compromised by several factors that occur in the field, such as cultivation, management, lodging, and soil and climate conditions. In order to evaluate the effect of nitrogen application times on cover, seeding densities and application times of the growth regulator and the influence on grain yield and industrial quality, twelve experiments were carried out, differing in the management, cultivar and Year of cultivation, in the School Farm of the State University of Ponta Grossa, in the Ponta Grossa, PR, Campos Gerais, in the year 2013 with repetition in 2014. The experimental design used in the different times of nitrogen application in coverage, for each cultivar (Gralha Azul and BRS-Pardela) was randomized blocks with 6 treatments and 4 replicates. The treatments consisted of six times of nitrogen application in cover, at 0, 10, 20, 30, 40 and 50 days after sowing. The dose used was 100 kg ha⁻¹ of N as urea (222 kg ha⁻¹). The experimental design used in the different sowing densities, for each cultivar (Gralha Azul and BRS-Pardela), was randomized blocks with 6 treatments and 4 replicates. The treatments consisted of six sowing densities, with 150, 300, 450, 600, 750 and 900 plants per square meter. The experimental design used in the different application times of the Trinexapac-ethyl growth regulator for each cultivar (Gralha Azul and BRS-Pardela) was a randomized complete block with 4 treatments and 4 replicates. The treatments consisted of three application times, in the tillering, between the 1st and 2nd node perceptible, between the 2nd and 3rd node and control. The cultivation system used was no-till in the straw, and soybeans were the predecessor crop in the two years of research. In the anthesis phase, the number of tillers was evaluated; Length and width of the leaves and height of the mother plant. At physiological maturity, the number of ears per meter and spikelets per ear were evaluated; The number of grains per spike; Mass of one thousand grains and apparent harvest index. When the grains reached the harvest point, yield and lodging index were estimated. From the harvested grains, the hectolitic weight (PH) and Falling Number (NQ) were determined. Based on the results found, it can be concluded that the application of nitrogen under cover in the tillering phase provided higher productivity in the wheat crop. The time of N application did not affect the pH and NQ, since this response is also related to the interaction of the cultivar and the environmental conditions. The different sowing densities affect yield in the wheat crop, with the best densities being those recommended by official research. The different sowing densities did not affect the PH and the NQ, and this response could also be related to the interaction of the cultivar and the environmental conditions. The times of application of Trinexapac-ethyl did not provide greater yield in the wheat crop. The time of application of the regulator affected the values of PH only in one year and did not affect the values of NQ, this response could be related to the interaction of the cultivar and the environmental conditions.

Key words: *Triticum aestivum* L.; Nitrogen fertilization; Trinexapac-ethyl; Industrial quality; Hectolitic weight; Falling Number

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Peso mínimo do Hectolitro para classificação do trigo.	24
Tabela 2 – Valores de Número de queda para classificação do trigo.	26
Tabela 3 - Número de plantas por metro quadrado na antese das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, PR. 2013 e 2014.	51
Tabela 4 - Estatura da planta mãe (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	52
Tabela 5 - Índice de acamamento (IA) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	53
Tabela 6 - Número de perfilhos das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	55
Tabela 7 - Largura da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	56
Tabela 8 - Comprimento da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	57
Tabela 9 - Largura da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	57
Tabela 10 - Comprimento da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	57
Tabela 11 - Largura da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	58
Tabela 12 - Comprimento da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	58
Tabela 13 - Diâmetro do colmo (mm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	59

Tabela 14 – Número de espiga por metro das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	60
Tabela 15 - Número de espiguetas por espiga das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	62
Tabela 16 – Número de grãos por espiga das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura após a semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	63
Tabela 17 - Massa de mil grãos (g) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	65
Tabela 18 - Produtividade de grãos (kg.ha ⁻¹) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, PR, 2013 e 2014.....	67
Tabela 19 -Índice de colheita das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura após a semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	69
Tabela 20 - Peso hectolitro (PH) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	70
Tabela 21 - Número de queda (NQ) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	72
Tabela 22 – Número de plantas por metro quadrado das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	88
Tabela 23 – Estatura de plantas (cm) de trigo das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	90
Tabela 24 – Número de perfilhos das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014. ..	92
Tabela 25 – Largura da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	93
Tabela 26 - Comprimento da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	94

Tabela 27 – Largura da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	94
Tabela 28 - Comprimento da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	94
Tabela 29 - Largura da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	95
Tabela 30 - Comprimento da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	95
Tabela 31 – Diâmetro do colmo da planta mãe (mm) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	96
Tabela 32 – Número de espigas por metro das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	98
Tabela 33 – Número de espiguetas por espiga das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	99
Tabela 34 – Número de grãos por espiga das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	100
Tabela 35 – Massa de mil grãos (g) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	102
Tabela 36 – Produtividade (kg.ha ⁻¹) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	104
Tabela 37 – Índice de colheita aparente (ICA) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	105
Tabela 38 – Peso Hectolitro (PH) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	106
Tabela 39 – Número de queda (NQ) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	108
Tabela 40 - Índice de acamamento de plantas (IA) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	126

Tabela 41 - Número de plantas por metro quadrado das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	127
Tabela 42 - Estatura de plantas de trigo (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	128
Tabela 43 – Número de perfilhos das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	129
Tabela 44 – Largura da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	131
Tabela 45 - Comprimento da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes épocas de aplicação do regulador de crescimento. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	131
Tabela 46 – Largura da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	131
Tabela 47 - Comprimento da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	132
Tabela 48 - Largura da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	132
Tabela 49 - Comprimento da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	132
Tabela 50 – Diâmetro do colmo da planta mãe (mm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	133
Tabela 51 – Comprimento do 1º-2º entrenó (cm) do colmo da planta mãe das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	134
Tabela 52 – Comprimento do 2º-3º entrenó (cm) do colmo da planta mãe das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	135
Tabela 53 – Comprimento do 3º-4º entrenó (cm) do colmo da planta mãe das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador	

de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	135
Tabela 54 – Número de espigas por metro das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	136
Tabela 55 – Número de espiguetas por espiga das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	137
Tabela 56 – Número de grãos por espiga das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	138
Tabela 57 – Massa de mil grãos (g) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	139
Tabela 58 – Produtividade (kg.ha ⁻¹) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	141
Tabela 59 – Índice de colheita aparente (ICA) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.	142
Tabela 60 – Peso Hectolitro (PH) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	144
Tabela 61 – Número de queda (NQ) das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.....	145

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo geral	18
2.2	Objetivos específicos	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	Taxonomia	19
3.2	Origem	19
3.3	Características morfológicas	20
3.4	Produção	21
3.5	Formas de consumo	22
3.6	Qualidade industrial do trigo	23
3.6.1	Peso hectolitro	24
3.6.2	Número de queda	26
3.7	Manejo da cultura do trigo	27
3.7.1	Nitrogênio	27
3.7.2	Densidade de plantas	29
3.7.3	Reguladores de crescimento	31
3.7.4	Trinexapac-ethyl	32
3.8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
4	CAPÍTULO 1 - ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO NITROGÊNIO EM COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DOS GRÃOS e na PRODUTIVIDADE DO TRIGO	42
4.1	INTRODUÇÃO	44
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	46
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.4	CONCLUSÕES	74
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
5	CAPÍTULO 2 – DENSIDADES DE SEMEADURA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DOS GRÃOS e na PRODUTIVIDADE DO TRIGO	81
5.1	INTRODUÇÃO	83
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	84
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	88

5.4	CONCLUSÃO.....	110
5.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
6	CAPÍTULO 3 - ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DOS GRÃOS e na PRODUTIVIDADE DO TRIGO	118
6.1	INTRODUÇÃO	120
6.2	MATERIAL E MÉTODOS	122
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	126
6.4	CONCLUSÃO.....	147
6.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148

1 INTRODUÇÃO

O trigo é um dos cereais mais importantes, sendo alimento básico para cerca de um terço da população do mundo (HUSSAIN et al., 2002), fornecendo mais proteína do que qualquer outro cereal (IQTIDAR et al., 2006). O desafio global para a cadeia de produção do trigo é aumentar a produtividade de grãos e a qualidade industrial (TILMAN et al., 2002).

A produtividade e a qualidade do trigo podem ser influenciadas por diversos fatores que ocorrem no campo, como deficiência de nitrogênio, modo de cultivo, manejo, acamamento e condições de clima e solo. De todos os produtos derivados do trigo, a farinha é a mais importante devido aos seus múltiplos usos (GUARIENTI, 1993). A farinha de trigo para a panificação deve apresentar características como alta capacidade de absorção de água, boa tolerância ao amassamento, glúten de força média a forte e alta porcentagem de proteína. Uma vez atendidos esses requisitos, tem-se alta probabilidade de produzir pão de boa qualidade (SOAVE; FREITAS, 1996).

De acordo com PELTONEN (1992), a concentração de proteínas nos grãos do trigo é um dos principais fatores determinantes da qualidade. O teor e a qualidade das proteínas são especialmente afetados pelas diferenças ambientais como clima, irrigação, temperatura, fertilidade, mobilidade do nutriente no solo e na planta, disponibilidade de nitrogênio no solo e práticas de manejo em geral (COELHO et al., 2001). Entre o planejamento das técnicas de manejo para cada cultivar, a adubação tem grande importância, principalmente em relação à época e a quantidade de nitrogênio a ser aplicado, pois a esse nutriente está intimamente ligado ao acamamento das plantas e a qualidade dos grãos.

O acamamento é um dos fatores que podem limitar a produção de grãos de trigo de modo expressivo (PENCKOWSKI, 2009), afetando a estatura morfológica essencial para o uso eficiente de carboidratos e sua translocação para os grãos e quanto mais cedo ocorrer, maior será a redução da produtividade e da qualidade dos grãos (RODRIGUES et al., 2003; ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Para evitar a ocorrência do acamamento, o qual afeta negativamente a qualidade industrial do trigo, geralmente aplicam-se reguladores de crescimento, como o Trinexapac-ethyl, que é um regulador de crescimento utilizado em cereais de inverno que promove redução acentuada no comprimento do caule, com redução da estatura

de plantas (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Apesar dessa vantagem do regulador de crescimento em relação a cultura do trigo, pouco se tem estudado do efeito do Trinexapac-ethyl e outros reguladores na qualidade industrial do trigo.

Outro fator para a obtenção de alta produtividade e qualidade industrial de trigo é a densidade de semeadura. Esse fator permite uma melhor utilização da luz, água e nutrientes, pois, segundo Loomis e Amthor (1999), para obtenção de altas produtividades de grãos deve-se maximizar a duração da interceptação da radiação, utilizar eficientemente a energia interceptada, distribuir novos assimilados na proporção ótima para formação de folhas, colmos, raízes e de estruturas reprodutivas, mantendo estes processos com custo mínimo para a planta. No caso do trigo, a produtividade de grãos é a expressão de fatores combinados, ou seja, do número de espigas por unidade de área, do número de grãos por espiga e do peso médio dos grãos (FONTES, 2000), e a população de plantas destaca-se por influir diretamente nos componentes do rendimento.

Diante disso, torna-se necessária a identificação da proporção com que o nitrogênio, regulador de crescimento e densidade de semeadura influenciam a produtividade e a qualidade industrial de grãos do trigo para obter a qualidade exigida pelo mercado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência de densidades de semeadura, utilização do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura, no desenvolvimento das plantas, componentes de rendimento, produtividade e qualidade dos grãos de duas cultivares de trigo em dois anos de cultivo.

2.2 Objetivos específicos

Esse estudo teve os objetivos específicos de: (i) Comparar os resultados obtidos com os recomendados pela pesquisa oficial para as densidades de semeadura, épocas de aplicação do regulador de crescimento e de nitrogênio em cobertura e se há algum benefício na produtividade e na qualidade do trigo com a variação destes fatores; (ii) Propor o melhor manejo, visando a maior produtividade associada com melhor qualidade dos grãos de trigo, com destaque para PH e NQ.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Taxonomia

O trigo pertence ao reino *Plantae*, divisão *Magnoliophyta*, classe *Liliopsida*, ordem *Poales*, família *Poaceae*, gênero *Triticum*, sendo a forma cultivada pertencente à espécie *T. aestivum* L.

3.2 Origem

Acredita-se que o trigo (*Triticum aestivum* L.) seja originário de gramíneas que se desenvolviam nas proximidades dos rios Tigres e Eufrates (Ásia), por volta dos 10.000 a 15.000 a. C., porém, os primeiros registros são datados de 550 anos a. C. (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015).

A espécie *Triticum aestivum* L. é hexáploide ($2n = 6x = 42$). Uma hibridação natural entre um tetraploide (*Triticum turgidum*; $2n = 4x = 28$) e uma gramínea silvestre (*Aegilops squarrosa*; $2n = 2x = 14$) deu origem ao *T. aestivum* e outros trigos hexápidos menos conhecidos (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015).

A história do trigo cultivado está extremamente relacionada com desenvolvimento da civilização humana. A domesticação, iniciada a mais de dez mil anos na região da Mesopotâmia permitiu que o homem deixasse para trás milhares de anos de existência como caçador e coletor, estabelecendo-se em povoados e gerando seu próprio sustento (PIANA; CARVALHO, 2008).

Os trigos primitivos tinham espigas muito frágeis, que quebravam com facilidade quando maduras. As sementes eram aderidas as partes florais. Através da seleção natural e artificial, depois de milhares de anos, o trigo se tornou no que é cultivado atualmente (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015).

O trigo comum utilizado para panificação, que pertencente à espécie *Triticum aestivum* L., apresenta um alohexaplóide com três genomas básicos, A, B e D, cada um deles representado por sete pares de cromossomos. Nos cromossomos do genoma D estão os genes responsáveis pela qualidade de panificação. O *Triticum durum* L., denominado de trigo macarroneiro, apresenta apenas os genomas A e B, não possuindo genes para qualidade de panificação (CARVALHO, 1982).

3.3 Características morfológicas

O trigo é uma planta herbácea, de ciclo anual, que pode alcançar entre 60 e 110 centímetros de estatura, sendo variável entre cultivares e para uma mesmo cultivar, em ambientes diferentes. O sistema radicular é fasciculado e pode atingir 1 metro de comprimento. O colmo é cilíndrico e oco, separado por 4 a 7 entrenós, nos quais nascem as folhas, que são alternas, longas e estreitas. Os entrenós têm comprimento variável, aumentando da base ao ápice da planta até o pedúnculo, que é a porção do colmo que vai do último nó até a base da espiga do trigo (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015). A planta de trigo, semelhante aos outros cereais de inverno, apresenta a capacidade de perfilhar, ou seja, são emitidos novos colmos, envolvidos em estruturas foliares denominadas prófilos (SCHEEREN et al., 2011).

Cada folha é composta pela bainha, lamina, lígula e um par de aurículas, normalmente pilosas, na base da lamina. Tamanho, número, forma, posição, cerosidade e outras características das folhas são fatores importantes para o rendimento de grãos e para a caracterização dos cultivares de trigo (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015).

A inflorescência de trigo é uma espiga composta, dística, formada por espiguetas alternadas e opostas no ráquis. Existe uma variedade de tipos de espigas, em relação a densidade, forma, comprimento e largura da espiga. Cada espiguetas é formada por flores (3 a 9) dispostas alternadamente e presas a ráquila. Normalmente as flores superiores das espigas são estéreis ou imperfeitas. Na base de cada espiguetas estão duas brácteas denominadas de glumas (SCHEEREN et al., 2011). As flores são compostas por uma lema (com ou sem aristas) e uma pálea. Entre essas duas estruturas estão o estigma e as três anteras (SCHEEREN et al., 2011).

O grão do trigo, denominado de cariopse, é pequeno, seco e indeiscente. Pode variar em forma, comprimento e em largura. Normalmente o teor de proteína nos grãos está ao redor de 12%, podendo variar de 6 a 20%. A dureza dos grãos, rendimento de farinha, qualidade industrial e quantidade de proteína variam com as cultivares e podem variar, também, com o ambiente (SCHEEREN et al., 2011).

Existem trigos que são cultivados na primavera e outros no inverno. No hemisfério norte, o uso preferencial é por germoplasmas invernais, de ciclo mais longo e semeado no outono. Esses materiais têm maior potencial de rendimento, devido a maior período de acumulação de reservas durante a fase vegetativa. No

Brasil, os materiais são primaveris, com menor ciclo de cultivo, ou seja, menor tempo para acúmulo de reservas e menor potencial de rendimento (DE MORI, 2015).

O grão de trigo é constituído, basicamente, por pericarpo (7,8 a 8,6%), endosperma (87 a 89%) e gérmen (2,8 a 3,5%) (QUAGLIA, 1991). O pericarpo é rico em fibras e sais minerais (ATWELL, 2001). O endosperma consiste numa matriz proteica, no qual está inserido grânulos de amido (HADDAD et al., 2001). O gérmen se encontra grande parte dos lipídeos e dos compostos fundamentais à germinação do grão (ATWELL, 2001).

O ciclo do trigo é dividido em estádios de desenvolvimento e os mais utilizados são: plântula, perfilhamento, alongamento, emborrachamento, espigamento, florescimento, grão em estado leitoso, grão em massa, grão em maturação fisiológica e grão maduro. Foram descritas diversas escalas fenológicas para a cultura do trigo, sendo as mais divulgadas a escala de Feeks (1940), modificada por Large (1954) e a de Zadocks, Chang e Konzac (1974). A diferença entre essas duas escalas está relacionada ao detalhamento de cada etapa, onde a escala de Feeks caracteriza os estádios de forma mais geral. A de Zadocks et al., proporciona uma visão mais detalhada de cada estágio, pois está dividida em 10 etapas (germinação, crescimento de plântula, afilhamento, alongamento, emborrachamento, emergência da inflorescência, antese, desenvolvimento grão leitoso, desenvolvimento do grão em massa e maturação) e, cada uma, em 10 subetapas (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015).

3.4 Produção

Na década de 90, o trigo era o cereal de maior área de cultivo e de maior produção no mundo. A partir da segunda metade da década da 90, a produção de milho superou a produção de trigo (DE MORI, 2015).

A produção mundial de trigo na safra 2014/2015 foi de 734,93 milhões de toneladas, em uma área plantada de 219,6 milhões de hectares. A estimativa de produção mundial para a safra 2015/2016 é de 735,39 milhões de toneladas. Os maiores produtores são a União Europeia, China, Índia, Rússia e Estado Unidos (USDA, 2015), cujas condições climáticas são mais estáveis para o cultivo.

A maior demanda do cereal destina-se a alimentação humana e representou 79,8% do consumo mundial total no período de 2011 a 2013, o restante é destinado a alimentação animal e resíduos (DE MORI, 2015).

As condições climáticas favoráveis à produção de grãos de trigo se concentram na região Sul do Brasil. Em 2016, a produção nacional deste cereal foi de 6.726 mil toneladas em uma área plantada de 2.118 mil hectares, com uma produtividade média de 3.175 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

No Brasil, estima-se que área plantada em 2017 será mantida. A previsão da produtividade e produção é de 16% inferior a safra passada (CONAB, 2017). Estado do Paraná é o maior produtor nacional, respondendo por 50,7% da produção brasileira. A área plantada em 2016 com o cereal no Paraná foi de 1,086 mil hectares e com expectativa de manter a área de semeadura em 2017. A expectativa de produtividade em 2017 é de 2.839 kg ha⁻¹, 9,6 % menor que em 2016, que foi de 3.140 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

3.5 Formas de consumo

O cereal é utilizado na alimentação humana (farinha, macarrão, biscoitos, bolos, pães, etc.), na elaboração de produtos não alimentícios (misturas adesivas ou de laminação para papeis ou madeiras, colas, misturas para impressão, agentes surfactantes, embalagens solúveis ou comestíveis, álcool, antibióticos, vitaminas, fármacos, cosméticos, etc.) bem como na alimentação animal, na forma de forragem, de grão ou na composição de rações. No Brasil estima-se que 94,5% seja utilizado no processo industrial, 2,5% seja reserva de semente e 3% utilizada diretamente na alimentação animal (DE MORI; IGNACZAK, 2011).

O processo de moagem do grão de trigo dá origem à farinha e ao farelo de trigo, em média, na seguinte proporção: 75% de farinha de trigo e 25% para farelo de trigo. Há, no mercado, uma grande variedade de farinhas refinadas brancas e amarelas (especiais), farinhas integrais (grossa e fina), farelo, fibra, gérmen, flocos, grão inteiro, triguilho (grão triturado, usado no preparo de quibes saladas, por exemplo). As farinhas podem ser enriquecidas com ingredientes como ferro e ácido fólico, tornando os alimentos ainda mais saudáveis e nutritivos (ABITRIGO, 2016).

Estima-se que em torno de 55% da farinha processada seja consumida na indústria da panificação; 17% para macarrão; cerca de 13% para biscoitos, 11% para o uso doméstico e 4% para outros usos (ABITRIGO, 2016).

3.6 Qualidade industrial do trigo

Após a colheita, o trigo é enviado aos moinhos onde é transformado em um produto farináceo ou granular (farinha ou semolina), sendo a indústria do trigo responsável pela fabricação de inúmeros produtos, principalmente utilizados na alimentação humana. Para se avaliar qual será o produto final há um fator de grande importância que é a qualidade industrial, pois, dependendo de sua classificação, a mesma farinha pode ser boa para fabricar determinados produtos e não ser indicada para outros. A farinha de trigo, para ser adequada à panificação deve ter características como alta capacidade de absorção de água, boa tolerância ao amassamento, glúten de força média a forte e alta porcentagem de proteína (CAZETTA et al., 2008; MÓDENES et al., 2009). Esta classificação é feita através de vários testes físico-químicos e reológicos, realizados em laboratórios especializados (GUARIENTI, 1993; 2001).

Para avaliar a qualidade dos grãos e da farinha de trigo, Mandarino (1993) sugeriu que fossem utilizadas análises físicas e físico-químicas. Entre as análises físicas, destaca-se o peso hectolitro e a massa de mil grãos, e entre as análises físico-químicas, o Número de queda, teor de proteína e as análises tecnológicas de alveografia, cujas principais medidas são a extensibilidade, a tenacidade e a força geral do glúten.

Segundo Mandarino (1993), a maioria dos fatores que influenciam a qualidade industrial de trigo é hereditária. No entanto, condições climáticas, a fertilidade do solo e as técnicas de cultivo influenciam a qualidade industrial.

Dentre as condições climáticas, a temperatura, a precipitação pluvial e a radiação solar são os de maior impacto, tanto no crescimento quanto no desenvolvimento, na adaptação e na qualidade tecnológica do trigo (MIRALLES; SLAFER, 2000). No Brasil, dentre os principais problemas enfrentados pelos agricultores na cultura do trigo está a precipitação na colheita (MOTA, 1989), a qual pode aumentar a atividade enzimática através da ativação de enzimas que degradam o amido (HIRANO, 1976), principal causa da redução das características qualitativas

da farinha, pois as enzimas ativadas promovem alterações no amido e nas proteínas, sendo comum a germinação do grão ainda na espiga (CUNHA, 1999; LINHARES; NEDEL, 1989).

A fertilidade do solo, principalmente o nitrogênio influencia também a qualidade industrial do trigo, que é determinada principalmente pelo conteúdo de proteínas dos grãos, seja por sua variação quantitativa, em termos de composição de subunidades, ou qualitativa, em relação às diferentes frações proteicas que compõem o glúten (APPELBEE et al., 2009; GIANIBELLI et al., 2001). Segundo Xue et al. (2007) e Cazetta et al. (2008), a cada quilo de nitrogênio mineral aplicado é incrementado em torno 0,01-0,03% a concentração proteica dos grãos de trigo e 0,58 - 0,81 unidades de força de glúten. Entretanto, apenas o aumento de proteínas não necessariamente representa maior qualidade industrial.

3.6.1 Peso hectolitro

A massa específica aparente ou peso hectolitro (PH) do trigo é uma propriedade que assume elevada importância para efeito de comercialização do produto, uma vez que os preços praticados consideram esta característica como um indicativo de qualidade e rendimento. É um padrão utilizado internacionalmente para a classificação dos grãos de cereais pela indústria, podendo ser nomeado como o peso bushel, peso específico, peso de teste ou peso hectolitro (HOOK, 1984). No Brasil, o trigo limpo com teor de umidade de 13% é comercializado utilizando-se, como referência, um valor de PH (kg hL^{-1}) igual a 78 como demonstrado na Tabela 1 (CORREA et al., 2006).

Tabela 1- Peso mínimo do Hectolitro para classificação do trigo

Tipos	Peso mínimo do Hectolitro (kg/hl)	Umidade (%máximo)	Matérias Estranhas e Impurezas (% máximo)	Grãos avariados (% máximo)		
				Danificados por Insetos	Danificados pelo Calor, Mofados e Ardidos.	Chochos, Triguilho e Quebrados
1	78	13	1,00	0,50	0,50	1,50
2	75	13	1,50	1,00	1,00	2,50
3	72	13	2,00	2,00	2,00	5,00

Fonte: Segundo a Instrução Normativa nº38/2010, de 01 de Dezembro de 2010, do Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento.

O peso hectolitro é a massa de grãos, que se encaixa em um volume especificado (DOEHLERT et al., 2006) com sua unidade em quilogramas por hectolitro (kg hL^{-1}), sendo relacionado com a densidade e solidez do grão. A sua utilização na classificação é antiga e serve como um guia para uma combinação de características. Esta propriedade depende não só da qualidade intrínseca do grão, mas também sobre a umidade do grão; a capacidade, a forma e as dimensões do recipiente utilizado para medir o PH; bem como a maneira pela qual o recipiente é enchido (ANON, 1974).

Muitos fatores influenciam os valores de PH dos grãos de trigo e os mais importantes são os danos causados por doenças, insetos, fertilidade do solo e/ou condições ambientais, como por exemplo, seca, granizo e geada (RANKIN, 2009). Qualquer fator que afete a circulação de nutrientes para a espiga durante o enchimento de grão ou que danifique a espiga afeta negativamente os valores de PH (RANKIN, 2009). As propriedades físicas da espiga, incluindo forma, tamanho, condição da espiga e densidade de grãos influenciam o PH (RANKIN, 2009).

Diversos estudos têm sido realizados para investigar os fatores que afetam os valores de PH dos grãos e o fator mais importante são as condições ambientais ocorridas durante o desenvolvimento da cultura (FORSBERG; REEVES, 1992). Condições ambientais severas, tais como temperaturas elevadas, seca, ou excesso de chuvas durante o enchimento de grãos diminuem o PH (SHI et al., 1994). Segundo Shi et al., (1994), temperaturas elevadas durante o enchimento de grãos podem causar enrugamento nos grãos na espiga.

Chuva antes da colheita pode fazer com que o grão inicie o processo de germinação antes da colheita (RANKIN, 2009). Durante a germinação, óleo, amido e proteína são utilizados para proporcionar nutrientes para a produção de uma nova plântula. Este processo deixa pequenos vazios no interior do grão, diminuindo a densidade e consequentemente o valor de PH. Embora o grão possa secar novamente, a semente não volta ao seu tamanho inicial (RANKIN, 2009). A umidade dos grãos no momento da avaliação está negativamente correlacionada com o valor do PH. Com a diminuição da umidade, o valor de PH do grão aumenta (RANKIN, 2009).

3.6.2 Número de queda

Antes da colheita, os grãos de trigo podem começar a germinar na espiga, um fenômeno conhecido como germinação na pré-colheita e essa germinação provoca um aumento da alfa-amilase, uma enzima de digestão de amido (DENCIC; MLADENOV; KOBILKJSKI, 2013).

Hagberg (1961) e Perten (1964) desenvolveram o índice de queda de Hagberg (Número de queda) como um método de ensaio simples e rápido para a determinação da atividade da alfa-amilase utilizando farelo de trigo como o substrato, sendo expressa em segundos. Tem o propósito de determinar danos causados na germinação pré-colheita ou germinação na espiga. Este método tornou-se o padrão internacional (AACC, 1972; ICC, 1995) que é usado amplamente na classificação de grãos e controle de qualidade de panificação.

Os resultados do Número de queda (NQ) são influenciados pelas condições ambientais no qual os grãos foram desenvolvidos e da cultivar (DEPAUW et al., 1989; MARES; MRVA, 2008; MEREDITH; POMERANZ, 1985;).

No Brasil e na maioria dos outros países, os valores de NQ são usados como um componente importante de especificações comerciais. Valores de NQ acima de 250 ou 300 s (dependendo do país) são necessários para os grãos serem classificados em classes de alta qualidade (MARES; MRVA, 2008). No Brasil, a classificação dos tipos de trigo é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2- Valores de Número de queda para classificação do trigo

Classes	Número de queda (segundos)
Trigo Doméstico	220
Trigo Pão	220
Trigo Melhorador	250
Trigo para outros usos	Qualquer
Trigo Básico	200

Fonte: Segundo a Instrução Normativa nº38/2010, de 01 de Dezembro de 2010, do Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento.

As cultivares de trigo apresentam diferentes respostas a atividade da alfa-amilase. Algumas cultivares são consideradas resistentes a germinação na espiga e sempre apresentam um alto valor de NQ; algumas são considerados susceptíveis com baixos valores de NQ e algumas apresentam resistência sob certas

condições de temperatura e umidade, mas suscetíveis em condições favoráveis para a germinação (BARBEAU et al., 2006; BIDDULPH et al., 2008; DEPAUW et al., 1989; KULP et al., 1983).

A temperatura (OSANAI et al., 2005), a aplicação de fertilizantes (CRAVEN et al., 2007; KINDRED; GOODING; ELLIS, 2005), aplicação de fungicidas (DIMMOCK; GOODING, 2002) e o tamanho dos grãos (EVERS et al., 1995) têm sido associados com a variação dos níveis de alfa-amilase e dos valores de NQ.

3.7 Manejo da cultura do trigo

O cultivo do trigo, por ser realizado durante os meses de inverno representa uma oportunidade aos agricultores do sul do Brasil de diluir os custos fixos do seu sistema produtivo na propriedade, por auxiliar no controle da erosão e favorecer o plantio direto, devido à quantidade de palha que fica no solo após a colheita (SCHUCH et al., 2000). Por isso existe o interesse em maximizar a produtividade de trigo, estimulando o uso de um manejo intensivo nessa cultura.

O manejo integra a adoção de determinadas práticas visto que a produção final da cultura do trigo é definida em função da cultivar, da quantidade de insumos utilizada e das técnicas de manejo empregadas (ZAGONEL et al., 2002).

3.7.1 Nitrogênio

Entre os insumos utilizados, o nitrogênio (N) é um nutriente essencial para o crescimento, produtividade e qualidade de grãos na cultura do trigo (FAGERIA; BALIGAR, 2005; MILLER; CRAMER, 2004). As exigências de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, apesar de serem pequenas, são importantes para promover rápido desenvolvimento inicial e definir a produção potencial (FANCELLI; DOURADO NETO, 1996). No entanto, o uso de altas doses de nitrogênio pode resultar no aumento da estatura de plantas, com consequente acamamento que, quando ocorre na fase de enchimento de grãos limita a translocação de carboidratos nas plantas (RODRIGUES et al., 2003). Também pode causar problemas com plantas daninhas, atraso na maturidade e maior suscetibilidade a doenças (SKJODT, 2003).

O N é o fertilizante que mais onera o custo de produção no cultivo de cereais. Assim, há grande interesse no desenvolvimento de cultivares e práticas de

manejo que proporcionem maior absorção de N do solo e maior alocação nos grãos (SCHUCH et al., 2000). No Brasil têm sido conduzidos vários estudos sobre o comportamento das cultivares de trigo e adubação nitrogenada, porém são comuns resultados contraditórios devido a variação climática (GARRIDO-LESTACHE et al., 2004).

A diferença de resultados está relacionada também com as cultivares utilizadas, principalmente em relação a qualidade industrial, visto que, apresenta alta relação com a cultivar. Com isso, recomendações generalizadas de N não atendem a determinadas condições locais (SILVA; GOTTO, 1990), sendo necessário que a adubação nitrogenada, visando a qualidade industrial, seja recomendada especificamente para cada cultivar em interação com o ambiente (DUPONT; ALTENBACH, 2003).

Embora existam variações nas respostas às doses e épocas de aplicação de nitrogênio, de acordo com a cultivar e o clima, solo e outros, a maioria dos resultados mostram que aplicação do nitrogênio, mesmo em baixas doses é sempre vantajosa em relação à produtividade do que sem a aplicação do nutriente (VIEIRA et al., 1995).

De acordo com as Informações Técnicas para Trigo e Triticale - Safra 2015 o N em cobertura deve ser aplicado no início do perfilhamento, que ocorre um pouco antes do momento em que o ápice vegetativo começa a transformar-se em reprodutivo, pela diferenciação das primeiras espiguetas (PORTER et al., 1987). O restante do N deve ser aplicado no início da elongação do colmo, que ocorre logo após a fase de espiguetas terminal, quando todas as espiguetas já estão diferenciadas (STRECK et al., 2003).

Segundo Fowler (1998), o trigo precisa acumular 30–33 kg de N na biomassa aérea por tonelada de grão produzido. Se essa taxa de acumulação for inferior a 25 kg de N ton⁻¹, o conteúdo de proteína resultante nos grãos colhidos será menor que 10%. Por isso torna-se necessário a aplicação no momento e na quantidade adequada visando o desenvolvimento ótimo da planta e um adequado acúmulo de proteína no grão.

O comprimento das folhas está diretamente relacionado com a interceptação da radiação solar e pelo acúmulo de fotoassimilados, os quais são responsáveis pelo enchimento de grãos e qualidade industrial do trigo. Ressalta-se

que o nitrogênio absorvido pela planta é remobilizado das folhas para a espiga, onde é usado na síntese de proteínas (TRIBOI; TRIBOI-BLONDEL, 2002).

3.7.2 Densidade de plantas

A densidade de plantas é um fator chave na maioria das culturas para maximizar a produtividade (HILTBRUNNER et al., 2007), pois influencia a produtividade de grãos e seus componentes. A maximização da produção de grãos em relação à densidade de plantas está fortemente relacionada ao potencial da cultivar em produzir perfilhos férteis, influenciando de forma direta o número de espigas produzidas por unidade de área e também podendo permitir melhor utilização da luz, água e nutrientes quando as plantas estão espaçadas adequadamente (OZTURK; CAGLAR; BULUT, 2006).

Segundo a Reunião da Comissão Centro Brasileira de Pesquisa de Trigo (2015), a recomendação adequada da quantidade de sementes por hectare varia com os critérios intrínsecos à semente, como massa de mil sementes, vigor e/ou poder germinativo; e extrínsecos, como sistema de cultivo, número de sementes por metro quadrado, espaçamento, fertilidade do solo, necessidade hídrica e elementos climáticos na região de cultivo.

Densidades de semeadura adequadas variam muito entre as áreas, condições climáticas, solo, época de semeadura e as cultivares. Essas cultivares necessitam ser testadas em uma ampla gama de densidades de semeadura para determinar a sua taxa de semeadura ideal (WIERSMA, 2002). As novas cultivares de trigo são mais produtivas e algumas delas são de melhor qualidade do que as antigas. Portanto, o total de tecnologias necessárias são diversas, como por exemplo, a densidade de semeadura, necessitando ser continuamente analisada para determinar suas necessidades em condições específicas (BOKAN; MALESEVIC, 2004; CAGLAR et al, 2011).

Pela capacidade de emissão de perfilhos com espigas férteis, o trigo apresenta a propriedade de preencher os espaços vazios na lavoura, compensando possíveis falhas ou excesso nas plantas (HOLEN et al., 2001; ZAGONEL; VENÂNCIO; KUNZ, 2002). Outra característica da cultura é a capacidade de aumentar ou diminuir o número de espiguetas por inflorescência, de acordo com a densidade de plantas (MUNDSTOCK, 1999).

Para culturas que apresentam uma grande capacidade para produzir perfilhos, diferentes populações podem não apresentar diferenças significativas na produtividade, mas devem ser orientadas pelo estado da água do subsolo e a capacidade da cultivar em formar perfilhos. As baixas populações são compensadas em cultivares que apresentam alta capacidade de perfilhar, apresentando uma grande importância na produtividade do trigo, devido o número de espiga por metro e os componentes de rendimento que são afetados indiretamente (DAVIDSON; CHEVALIER, 1990).

A densidade de plantas adotada deve variar em função da cultivar utilizada. Segundo Motzo; Giunta e Deidda (2004), cultivares de trigo com menor capacidade de perfilhamento são dependentes de elevada densidade, 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. Além disso, cultivares com elevado potencial de perfilhamento apresentam maior incidência de perfilhos inférteis e, portanto, são dependentes do ajuste adequado da densidade de plantas (RICHARDS, 1988).

Estudos indicaram que um maior espaçamento entre linhas, com baixa densidade nas plantas aumenta o perfilhamento, produção de matéria seca e reduz o uso da água no início com o benefício da economia de água no solo para uso pela planta durante a floração e fase de enchimento de grãos (BLUM; NAVEH, 1976; THOMAS et al, 1980).

Zagonel, Venâncio e Kunz (2002) avaliaram densidades de trigo e verificaram que o aumento da densidade ocasionou menor massa seca e diâmetro de caule, apresentando maior tendência ao acamamento. Concluíram também que com o aumento da densidade o número de grãos por espiga diminuiu, o número de espigas por metro e a massa de mil grãos aumentaram, mas sem afetar a produtividade.

Valério; Carvalho e Oliveira (2008), estudando o desenvolvimento de perfilhos e componentes de rendimento em cultivares de trigo, em diferentes densidades de semeadura observaram que cultivares que apresentam baixo potencial de perfilhamento são mais dependentes da densidade de plantas para uma alta produtividade e que a senescência de perfilhos é relacionada diretamente ao potencial de perfilhamento das cultivares, principalmente com densidade de plantas elevada.

O arranjo de plantas e a densidade de plantas também podem constituir em estratégia para que não hajam grandes perdas de água em períodos de

seca, visto que a água disponível é muitas vezes o fator mais limitante ao crescimento e produtividade das culturas (NOGUEIRA et al., 2001) e o déficit hídrico nas fases reprodutiva e de enchimento de grão são causas comuns de baixa produtividade de grãos em cereais de inverno (CASTRO; KLUGE, 1999).

Embora o efeito da densidade de semeadura sobre o desempenho agrônomo do trigo tenha sido estudado há muito tempo, há pouca informação disponível sobre o efeito na qualidade dos grãos de trigo nas cultivares melhoradas.

3.7.3 Reguladores de crescimento

Os reguladores de crescimento atuam como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento de plantas. Normalmente ligam-se a receptores na planta e desencadeiam uma série de mudanças celulares, onde podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos. Os reguladores que reduzem a estatura de plantas são normalmente antagonistas às giberelinas, modificando o metabolismo destas (RODRIGUES et al., 2003).

Vários reguladores de crescimento já foram utilizados em cereais, entre os quais destacam-se o cloreto de 2-cloro etil trimetilamonio, conhecido como "CCC", recomendado para a cultura de trigo na década de 1960 e ácido 2- cloroetil fosfônico (Ethephon), recomendado para a cultura de cevada na década de 1970. O CCC era o mais usado em trigo, caracterizando-se pelo seu efeito em estímulo ao perfilhamento, redistribuição de biomassa com aumento do crescimento de raízes, redução de estatura e fortalecimento de colmos, o que restringe os riscos das plantas ao acamamento. No ano de 2002 foi lançado no mercado o Trinexapac-ethyl (Moddus), um regulador que exerce forte ação na inibição da elongação dos entrenós, o que reduz a estatura da planta e evita, dessa forma, o acamamento e perdas na produtividade associadas a esse fenômeno (RODRIGUES et al., 2003).

As aplicações dos inibidores da giberelina podem aumentar a produtividade pela redução do acamamento da cultura. Além dos caules mais curtos e grossos nas plantas tratadas, o crescimento radicular pode ser mais vigoroso e as folhas podem se tornar mais curtas, largas e horizontais (HERTWIG, 1992).

De acordo com Castro e Melotto (1989), a aplicação desses produtos pode ser feita via foliar, tratamento de sementes, estacas ou, ainda, via solo, de maneira que as substâncias sejam absorvidas e possam exercer sua atividade.

A aplicação de regulador de crescimento como prática de manejo para reduzir os riscos de acamamento em trigo, deve ser dirigida no sentido de potencializar sua ação na redução do crescimento da planta.

O efeito do regulador de crescimento depende de vários fatores, como dose e época de aplicação, época de semeadura, condições do ambiente, estado nutricional e fitossanitário da cultura. Além desses fatores, o risco de acamamento associado a boas perspectivas de produtividade de grãos da cultura, deve orientar a decisão de se aplicar o produto (RODRIGUES et al., 2003).

3.7.4 Trinexapac-ethyl

O Trinexapac-ethyl é um regulador de crescimento que reduz a estatura da planta pela diminuição do comprimento dos entrenós (FAGERNESS; PENNER, 1998) evitando o acamamento (AMREIN; RUFENER; QUADRANTI, 1989).

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. As limitações de produtividade de grãos por acamamento podem ser devido à alta competição por luz pelas plantas, desbalanço de nutrientes, decréscimo da fotossíntese, redução na assimilação de carboidratos e minerais, aumento da intensidade de doenças e redução na eficiência da colheita (RODRIGUES et al., 2003). A utilização de técnicas de manejo que possibilitem elevar a tolerância ao acamamento passou a ser extremamente importante, uma vez que o acamamento prejudica a produtividade e a qualidade dos grãos do trigo e dificulta a colheita mecanizada (ESPINDULA et al., 2010; TEIXEIRA FILHO et al., 2010; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

A utilização do Trinexapac-ethyl tem se destacado pela eficiência na redução da estatura das plantas e melhoria da arquitetura foliar de trigo e pelo aumento do diâmetro de colmo, diminuindo o acamamento e otimizando o uso da radiação solar, com aumento da produtividade (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Cultivares de porte médio a baixo, apesar de menos responsivas ao Trinexapac-ethyl, também podem ter a produtividade de grãos maximizados pela melhor arquitetura foliar e captação da radiação, pelo incremento do número de perfilhos férteis e pelo maior direcionamento dos fotoassimilados para a produção de

grãos, em detrimento do desenvolvimento do colmo (MATYZIAK, 2006; ZAGONEL et al., 2002; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Segundo Adams et al. (1992), o mecanismo de ação do Trinexapac-ethyl está relacionado com a inativação da enzima GA₂₀ 3β-hydroxilase, devido provavelmente à competição entre o regulador vegetal e o 2-oxogluterato pelo cossustrato Fe⁺²/ascorbato- dioxygenase, reduzindo o nível de giberelinas ativas, principalmente GA₁. Apesar de ser um inibidor de giberelinas, o Trinexapac-ethyl é diferente quando comparado aos outros reguladores vegetais, o qual não interfere na síntese de algumas giberelinas importantes (NASCIMENTO, 2010), não prejudicando a fotossíntese de plantas (MOTTER, 2010).

A redução da estatura de plantas está associada ao estado de crescimento do trigo no momento da aplicação do Trinexapac-ethyl (LOZANO; LEADEN; COLABELLI, 2002). A metodologia de utilização do Trinexapac-ethyl em trigo está definida, sendo recomendada a aplicação entre o 1º e o 2º nó perceptível para cultivares suscetíveis ao acamamento. O estágio ideal de aplicação pode variar em até 10 dias, dependendo da cultivar, região e clima (PENCKOWSKI, 2009).

Se a aplicação for realizada em estádios de crescimento anteriores ao recomendado, o regulador provoca um efeito pequeno na estatura de planta, pois o efeito regulador vai ocorrer principalmente nos primeiros entrenós, que, por natureza, já são curtos. Além disso, aplicações tardias reduzem sensivelmente o tamanho das plantas, pois o efeito maior ocorre sobre os entrenós superiores, que são longos (pedúnculo), podendo causar retenção da espiga (PENCKOWSKI, 2009).

3.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC (American Association of Cereal Chemists) Method 56-81B, Method 22-07. **Approved methods of AACC** (seventh ed) American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, USA 1972.

ABITRIGO. **Caracterização do trigo, tipos de trigo, o que é o trigo**. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=02.00.00>>. Acesso em: 21 de out. 2016.

ADAMS, R. et al. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163935 (cimectacarb). In: KARSEN, C. M.; van LOON, L. C.; VREUGDENHIL, D. (Eds). **Progress in plant growth regulation**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1992. p. 818-827.

AHMAD, R.; HASSAN, B.; JABRAN, K. Improving crop harvest index. **Down Group of Newspapers**, Ramazan, v.18, 2007.

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.

ANON. Wheat facts. In: Official publications of the National Association of Wheat growers, 10: 7. 1987.

APPELBEE, M.J. et al. Novel allelic variants encoded at the Glu-D3 locus in bread wheat. **Journal of Cereal Science**, v.49, p.254-261, 2009.

ATWELL, W. A. **Wheat Flour**. Eagen Press Handbook Series. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, 2001.

BARBEAU, W.E.; GRIFFEY, C.A.; YAN, Z. Evidence that minor sprout damage can lead to significant reductions in gluten strength of winter wheat. **Cereal Chemistry**. 83: 306-310. 2006.

BIDDULPH, T.B. et al. Seasonal conditions influence dormancy and preharvest sprouting tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field. **Field Crops Research**. 107: 116-128. 2008.

BLUM, A.; NAVEH. M. Improved water-use efficiency in dryland grain sorghum by promoted plant competition. **Agronomy Journal**. 68: 111-116. 1976.

BOKAN, N., AND M. MALESEVIC. The planting density effect on wheat yield structure. **Acta Agriculturae Serbica** 19:65-79. 2004.

CAGLAR, O., S. et al. Quality response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. **Journal of Animal and Veterinary Advances** 10 (Supl.):3368-3374. 2011.

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

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

CASTRO, P. R. C.; MELLOTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A. E.; ROSOLEM, C. A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, v.1, cap. 8, p. 191-235. 1989.

CAZETTA, D.A. et al. Qualidade industrial de cultivares de trigo e tritcale submetidos à adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Bragantia**, v.67, p.741-750, 2008.

COELHO, M.A.O. et al. Composição mineral e exportação de nutrientes pelos grãos do trigo irrigado e submetido a doses crescentes e parceladas de adubo nitrogenado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 48, n. 275, p.81-84, 2001.

CONAB. **Levantamento de Safras**. Acessos em janeiro/2017.

CORREA, P.C. et al. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande , v. 10, n. 3, p. 665-670, set. 2006.

CRAVEN, M. et al. Classification of South African bread wheat cultivars according to Hagberg Número de queda reaction to fertilizer treatment. **Cereal Chemistry**. 84: 214-219. 2007.

CUNHA, G.R. El Nino oscilação do Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.277-284, 1999.

DAVIDSON, D.J.; CHEVALIER, P.M. Preanthesis tiller mortality in spring wheat. **Crop Science**, v.30, p.832-836, 1990.

DE MORI, C. Aspectos econômicos da produção e utilização. In: BORON, A.; SCHEREEREN, P. L. **Trigo do plantio a colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 260 p.

DE MORI, C.; IGNACZAK, J. C. Aspectos econômicos do complexo agroindustrial do trigo. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. (eds.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap. 3, p. 41-76. ISBN (978-85-7574-029-3).

DENCIC, S.; MLADENOV, N.; KOBILJKSKI, B. Effects of genotype and environment on breadmaking quality in wheat International. **Journal of Plant Production**, 5, pp. 71-82. 2011.

DEPAUW, R.M. et al. Genetic variation for length of dormancy period, sprouting and alpha amylase content in wheat. In K. Ringlund, E. Mosleth and D. Mares eds., Proc. 5th International Sym. on Pre-Harvest Sprouting in Cereals. Westview Press, Boulder, CO. USA. 206-212. 1989.

DIMMOCK, J.P.; GOODING, M.J. The effects of fungicides on Hagberg Número de queda and blackpoint in winter wheat. **Crop Protection**. 21: 475-487. 2002.

DOEHLERT, D.C.; MCMULLEN, M.S.; JANNINK, J. L. Oat grain/groat size ratios: A physical basis for test weight. **Cereal Chemistry**, 83(1), 114-118. 2006.

DUPONT F.M.; ALTENBACH, S.B. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. **Journal of Cereal Science**, v. 38, p. 133–146, 2003.

ESPINDULA, M. C. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo do colmo de trigo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.

EVERS, A.D., FLINTHAM, J.; KOTTECHA, K. Alpha-amylase and grain size in wheat. **Journal of Cereal Science**. 21: 1-3,1995.

FAGERIA N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, 88:97–185, 2005.

FAGERNESS, M.J.; PENNER, D. Spray application parameters that influence the growth inhibiting effects of trinexapac-ethyl. **Crop Science**, Madison, v.38, n. 4, p. 1028-1035,1998.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Cultura do milho: aspectos fisiológicos e manejo da água**. Informações Agrônomicas, v. 73, n. 1, p. 1-4, 1996.

FONTES, J. R. M. et al. Relação do espaçamento e da densidade de semeadura com o rendimento de grãos e outras características agrônomicas do trigo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 26, p. 61-73, 2000.

FORSBERG, R.A.; REEVES, D.L. Breeding oat cultivars for improved grain quality. Pp. 751-755. In: Oats Science and Technology (edited by H.G. Marshall; Sorrells M.E). ASA, Madison, Wisconsin. 1992.

FOWLER, D.B. The importance of crop management and cultivar genetic potencial in the production of wheat with high protein concentration. En: **Wheat protein production and marketing**. University Extension Press, U of Saskatchewan. Canadá. 1998. p.285-290.

GARRIDO-LESTACHE, E.; LÓPEZ-BELLIDO, R.J.; LÓPEZ-BELLIDO, L. Effect of N rate, timing and splitting and N type on bread-making quality in hard red spring wheat under Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, v. 85, p. 213–236, 2004.

GIANIBELLI, M.C. et al. Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat endosperm proteins. **American Association of Cereal Chemists**, Online Review article, 2001.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 27p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 8). 1993.

GUARIENTI, E.M. **Efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial de trigo**. 2001. 240f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, São Paulo, 2001.

HADDAD, Y. et al. Rheological Behaviour of Wheat Endosperm—Proposal for Classification Based on the Rheological Characteristics of Endosperm Test Samples. **Journal of Cereal Science**. v.34, n.1, p.105-113, 2001.

HAGBERG, S. Simplified method for determining α -amylase activity. **Cereal Chemistry**, 1961.

HERTWIG, K.V. **Manual de herbicidas desfolhantes, desseccantes e fitorreguladores**. São Paulo: Editora Agronomica Ceres, 1992.

HILTBRUNNER, J.; STREIT, B.; LIEDGENS, M. Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover? **Field Crops Research**, 102:163–171, 2007.

HIRANO, J. Effects of rain in ripening period on the grain quality of wheat. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Ibaraki, v.10, n.4, p.168-173, 1976.

HOLLEN, D. L. et al. Response of winter wheat to simulated stand reduction. **Agronomy journal**, v.93, p, 364-370, 2001.

HOOK, S.C.W. Specific weight and wheat quality. **Journal of Science, Food and Agriculture**, 35, 1136-1141, 1984.

HUSSAIN, M.I.; SHAH, S.H. Growth, yield and quality response of three wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties to different levels of N, P and K. Int. **Journal of agriculture and biodiversity**. 4,3, 362-364. 2002

ICC (International Association of Cereal Science and Technology) **Method 107, Method 108**, Standard methods of ICC. Verlag Moritz Schafer, Detmold, FRG. 1995.

IQTIDAR, H.; MUHAMMAD, A.K.; EJAZ, A.K. 2006. Bread wheat varieties as influenced by different nitrogen levels. **Journal of Zhejiang University Science**. 7, 1, 70-78.

KINDRED, D.R.; GOODING, M.J.; ELLIS, R.H. Nitrogen fertilizer and seed rate effects on Hagberg Número de queda of hybrid wheats and their parents are associated with α -amylase activity, grain cavity size and dormancy. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 85: 727-742. 2005.

KULP, K.; ROEWE-SMITH, P.; LORENZ, K. Preharvest sprouting of winter wheat. I. Rheological properties of flours and physicochemical characteristics of starches. **Cereal Chemistry**. 60: 355-359. 1983.

LARGE, E. C. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes Scale. **Plant Pathology**, London, v. 3, p. 128-129, 1954.

LINHARES, A.G., NEDEL, J.L. Clima e germinação do grão do trigo na espiga. In: MOTA, F.S. (Ed.). Agrometeorologia do trigo no Brasil. Campinas: **Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, 1989. p.95-97.

LOOMIS, R. S.; AMTHOR, J. S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1584-1596, 1999.

LOZANO, C.M.; LEADEN, M.I.; COLABELLI, M.N. **Efecto de Trinexapac ethyl sobre la morfología del tallo en dos cultivares de trigo**. Buenos Aires: INTA EEA Balcaré, 2002.

MANDARINO, J.M.G. **Aspectos importantes para a qualidade do trigo**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1993. 32p. (EMBRAPA/CNPSo. Documentos, 60).

MARES, D.; MRVA, K. Late-maturity β -amylase: low Número de queda in wheat in the absence of preharvest sprouting. **Journal of Cereal Science**, v. 47, n. 1, p. 6-17, 2008

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.

MEREDITH, P.; POMERANZ, Y. Sprouted grain. In: POMERANZ, Y. (Ed.). Advances in cereal science and technology. Saint Paul: A.A.C.C, 1985. v. 7, p. 239-320.

MILLER A. J; CRAMER, M. D. Root nitrogen acquisition and assimilation. **Plant Soil**, 274:1–36. 2004.

MIRALLES, D.J.; SLAFER, G.A. Wheat development. In: SATORRE, E.H.; SLAFER, G.A. (Eds.). Wheat: ecology and physiology of yield determination. New York: Food Products, 2000. p.13-43

MODENES, A. N.; SILVA, A. M. DA; TRIGUEROS, D. E. G. Avaliação das propriedades reológicas dos trigos armazenados. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v.29, n.3, p.508-512, 2009.

MOTA, F. S. **Clima, tecnologia e produtividade do trigo no Brasil**. In: MOTA, F. S., Agrometeorologia do trigo no Brasil. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, P.1-35.1989.

MOTTER, L. Influência da adubação nitrogenada e de etil-trinexapac no crescimento e produtividade de trigo. UNOESTE, **Dissertação** (Mestrado). Marechal Cândido Rondon. 2007.

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: Editora do Autor, 1999. 228p.

NASCIMENTO, V. Resposta do arroz a doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento etil-trinexapac. 2008. 52 f. Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. **Dissertação** (Mestrado) -, Ilhasolteira, 2008.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.

OSANAI, S.I.; AMANO, Y.; MARES, D. Development of highly sprouting tolerant wheat germplasm with reduced germination at low temperature. **Euphytica** 143: 301-307. 2005.

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. Ear developmental stage used for timing supplemental nitrogen application to spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.32, n.4, p.1029-1033, 1992.

PENCHOWSKI, L. H. **Utilizando regulador de crescimento na cultura do trigo: aspectos importantes para garantir bons resultados**. 2. ed. Castro: Fundacao ABC, 2009.

PERTEN, H. Application of the Número de queda method for evaluating α -amylase activity. **Cereal Chemistry**, 41, pp. 127-140, 1964.

PIANA, C. F. B.; CARVALHO, F. I. F Trigo. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. Origem e evolução de plantas cultivadas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 909 p.: il.

PORTER, J. R. et al. An analysis morphological development stages in Avalon winter wheat crops with different sowing dates and at ten sites in England and Scotland. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 109, p. 107-121, 1987.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de La panificación**. Zaragoza: Acribia, 485p.1991.

RANKIN, M. Understanding corn test weight. Crops and soils agent. University of Wisconsin. **Crop and pest management**, 2009.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Informações técnicas para a safra 2016: trigo e triticale**. Passo Fundo: EMBRAPA TRIGO, 2015. 172 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.

RODRIGUES, O. et al. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18 p. html (Embrapa Trigo. Circular Técnica Online; 14). Disponível: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci_1-4.htm>. Acesso em: 20 fev. 2016.

SCHEEREN, P. L. et al. Melhoramento de trigo no Brasil. cap. 17. p. 427-452. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L. CUNHA, G. R. da. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2011. 488 p.

SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L.; CAIERAO, E. Botânica, Morfologia e Descrição Fenotípica. In: BORON, A.; SCHEEREN, P. L. Trigo do plantio a colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 260 p.

SCHUCH, L. O. B. et al. Emergência em campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, n.2, p. 97-101, 2000.

SHI, Y.C.; SEIB, P.A.; BERNARDIN, J.E. Effects of temperature during grain filling on starches from six wheat cultivars. **Cereal Chemistry**, 71, 369-383. 1994.

SILVA, D. B.; GOTTO, W. S. Resposta do trigo de sequeiro ao nitrogênio, após soja precoce na região do Alto Paranaíba, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1401-5. 1990.

SKJODT, P. Sensor based nitrogen fertilization increasing grain protein yield in winter wheat. **Tese de mestrado**. (eds) Hansen PM, Jørgensen RN, Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark. The Royal Veterinary and Agricultural University Copenhagen, Denmark, 2003.

SOAVE, D.; FREITAS, J.G. Eficiência e resposta de genótipos de trigo a doses de nitrogênio em relação ao teor e à qualidade de proteína bruta. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.71, n.1, p.135-144, 1996.

STRECK, N. A. et al. Incorporating a chronology response function into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, v. 92, n. 02, p. 181-190, 2003.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

THOMAS, G. A., A. V. et al. Row spacing and population density effects on yield of grain sorghum in Central Queensland. **Queensland Journal of Agricultural Science**, 37: 66 – 67 1980.

TILMAN, D. et al. Agricultural sustain-ability and intensive production practices. **Nature**. 418, 671-677. 2002.

TRIBOI, E.; TRIBOI-BLONDEL, A. M. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem. **European Journal of Agronomy**, v. 16, n. 3, p. 163-186, 2002.

USDA. World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE).Washington. 40 p. April/2015.

VALÉRIO, I.P. et al. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p. 319-326, 2008.

VIEIRA, R. D. et al. Efeito de doses e épocas de aplicação do nitrogênio em cobertura na produção e a qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Cientifica**, v. 23, n.2, 1995.

WIERSMA, J.J. Determining an optimum seeding rate for spring wheat in Northwest Minnesota. **Crop Management** 18:1-7. 2002.

XUE, L.H.; CAO W. X.; YANG L.Z. Predicting grain yield and protein content in winter wheat at different N supply levels using canopy reflectance spectra. **Pedosphere**, v.17, p.646 653, 2007.

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.

ZAGONEL, J. et al. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.25-29, 2002.

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

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

4 CAPÍTULO 1 - ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO NITROGÊNIO EM COBERTURA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DOS GRÃOS E NA PRODUTIVIDADE DO TRIGO

RESUMO

O nitrogênio (N) é o fertilizante que mais onera o custo de produção no cultivo de cereais. Assim, há grande interesse no desenvolvimento de práticas de manejo que proporcionem maior absorção de N visando maior produtividade e melhor qualidade para a indústria. Com o objetivo de avaliar o efeito de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura e sua influência na produtividade e na qualidade industrial dos grãos, foram instalados quatro experimentos, diferindo pela cultivar e ano de cultivo, na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa, PR, região Campos Gerais, no ano de 2013 com repetição em 2014. O delineamento experimental utilizado para cada cultivar (Gralha Azul e BRS-Pardela), foi de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos constaram de seis épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura, aos 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias após a semeadura. A dose utilizada foi de 100 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia (222 kg ha⁻¹). O sistema de cultivo utilizado foi o plantio direto na palha, sendo a soja a cultura antecessora nos dois anos de pesquisa. Na fase de antese foram avaliados o número de perfilhos; comprimento e largura das folhas e estatura da planta mãe. Na maturidade fisiológica foi avaliado o número de espigas por metro e de espiguetas por espiga; o número de grãos por espiga; a massa de mil grãos (MMG) e índice de colheita aparente. Quando os grãos atingiram o ponto de colheita foi estimada a produtividade e o índice de acamamento. Dos grãos colhidos foi determinado o peso hectolítrico (PH) e o Número de queda (NQ). Baseado nos resultados encontrados pode-se concluir que a aplicação de nitrogênio em cobertura na fase de perfilhamento proporcionou maior produtividade na cultura do trigo. A época de aplicação de N não afetou o PH e o NQ, visto que essa resposta também parece estar relacionada com a interação da cultivar e as condições ambientais.

Palavras chaves: *Triticum aestivum* L.; adubação nitrogenada; qualidade industrial; peso hectolítrico; Número de queda.

ABSTRACT

Nitrogen (N) is the fertilizer that most costs the cereals production. Thus, there is great interest in the development of management practices that provide greater N absorption aiming at higher yield and better quality for the industry. In order to evaluate the effect of times of nitrogen application on cover and the influence on grain yield and industrial quality, four experiments were carried out, differing by the cultivar and year of cultivation, at Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, In Ponta Grossa, PR, Campos Gerais region, in 2013 with replication in 2014. The experimental design used for each cultivar (Gralha Azul and BRS-Pardela) was randomized blocks with 6 treatments and 4 replicates. The treatments consisted of six times of nitrogen application in cover, at 0, 10, 20, 30, 40 and 50 days after sowing. The dose used was 100 kg ha⁻¹ of N as urea (222 kg ha⁻¹). The cultivation system used was no-till in the straw, and soybeans were the predecessor crop in the two years of research. In the anthesis phase, the number of tillers was evaluated; Length and width of the leaves and height of the mother plant. At physiological maturity, the number of ears per meter and spikelets per ear were evaluated; The number of grains per spike; The mass of a thousand grains (MMG) and apparent harvest index. When the grains reached the harvest point, yield and lodging index were estimated. From the harvested grains, the hectolitic weight (PH) and Falling Number (NQ) were determined. Based on the results, it can be concluded that the application of nitrogen under cover in the tillering phase provided higher productivity in the wheat crop. The N application time did not affect the pH and NQ, since this response also seems to be related to the interaction of the cultivar and the environmental conditions.

Key words: *Triticum aestivum* L.; Nitrogen fertilization; Industrial quality; Hectoliter weight; Falling number.

4.1 INTRODUÇÃO

A adubação nitrogenada é uma prática agrícola indicada para a maximização de produtividade de diferentes culturas. Em geral, essa adubação é realizada em aplicação única e em doses elevadas visando a redução dos custos da lavoura. O resultado é um suprimento excessivo de nitrogênio (N) inicialmente, seguido de progressivo declínio ao longo do ciclo da cultura.

Em virtude do grande número de reações que o N está sujeito e sua alta instabilidade no solo, torna-se um nutriente de difícil manejo nos solos de regiões tropicais e subtropicais (ERNANI, 2003). Como o N tem influência direta na produtividade, o manejo em relação a doses e épocas de aplicação são fundamentais. A aplicação parcelada da dose recomendada, em geral resulta em maior produtividade e pode favorecer melhoras em algumas propriedades dos grãos e da farinha. Estudos realizados em diferentes regiões demonstram que a aplicação do nitrogênio de forma parcelada resulta em maior produtividade em comparação com a aplicação única (MEGDA et al., 2009; SANGOI et al., 2007; WAMSER; MUNDSTOCK, 2007).

O N é o fertilizante que mais onera o custo de produção no cultivo de cereais. Assim, há grande interesse no desenvolvimento de cultivares e práticas de manejo que proporcionem maior absorção de N do solo e maior alocação nos grãos (SCHUCH et al., 2000). No Brasil têm sido conduzidos vários estudos sobre a resposta das cultivares de trigo em relação a adubação nitrogenada, porém são comuns resultados divergentes.

Segundo a Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (2016), a dose de N recomendada deve ser parcelada em duas vezes, a primeira no momento da semeadura e a segunda em cobertura, na fase de perfilhamento. A adubação nitrogenada tem influência significativa tanto na produtividade quanto no conteúdo de proteína dos grãos, pois a maior disponibilidade de N resulta em maior conteúdo de proteína no grão e na farinha (ALTENBACH et al., 2002), melhorando a qualidade industrial.

A acumulação e a redistribuição de N são processos importantes que determinam a produtividade e a qualidade de grãos (HIREL; KOTHARI; LIEU, 2007; GAJU et al., 2011). É amplamente entendido que o N acumulado antes da antese é a principal fonte de nitrogênio nos grãos em trigo, correspondendo em torno de 50-95% do N total nos grãos (PALTA; FILLERY, 1995; KICHEY et al., 2007).

Assim, é importante desenvolver as práticas para a aplicação de nitrogênio a fim de atingir alta qualidade de trigo. A aplicação de uma quantidade adequada de N no solo nas fases iniciais é necessária para que se tenha maior produtividade (GE et al, 2011; TANG et al., 2010). Alguns autores comentam que as aplicações de N no final do ciclo são mais eficazes quando comparadas com as aplicações realizadas no início do ciclo (WANG et al., 2008), em parte porque uma adubação mais tardia pode compensar o efeito negativo de uma precipitação excessiva após a aplicação de N no início do ciclo (ZHANG et al., 2009; ZHAO et al., 2009).

Aplicação de doses excessivas de N podem diminuir significativamente a qualidade do trigo (SHI et al., 2010) e aumentar a sensibilidade da cultura a temperaturas elevadas durante o enchimento de grãos (GIL et al., 2011). As condições térmicas e de precipitação, que ocorrem nas diferentes fases do ciclo da cultura afetam a produtividade e a qualidade dos grãos e a aplicação tardia do N se destaca como a de maior influência (YUAN et al., 2007).

Diante disso, torna-se necessária a identificação da época de aplicação do N que promove maior produtividade e influencia a qualidade industrial de grãos do trigo para obter a qualidade exigida pelo mercado, em destaque o peso hectolitro e Número de queda.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Quatro experimentos, diferindo pela cultivar e ano de cultivo, foram instalados na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa, PR, região Campos Gerais, localizado a 25°5'49" de latitude sul, 50°3'11" de longitude leste e altitude de 1.025 m.

O clima no local, segundo Köppen é classificado como Cfb, clima subtropical, com verões frescos, sem estação seca definida e temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C e no mês mais quente abaixo de 22°C. A precipitação pluvial média anual é de 1.600mm a 1.800mm. Os dados climatológicos referentes ao período de condução dos experimentos nos anos 2013 e 2014 são apresentados no Anexo 1.

O solo no local é um Cambissolo Háplico Tb distrófico típico, de textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006). Os atributos químicos e físicos do solo das áreas dos experimentos estão descritos no Anexo II.

O delineamento experimental utilizado para cada cultivar (Gralha Azul e BRS-Pardela), foi de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. As parcelas apresentaram área total de 18m², com 6m de comprimento por 3m de largura e área útil de 5 x 2m.

A cultivar BRS Gralha-Azul é um trigo da classe Pão/Melhorador apto para um mercado cada vez mais exigente em farinha para a fabricação do tradicional pão "francês". Além de produtivo, a cultivar BRS Gralha-Azul apresenta estabilidade para qualidade tecnológica, boa resistência à germinação pré-colheita, garantindo a qualidade do grão e boa resistência a doenças. É moderadamente suscetível ao acamamento. Possui moderada resistência à Ferrugem da folha, Oídio, Manchas foliares, Vírus do mosaico comum do trigo e ao Vírus do nanismo amarelo da cevada. As regiões de adaptação são partes de Santa Catarina, do Paraná, de São Paulo e do Mato Grosso do Sul. Possui ciclo médio de 124 dias e altura média de 83 cm, dependente das condições edafoclimáticas locais.

A cultivar de trigo BRS-Pardela apresenta excelente qualidade de panificação, ampla adaptação, boa sanidade geral e moderada resistência à debulha natural. Pertence à classe comercial "trigo melhorador". É moderadamente suscetível ao acamamento. Apresenta ciclo médio de 122 dias, altura média de 79 cm,

resistência à ferrugem do colmo e ao Oídio, e moderada resistência à Ferrugem da folha, Brusone e Vírus do nanismo amarelo da cevada. A área de adaptação são algumas regiões de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul. As características médias dependem das condições edafoclimáticas locais.

Os tratamentos constaram de seis épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura, aos 0, 10, 20, 30, 40 e 50 dias após a semeadura, correspondendo as fases de semeadura, emergência, início do perfilhamento, final do perfilhamento, alongação do colmo e emborrachamento. A dose utilizada foi de 100 kg ha⁻¹ de N, aplicado na forma de uréia (222 kg ha⁻¹).

O sistema de cultivo utilizado foi o plantio direto na palha, sendo a soja a cultura antecessora nos dois anos de pesquisa. A semeadura do trigo foi realizada no dia 12 de junho de 2013 e no dia 23 de junho em 2014. Em 2013 a emergência ocorreu no dia 22 de junho e no ano seguinte no dia 02 de julho. A colheita em 2013 foi realizada no dia 05 de novembro e em 2014 no dia 08 de novembro.

A densidade de semeadura utilizada foi de 350 plantas por metro quadrado. A adubação de base foi efetuada no momento da semeadura, com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ da formulação comercial 08-30-10. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada de acordo com os tratamentos.

Os tratos culturais realizados foram os mesmos nos anos de 2013 e 2014. Foi efetuado o tratamento das sementes com a mistura pronta de 45 g ha⁻¹ imidacloprido + 135 g ha⁻¹ tiodicarbe e 45 g ha⁻¹ difenoconazol.

O controle de doenças foi feito com duas aplicações de 60 g ha⁻¹ trifloxistrobina + 120 g ha⁻¹ tebuconazol adicionado de óleo metilado de soja a 0,25% v v⁻¹, sendo a primeira feita aos 30 dias após a emergência (DAE) e a segunda 15 dias após a primeira. Aos 55 DAE foram aplicados 60 g ha⁻¹ azoxistrobina + 24 g ha⁻¹ ciproconazol. Aos 80 DAE foram aplicados 75 g ha⁻¹ trifloxistrobina + 87,5 g ha⁻¹ protioconazol adicionado de óleo metilado de soja a 0,25% v v⁻¹.

O controle de insetos foi realizado com duas aplicações de 62 g ha⁻¹ lambda-cialotrina + tiametoxam. Para o controle de plantas daninhas em pré-semeadura aplicou-se 720 g i.a. ha⁻¹ de glifosato aos 10 dias antes da semeadura. Em pós-emergência, o controle das plantas daninhas foi realizado com 4,2 g i.a. ha⁻¹ de metsulfuron-metílico adicionado de óleo mineral a 0,5% v v⁻¹, aos 43 DAE.

Na fase de antese foram avaliados, em 10 plantas por parcela selecionadas aleatoriamente, as seguintes características morfológicas: número de

perfilhos; comprimento e largura da folha bandeira, comprimento e largura das duas folhas abaixo da folha bandeira (folha bandeira-1 e folha bandeira-2, respectivamente) e estatura da planta mãe com auxílio de régua milimétrica. Na mesma época foi realizada a avaliação do número de plantas por metro quadrado, através da contagem das plantas em dois metros lineares, em cada parcela.

Quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica foi efetuada a colheita manual das plantas. Na ocasião foi feita também a coleta de todas as plantas contidas em um metro de fileira para a avaliação dos componentes de rendimento. Dessas plantas foi avaliado o número de espigas por metro, espiguetas por espiga, o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos (MMG), através de 400 grãos.

Das plantas coletadas em um metro de fileira foram selecionadas 10, a fim de determinar o índice de colheita aparente (ICA). Para tanto, grãos, colmos, folhas e ráquis foram secos em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 65 °C por 48 horas. O ICA foi determinado pela divisão entre os valores obtidos da massa de grãos e o valor da fitomassa total acima do solo, de acordo com a fórmula:

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

A produtividade foi determinada pela pesagem da produção da área útil de cada parcela, sendo acrescido o material utilizado para a determinação dos componentes de rendimento, tendo sua umidade corrigida para 13% e o valor transformado em quilogramas por hectare.

Quando os grãos atingiram o ponto de colheita foi estimado também o acamamento para cada parcela, usando o cálculo do índice de acamamento Belga (IA), descrito em Moes e Stobbe (1991).

$$\text{IA} = S \times I \times 0,$$

Onde: S= área de superfície acamada; (1= sem acamamento, 9= totalmente acamada). I= intensidade do acamamento; (1= plantas na vertical, 5= plantas na horizontal).

A determinação do peso hectolítrico - PH (kg hL⁻¹) foi através de uma balança da marca Dallemolle no Laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual

de Ponta Grossa e o Número de queda (segundos) foi medido na empresa CONAB por um equipamento da marca Perten, modelo FN 1700.

Para a avaliação do Número de queda, os grãos de cada genótipo foram moídos em moinho apropriado (Perten Mill 3100) e 7,0 g de farinha integral foram adicionados a 25 mL de água, colocados no tubo viscométrico e imersos em banho-maria a 100 °C, no equipamento para agitação e posterior leitura do valor de número de queda em segundos, conforme Guarienti e Miranda (2004).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativas, as diferenças entre as médias de épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura foram comparadas por regressão polinomial.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2013 e 2014, nas duas cultivares, Gralha Azul e BRS-Pardela, e na média das mesmas, não ocorreram diferenças entre as épocas de aplicação do nitrogênio em cobertura para o número de plantas por metro quadrado. Os resultados dos dois anos indicam que o número de plantas não é dependente da aplicação de nitrogênio, mas de outros fatores, como características da semente, das condições edafoclimáticas, entre outros (Tabela 3). Os resultados de Yano, Takahashi e Watanabe (2005) corroboram com os encontrados no presente trabalho, visto que o autor não observou diferenças significativas para o número de plantas por metro com o N aplicado na semeadura, perfilhamento e no emborrachamento.

No processo de germinação e de emergência, a luz e as condições nutricionais do solo não possuem papel importante, já que as reservas necessárias para o crescimento inicial estão armazenadas no endosperma e suprem esse processo até o aparecimento da primeira folha verde (RODRIGUES et al., 2011), porém o teor de nitrogênio na semente tem sido apontado como principal fator responsável pelo vigor das plântulas (LOWE; RIES, 1972; MUNDOSTOCK; BREDEMEIER, 1994; SCHLEUBER; TUCKER, 1967).

Deve-se considerar que, o tempo decorrido entre a conversão do N proveniente da uréia em amônio e depois em nitrato, para que possa ser utilizado pela planta, é de 5 a 10 dias e a germinação do trigo leva entre 5 e 7 dias dependendo das condições ambientais (RODRIGUES et al., 2011). De modo que quando o N aplicado na semeadura estiver disponível para absorção, a germinação já ocorreu e a plântula já está estabelecida, portanto, a planta de trigo utilizará o nitrogênio apenas nas etapas seguintes do desenvolvimento. Como o N proveniente da adubação nitrogenada sofre influência das condições ambientais, o adubo aplicado poderá tornar-se indisponível através da lixiviação ou volatilização, ficando indisponível para a etapa em que o trigo mais necessita do nutriente. Isso justifica em parte a recomendação de parcelamento do N utilizada entre produtores, visando a produtividade, com uma pequena parte na semeadura e o restante no estágio em que precedem o período de maior demanda pela planta de nitrogênio, no perfilhamento.

Tabela 3 - Número de plantas por metro quadrado na antese das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, PR. 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	309,4	360,8	273,4	284,4	335,1	278,9
10	287,3	331,4	274,8	294,7	309,4	284,8
20	311,6	356,4	282,9	250,6	334,0	266,8
30	333,6	350,5	241,0	288,8	342,1	264,9
40	330,0	391,0	310,1	275,6	360,5	292,9
50	346,1	349,8	294,7	269,7	348,0	282,2
Média	319,7	356,7	279,5	277,3	338,2	278,4
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	11,8	7,7	20,0	20,1	8,2	16,3

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

A estatura de plantas variou em função da época de aplicação do N em cobertura, nos dois anos para a cultivar BRS-Pardela e no ano de 2014 para a cultivar Gralha Azul. Também foram observadas diferenças na média das duas cultivares nos dois anos de cultivo. Todas as regressões observadas foram quadráticas (Tabela 4). Em 2013 o ponto de máxima estatura para a cultivar BRS-Pardela foi aos 25 dias após a semeadura. Em 2014 o ponto de máxima estatura para a cultivar BRS-Pardela foi para a aplicação aos 29 dias e 24 dias para a cultivar Gralha Azul. Na média das duas cultivares o ponto de máxima foi de 26 dias em 2013 e 28 dias em 2014. Esses pontos máximos coincidem com o final da fase de perfilhamento, e a aplicação nessa época disponibiliza maior quantidade de N no início da fase de alongação do colmo, promovendo maior estatura de plantas.

O N exerce influência no desenvolvimento vegetativo, resultando em uma maior estatura de planta (ZAGONEL et al., 2002). Entretanto, plantas que apresentem maior estatura são indesejáveis, visto que o maior comprimento pode refletir em maior propensão ao acamamento (ESPINDULA et al., 2010). Porém, as respostas da estatura da planta a aplicação de nitrogênio são particularidades de cada cultivar (ESPINDULA et al., 2010) e das condições do ambiente em que o adubo é colocado. Isso pode explicar a diferença dos resultados encontrados para essas cultivares no presente estudo quando comparado aos outros estudos, utilizando diferentes cultivares de trigo, como CD-104 (YANO; TAKAHASHI; WATANABE, 2005) e E 21 (TEIXEIRA FILHO et al., 2010).

Teixeira Filho (2008) não observou diferenças para estatura de plantas, quando aplicado o N total em semeadura ou em cobertura. Já Yano, Takahashi e Watanabe (2005) observaram plantas mais altas com aplicação de N na semeadura em comparação a aplicações mais tardias (perfilhamento e emborrachamento). Alvarez et al. (2006), estudaram a resposta de cultivares de trigo à dose de N em cobertura na região do Cerrado, e concluíram que a cultivar tem influência significativa na estatura de plantas, o que foi observado no presente trabalho e também nos resultados dos autores supracitados.

Tabela 4 - Estatura da planta mãe (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	67,5	65,4	78,5	75,2	66,4	76,8
10	78,4	65,2	86,0	86,6	71,8	86,3
20	78,1	74,6	88,5	91,2	76,3	89,8
30	77,2	73,1	85,0	94,1	75,1	89,6
40	75,4	65,4	82,8	91,0	70,4	86,9
50	74,0	66,5	79,4	87,2	70,2	83,3
Média	75,1	68,4	83,4	87,6	71,8	85,5
Regressão	NS	Q	Q	Q	Q	Q
CV (%)	9,3	4,5	4,6	6,8	5,9	4,5

NS não significativo; Q quadrática; CV= coeficiente de variação; Estatura – BRS-Pardela 2013: $Y = 64.364286 + 0.569179x - 0.011125x^2$ ($R^2 = 0,50$); Estatura – Gralha Azul 2014: $Y = 79.655121 + 0.63222x - 0.013116x^2$ ($R^2 = 0,85$); BRS-Pardela 2014: $Y = 75.760119 + 1.11567x - 0.019056x^2$ ($R^2 = 0,98$); Média cultivares 2013: $Y = 66.947321 + 0.620187X - 0.011629X^2$ ($R^2 = 0,81$). Média das cultivares 2014: $Y = 77.708152 + 0.901890x - 0.016086x^2$ ($R^2 = 0,96$).

A variação da época de aplicação do N não afetou o índice de acamamento nos dois anos de estudo, em ambas as cultivares e na média das duas (Tabela 5). A susceptibilidade ao acamamento pode estar relacionada ao excessivo crescimento vegetativo, provocado por desbalanço nutricional, baixa resistência do colmo ao acamamento, massa das espigas, fatores climáticos desfavoráveis, entre outros (ESPIDULA et al., 2010). Acredita-se que, neste estudo, o acamamento não ocorreu pelas condições do ambiente amenas, e, ainda, pelas precipitações adequadas no final do enchimento dos grãos no ano de 2013 (Anexo I). Apesar de não ocorrer diferenças significativas entre as épocas de aplicação no ano de 2014, em algumas parcelas foi observado algum índice de acamamento, o que pode ter ocorrido devido às condições climáticas no final do ciclo das cultivares associado à

aplicação do N em cobertura, mas em níveis que não afetam a produtividade e a colheita.

Tabela 5 - Índice de acamamento (IA) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	1,0	1,0	1,6	1,0	1,0	1,3
10	1,0	1,0	1,7	1,2	1,0	1,5
20	1,0	1,0	11,7	1,0	1,0	6,3
30	1,0	1,0	12,5	1,0	1,0	6,7
40	1,0	1,0	18,7	1,0	1,0	9,8
50	1,0	1,0	3,0	1,2	1,0	2,1
Média	1,0	1,0	8,2	1,1	1,0	4,6
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	-	-	32,3	27,5	-	28,5

NS não significativo; Q quadrática; CV= coeficiente de variação.

O número de perfilhos não variou em função da época de aplicação de N em ambas as cultivares, nos dois anos de estudo e também na média dos mesmos (Tabela 6). O perfilho é classificado como extremamente importante para a cultura do trigo (ALVES; MUNDSTOCK; MEDEIROS, 2010; VALÉRIO et al., 2008; VALÉRIO et al., 2009), pois é um dos principais componentes que podem influenciar a produtividade de grãos (HARTWIG et al., 2007).

Para Pietro-Souza et al. (2013), quanto maior o número de perfilhos maior também será a quantidade de folhas em uma unidade de área e, em consequência, a competição por fotoassimilados se acentua no dossel das plantas. Além disto, Motzo, Giunta e Deidda (2004) comentam que cultivares que apresentem menor número de perfilhos apresentam maior fertilidade de espiguetas e maior massa de grãos por planta (SCHEEREN; CARVALHO; FEDERIZZI, 1995). Estes benefícios podem ser inexpressivos em função das mesmas requererem elevada densidade de semeadura para expressarem elevada produtividade de grãos (DOFING; KNIGHT, 1994).

Segundo Costa, Zucareli e Riede (2013), a aplicação de N no início do perfilhamento é muito importante na determinação do número de perfilhos, espigas por planta e, conseqüentemente, no número de grãos por espigas. Fioreze (2011) comenta que as cultivares de trigo diferem substancialmente na sua capacidade de emissão de perfilhos, no ciclo, na arquitetura de planta e no potencial produtivo. Essas

diferenças podem interferir na capacidade de absorção, assimilação e conversão do nitrogênio. Entretanto, no presente estudo as diferentes épocas de aplicações do N não influenciaram o número de perfilhos, nas duas cultivares.

Os resultados do presente trabalho, em parte podem estar relacionados às condições do solo dos dois anos, que possuem elevada fertilidade e manejado sob sistema de plantio direto. Aliado a isso, a rotação de cultura com a soja, possivelmente tenha deixado no solo e na palhada nutrientes, especialmente o nitrogênio, para a cultura do trigo. A aplicação de N em cobertura no estágio de perfilhamento dos cereais de inverno, em geral proporciona maior número de perfilhos e aumentos significativos da produtividade de grãos (PERUZZO, 2000). Já a aplicação tardia de N pode aumentar a sobrevivência dos perfilhos emitidos pela planta e a massa dos grãos de trigo.

Quando o N não está disponível para a planta durante o período de perfilhamento pode ocorrer assincronia na emissão de perfilhos. Nessas condições o perfilho têm pouca chance de sobreviver, mesmo que a planta receba suplementação de nitrogênio em períodos posteriores (MUNDSTOCK, 1999). Esse resultado não foi observado no presente trabalho, provavelmente devido à alta fertilidade do solo, que garantiu o suprimento de N na fase de perfilhamento.

Sangoi et al. (2007) observaram respostas diferentes quando comparados com os do presente estudo, onde o número de perfilhos foi maior para o tratamento com nitrogênio aplicado nas fases iniciais de desenvolvimento (planta com 3 folhas desenvolvidas) em comparação com épocas mais tardias (perfilhamento, início do alongamento e emborrachamento). O N é o nutriente que mais influência na morfogênese e no perfilhamento a deficiência inibe o crescimento e acentua a dominância apical (SANGOI et al., 2007). Porém, o número de perfilhos férteis depende não só da adubação como também das condições ambientais entre os períodos de inibição do primórdio do perfilho e os estádios de desenvolvimento subsequente. Estresses ambientais durante a emergência dos perfilhos podem inibir a sua formação e em estádios posteriores causar abortamento (MAAS et al., 1994).

Segundo Sangoi et al. (2007), as cultivares de trigo diferem na sua capacidade de emissão de perfilhos, no seu ciclo, na arquitetura e no potencial produtivo. Estas diferenças podem interferir na capacidade de absorção de assimilação e de conversão de N para a produção de grãos. Os resultados demonstram que entre as cultivares utilizadas no presente trabalho a resposta foi

similar entre as épocas de aplicação do N, com número variável de 2,0 a 2,9 perfilhos, valores que estão dentro dos ideais (Tabela 5).

Segundo Common e Klinck (1981), o ideal é uma cultivar com um colmo principal e dois ou no máximo três perfilhos, visto que quando se tem um excesso de perfilhos ocorre grande mortalidade dos mesmos durante o ciclo da cultura, devido à competição entre as plantas. Esse é o principal fator que contribui para a redução da produtividade de cultivares com elevado perfilhamento.

Tabela 6 - Número de perfilhos das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013	2013	2014	2014	2013	2014
0	2,0	2,0	2,3	2,6	2,0	2,4
10	2,9	2,7	2,7	2,5	2,8	2,6
20	2,2	2,0	2,7	2,6	2,1	2,6
30	2,0	2,1	2,2	2,6	2,1	2,4
40	3,2	2,3	2,5	2,7	2,7	2,6
50	2,0	2,1	2,9	2,7	2,1	2,8
Média	2,4	2,2	2,6	2,6	2,3	2,6
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	38,4	17,7	24,5	22,8	20,9	17,0

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

A largura e o comprimento da folha bandeira e das duas abaixo dessa não foram afetados em função das épocas de aplicação de N em cobertura, nos dois anos de cultivo, nas duas cultivares e na média das duas cultivares (Tabelas 7 a 12). O comprimento das folhas está diretamente relacionado com a interceptação da radiação solar e pelo acúmulo de fotoassimilados, os quais são responsáveis pelo enchimento de grãos e qualidade industrial. Ressalta-se que o N absorvido pela planta é remobilizado das folhas para a espiga, onde é usado na síntese de proteínas, que são responsáveis pela qualidade dos grãos (TRIBOI; TRIBOI-BLONDEL, 2002).

Embora não tenha sido encontrado na literatura resultados de épocas de aplicação de N comparado com o tamanho das folhas e também por não ter sido realizada a contagem de folhas por planta e nem o peso das mesmas, pode-se considerar que a massa das plantas não variou em função da época de aplicação do nitrogênio. Yano, Takahashi e Watanabe (2005), utilizando a cultivar CD-104 realizaram a aplicação de N na semeadura, perfilhamento e emborrachamento e observaram que os tratamentos que receberam adubação nitrogenada em cobertura

logo após a semeadura apresentaram maior quantidade de matéria seca da folha bandeira em relação à aplicação na época do emborrachamento. A aplicação no perfilhamento teve um valor intermediário entre a época da semeadura e emborrachamento.

Carvalho (2014), estudando diferentes doses de nitrogênio aplicados de forma parcelada no número de folhas (cultivar BRS 254), observou que quando não foi realizada a aplicação de N ocorreu uma redução em torno de 29% no número de folhas por planta, destacando a importância do nutriente para o crescimento e desenvolvimento das plantas de trigo. Embora não tenha estimado a correlação do número de folhas com o tamanho das mesmas.

Teixeira Filho et al. (2010) aplicaram nitrogênio em diferentes épocas e observaram o N em cobertura proporcionou maior massa foliar do que a aplicação realizada na semeadura, utilizando a cultivar E 21 de trigo. Esses resultados diferenciais demonstram que a cultivar tem importância na resposta ao N para o desenvolvimento das folhas, visto que elas respondem de forma diferenciada a época de aplicação do N. No presente trabalho, para as cultivares não houve resposta da largura e comprimento das folhas em função da época de aplicação do N.

Tabela 7 - Largura da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	1,4	1,5	1,3	1,1	1,5	1,2
10	1,8	1,5	1,1	1,0	1,7	1,1
20	1,5	1,4	1,2	1,0	1,5	1,1
30	1,4	1,5	1,2	1,0	1,5	1,1
40	1,4	1,5	1,1	1,1	1,5	1,1
50	1,5	1,4	1,2	1,0	1,5	1,2
Média	1,5	1,5	1,2	1,0	1,5	1,1
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	16,1	4,0	8,5	5,9	8,6	5,4

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

Tabela 8 - Comprimento da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	20,6	26,2	28,4	23,9	23,4	26,2
10	22,4	28,2	28,8	22,9	25,3	25,9
20	24,2	26,8	28,8	24,4	25,6	26,7
30	22,0	29,7	29,6	24,6	25,9	27,1
40	21,0	26,6	30,0	23,0	23,9	26,5
50	21,7	28,2	28,3	23,9	25,0	26,2
Média	22,0	27,6	29,0	23,8	24,9	26,4
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	12,6	15,4	3,5	8,3	7,6	3,7

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

Tabela 9- Largura da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	1,1	1,1	0,7	1,1	1,2	1,0
10	1,2	1,1	0,8	1,0	1,2	1,0
20	1,2	1,1	0,7	0,8	1,2	1,0
30	1,2	1,2	0,6	1,1	1,2	1,0
40	1,1	1,2	0,8	1,0	1,2	1,0
50	1,2	1,1	0,7	1,1	1,2	1,1
Média	1,2	1,1	0,7	1,0	1,2	1,0
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	7,7	7,4	31,1	8,0	4,5	8,5

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

Tabela 10- Comprimento da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Época de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	24,3	29,7	28,4	25,3	27,0	26,8
10	26,4	31,5	29,5	21,4	29,0	25,4
20	27,9	30,3	29,2	24,8	29,1	27,0
30	26,4	31,1	29,3	25,6	28,8	27,4
40	25,2	29,5	29,6	27,1	27,4	28,3
50	25,6	31,1	37,7	22,3	28,4	30,0
Média	26,0	30,5	30,6	24,4	28,3	27,5
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	9,6	5,6	14,6	12,6	5,7	6,9

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

Tabela 11 - Largura da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	1,0	0,8	0,6	0,5	0,9	0,6
10	1,1	1,2	0,5	0,5	1,2	0,5
20	1,0	0,8	0,5	0,5	1,0	0,6
30	1,1	0,7	0,7	0,5	0,9	0,6
40	1,7	0,9	0,5	0,5	1,0	0,6
50	1,3	0,8	0,5	0,5	1,1	0,6
Média	1,2	0,9	0,6	0,5	1,0	0,6
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	16,7	27,3	12,2	7,1	15,5	10,3

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

Tabela 12 - Comprimento da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	1,0	0,8	0,6	0,5	0,9	0,6
10	1,1	1,2	0,5	0,5	1,2	0,5
20	1,0	0,8	0,5	0,5	1,0	0,6
30	1,1	0,7	0,7	0,5	0,9	0,6
40	1,7	0,9	0,5	0,5	1,0	0,6
50	1,3	0,8	0,5	0,5	1,1	0,6
Média	1,2	0,9	0,6	0,5	1,0	0,6
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	16,7	27,3	12,2	7,1	15,5	10,3

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

As épocas de aplicação de N em cobertura não afetaram o diâmetro do colmo nos dois anos de cultivo, nas duas cultivares e na média das mesmas (Tabela 13). Segundo Nardino et al. (2013), a aplicação de nitrogênio afeta o diâmetro de colmo. Os autores observaram uma resposta linear positiva, ou seja, há um aumento do diâmetro do colmo das plantas de trigo com o aumento das doses de nitrogênio.

No presente trabalho, a adubação nitrogenada, independente da época de aplicação, não influenciou o diâmetro de colmo do trigo, o que também foi observado em resultados encontrados por Zagonel et al. (2002), ao estudarem características agronômicas de trigo com a cultivar OR-1.

O diâmetro do colmo está diretamente correlacionado com a resistência das plantas de trigo ao acamamento (CRUZ et al., 2001), que é um dos fatores que podem limitar a produção de grãos, dependendo da intensidade e do estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre. O acamamento pode interromper o movimento dos fotoassimilados nas plantas, resultando em prejuízos, sobretudo no peso dos grãos (SILVA et al., 2006), podendo afetar a qualidade industrial dos grãos, principalmente quando ocorre no final do ciclo da cultura. Se o acamamento ocorrer após a fase de enchimento dos grãos, o microclima criado com as plantas acamadas pode iniciar a germinação antes da colheita, a diminuição do rendimento de grãos, da massa de mil grãos (MMG) e do peso do hectolítrico (BHATT et al., 1981).

Como no presente trabalho não foram observadas diferenças no diâmetro do colmo e no acamamento em função dos tratamentos (Tabela 5), essas características não seriam as causas de possíveis diferenças entre produtividade, MMG e PH.

Tabela 13 - Diâmetro do colmo (mm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	3,1	3,3	3,1	3,3	3,3	3,1
10	3,5	3,5	3,2	3,3	3,6	3,4
20	3,5	3,1	3,1	3,5	3,3	3,2
30	3,3	3,3	3,1	3,3	3,4	3,2
40	3,1	3,3	3,1	3,2	3,2	3,2
50	3,2	3,5	3,2	3,1	3,4	3,1
Média	3,3	3,3	3,1	3,3	3,4	3,2
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	7,2	5,8	6,3	10,2	4,8	4,1

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

O número de espigas por metro não foi afetado pelas épocas de aplicação do N em cobertura nas duas cultivares, nos dois anos de cultivo e na média das cultivares (Tabela 14). O número de espigas por metro está diretamente relacionado com o número de plantas emergidas e o número de perfilhos por planta. Como o número de planta emergidas (Tabela 3) e o número de perfilhos (Tabela 4) não variaram em função da época de aplicação do N, o número de espigas foi similar entre os tratamentos. As cultivares podem apresentar diferenças no número total de

perfilhos emitidos, mas nem sempre isso resulta em maior número de espigas por área, uma vez que nem todos os perfilhos produzem espigas e muitas plantas abortam os perfilhos devido ao manejo e a fatores ambientais (GALLAGHER; BISCOE, 1978).

Como já foi discutido, o nitrogênio tem grande importância na emissão e sobrevivência dos perfilhos, e o resultado do presente trabalho, sem a variação do número de perfilhos e de espigas por metro nas diferentes épocas de aplicação de N, pode estar relacionado com o local do experimento, que apresentava alta fertilidade e foi conduzido em rotação de culturas com a soja.

Tabela 14 - Número de espigas por metro das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	552,7	503,9	567,4	524,5	528,6	546,3
10	588,0	509,8	541,0	521,6	549,2	531,6
20	535,1	424,5	433,4	462,8	479,8	448,6
30	512,7	530,4	508,6	502,7	522,1	505,7
40	648,0	533,3	515,7	552,7	590,9	534,5
50	482,2	470,4	445,1	470,4	476,3	458,1
Média	553,1	495,4	501,9	505,8	524,5	504,1
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	18,7	18,7	15,6	12,3	14,0	11,7

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

O número de espiguetas por espiga não diferiu entre épocas de aplicação de N em cobertura nas duas cultivares e nos dois anos de cultivo (Tabela 15), resultado que corrobora com os obtidos por Costa, Zucareli e Riede (2013), que também não observaram diferenças no número de espiguetas por espiga em função de diferentes épocas de aplicação de nitrogênio. O número de espiguetas é uma característica genética, mas que também é influenciado pelas condições ambientais e fatores nutricionais, onde o nitrogênio se destaca por ter influência direta no estímulo de produção de espiguetas (TEIXEIRA FILHO, 2008). Porém, para que seja aproveitado é necessário a aplicação na época adequada para utilização da planta.

Segundo Rodrigues et al. (2011), a partir do estágio de duplo anel (final da fase vegetativa e início da fase reprodutiva), o primórdio diferencia as espiguetas na espiga progredindo até a espiguetas terminal (início da elongação), sendo que a maior parte da absorção do nitrogênio ocorre entre o alongamento

(espiguetas terminal) e o espigamento, com acúmulo máximo na antese, que ocorre próximo a 100 dias, dependendo do ciclo da cultivar. Os autores ainda comentam que a época mais apropriada para aplicação de N em cobertura é nos estádios que precedem o período de maior demanda, a tempo de deixar o N disponível para a planta. Assim, o N deve ser aplicado durante o perfilhamento e alongamento do colmo, correspondendo, em geral, ao período de 30 a 35 dias após a emergência. Segundo Frank e Bauer (1996), a deficiência de N no período entre a fase de emergência até a diferenciação do primórdio floral pode diminuir o número de espiguetas.

Bredemeier e Mundstock (2001) observaram respostas diferentes para a avaliação de espiguetas por espiga quando fizeram aplicação de N em diferentes estádios de crescimento, com melhores resultados quando o N foi aplicado na emissão da terceira folha. Os autores notaram que ocorreu um estímulo nas plantas que aumentou o número de espiguetas, diferentemente da aplicação na semeadura, no emborrachamento e na emissão da quinta e sétima folha.

A não ocorrência de resposta entre as épocas de aplicação de nitrogênio para o número de espiguetas por espiga no presente trabalho pode estar relacionada com a fertilidade do solo, como já comentado, que supriu a planta com N na época do perfilhamento. Wendling et al. (2007) comentam que o cultivo do trigo em sucessão a cultura da soja, em geral aumenta a produtividade com baixa resposta do trigo ao nitrogênio aplicado em cobertura, pois a soja, além de promover aumento na disponibilidade de nitrogênio, devido à fixação do N atmosférico, deixa resíduos vegetais de fácil decomposição, o que promove um rápido aumento da disponibilidade de nitrogênio na camada superficial do solo.

Tabela 15 - Número de espiguetas por espiga das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	15,6	16,7	16,0	15,9	16,2	16,0
10	16,3	16,3	16,2	15,3	16,4	15,8
20	17,5	16,1	15,5	15,4	16,9	15,5
30	17,0	16,2	15,8	15,7	16,6	15,8
40	16,3	16,1	15,7	15,6	16,2	15,7
50	16,6	16,5	15,9	16,3	16,6	16,2
Média	16,6	16,3	15,9	15,7	16,5	15,8
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	6,0	5,6	7,8	4,4	4,8	11,7

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

Apenas para a cultivar BRS-Pardela e para a média das cultivares no ano de 2013, houve resposta do número de grãos por espiga à variação da época de aplicação do N (Tabela 16), com resposta quadrática e ponto de máxima com a aplicação aos 35 dias após a semeadura para a cultivar BRS-Pardela e aos 42 dias para a média das cultivares. Em 2014, a cultivar Gralha azul respondeu de forma linear positiva para as diferentes épocas de aplicação do N.

Braz et al. (2006) comentam que o número de grãos por espiga sofre influência da época em que o nitrogênio é disponibilizado, pois se ocorrer a deficiência do N entre a fase inicial até os primórdios florais, a formação dos grãos é reduzida. Entretanto, Benett (2011) e Teixeira Filho et al. (2010) não verificaram efeitos significativos para o número de grãos por espiga aplicando nitrogênio em diferentes épocas.

Na literatura há resultados contrastantes, tanto para épocas de aplicação de N, como observado acima, como para doses de N em cobertura. Silva (1991) estudou doses de N em diferentes cultivares de trigo e não observou respostas no número de grãos por espiga entre as diferentes doses. Teixeira Filho et al. (2008) também não verificaram efeito das doses de N aplicadas em cobertura, em diferentes populações de plantas, em duas cultivares de trigo. No entanto, Coelho et al. (1998) observaram aumento do número de grãos por espiga da cultivar 22, proporcionado pelo aumento das doses de N.

As diferenças dos resultados encontrados com os citados acima podem ser explicadas pela característica das cultivares utilizadas, as quais podem ser mais ou menos responsivas a aplicação de N.

O fornecimento de N durante os estádios iniciais é necessário para potencializar o número máximo de espiguetas por espiga e, conseqüentemente, o número de grãos por espiga, enquanto nos estádios após a sétima folha emitida, o nitrogênio é crítico para determinar o número de colmos que produzem espigas férteis por área (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2001).

Tabela 16 - Número de grãos por espiga das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura após a semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	33,8	32,8	19,5	21,1	33,3	20,3
10	31,2	39,4	26,4	22,2	35,8	24,3
20	36,2	39,3	26,5	21,6	37,7	24,1
30	40,2	40,3	25,7	23,5	38,3	24,6
40	33,52	42,1	25,8	20,8	39,0	23,4
50	39,7	40,2	31,9	23,9	39,3	28,0
Média	35,8	39,0	26,0	22,2	37,2	24,1
Regressão	NS	Q	L	NS	Q	NS
CV (%)	8,0	8,7	17,5	12,7	4,9	12,4

NS não significativo; CV= coeficiente de variação. Pardela 2013: $Y = 33,646964 + 0,442587x - 0,006226x^2$ ($R^2 = 0,86$); Gralha Azul 2014: $Y = 21,783452 + 0,169329x$ ($R^2 = 0,65$); Média das cultivares 2013: $Y = 33,646964 + 0,442587x - 0,00280059x^2$ ($R^2 = 0,86$).

Para a massa de mil grãos (MMG), as avaliações que apresentaram variações entre os tratamentos foram no ano de 2013 para a cultivar Gralha Azul, no ano de 2014 para a cultivar BRS-Pardela e na média das cultivares em ambos os anos (Tabela 17), todos com respostas quadráticas em função de época de aplicação. O ponto de máximo da curva para a cultivar Gralha Azul em 2013, BRS-Pardela em 2014 e na média das duas cultivares, em 2013 e 2014, foram de 38, 24, 51 e 26 dias, respectivamente. A MMG é uma medida que apresenta forte influência genética, mas também é afetada pelas condições de temperatura e de umidade durante a fase de maturação no campo (COSTA; ZUCARELI; RIEDE, 2013). Porém, cada cultivar responde de modo diferente aos estímulos do ambiente, o que pode ter ocorrido no presente trabalho. Considerando o ponto de máxima, nota-se que a cultivar Gralha Azul apresenta maior MMG quando o N é aplicado mais tarde do que quando

comparado com a BRS-Pardela. Entretanto, a resposta vai depender principalmente das condições climáticas em que a planta se desenvolve.

Em trabalho conduzido por Costa, Zucareli e Riede (2013), foi observado que o parcelamento da adubação nitrogenada não influenciou a MMG. Resultados similares aos de Nakagawa, Cavarni e Machado (2000), que avaliando o efeito da adubação nitrogenada em cobertura sobre a produção e a qualidade de aveia-preta, constataram que o peso hectolítrico e a MMG não foram afetados pelas doses de N testadas (0; 20; 30; 40; 50 e 60 kg ha⁻¹) aplicadas na semeadura e no final do perfilhamento. Teixeira Filho et al. (2010), não observaram diferenças significativas para a MMG quando o N foi aplicado em diferentes épocas. Zagonel et al. (2002) verificaram que a adubação nitrogenada não influencia a MMG.

Entretanto, existem resultados contraditórios na literatura. Yano, Takahashi e Watanabe (2005), observaram que a MMG foi maior quando o N foi aplicado na fase de emborrachamento em relação às aplicações antecipadas. Segundo Frank e Bauer (1996) a falta de N no período entre a emergência das plântulas até a diferenciação do primórdio floral pode reduzir a MMG.

Teoricamente, as aplicações de N em fases mais adiantadas da cultura, como no emborrachamento, promovem grãos mais pesados.

A cultivar Gralha Azul, no ano de 2014, apresentou MMG abaixo da média descrita para a cultivar (34 g), provavelmente devido a interação dos fatores climáticos durante o período de desenvolvimento da cultura, visto que em 2013 a média da cultivar foi superior a 34 g. A MMG média da cultivar BRS-Pardela é de 34 g e foi obtida nos dois anos, resultados que confirmam a influência do clima e da cultivar na MMG. Esses resultados corroboram com os de Costa, Zucareli e Riede (2013), que também citam como importante a temperatura e a umidade durante a fase de maturação no campo, além da compensação em relação aos demais componentes do rendimento, pois quando o número de grãos por área é alto a MMG tende a ser menor e vice-versa.

Tabela 17 - Massa de mil grãos (gramas) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	32,9	35,8	26,9	28,4	34,4	27,7
10	37,6	34,5	28,9	31,9	36,1	30,5
20	38,6	36,8	28,8	32,8	37,8	30,8
30	39,1	37,5	29,8	34,7	38,3	32,3
40	38,7	39,2	29,4	32,2	39,0	30,9
50	39,9	38,8	29,1	26,6	39,4	27,9
Méia	37,8	37,1	28,8	31,1	37,5	30,0
Regressão	Q	NS	NS	Q	Q	Q
CV (%)	6,7	7,8	11,8	12,6	4,9	6,8

NS não significativo; CV= coeficiente de variação; Gralha Azul 2013: $Y = 33.676116 + 0.319350x - 0.004157x^2$ ($R^2 = 0,87$); BRS-Pardela 2014: $Y = 8,104464 + 0,508502x - 0,010529x^2$ ($R^2 = 0,93$); Média das cultivares 2013: $Y = 34,408705 + 0,192730x - 0,001883x^2$ ($R^2 = 0,99$); Média das cultivares 2014: $Y = 27,632045 + 0,330197x - 0,0064x^2$ ($R^2 = 0,93$).

Em relação à produtividade, a resposta das duas cultivares e a média das mesmas, nos dois anos de cultivo foram quadráticas em função da época de aplicação do N em cobertura, com ponto de máxima produtividade nas aplicações realizadas aos 25 dias para cultivar Gralha Azul e BRS-Pardela no ano de 2013; aos 20 dias para a cultivar Gralha Azul no ano de 2014; e aos 28 dias para a cultivar BRS-Pardela no ano de 2014. Para a média das cultivares o ponto de máximo da curva foi de 27 dias em ambos os anos. Todos esses pontos de máxima foram obtidos com a aplicação de N na fase de perfilhamento (Tabela 18).

Apesar das aplicações realizadas no início do ciclo da cultura apresentarem baixa produtividade, a planta necessita de certa quantidade de N, visto que pesquisas indicam que altas concentrações na zona radicular são benéficas para promover o rápido crescimento inicial da planta e consequentemente apresentar maior produtividade (YAMADA, 1996). Entretanto, a adubação com N não deve ser realizada em totalidade na semeadura, pois o nitrogênio pode ser lixiviado ou volatilizado, ficando indisponível para a planta no momento de máxima absorção, resultando em menor produtividade, o que também foi observado no presente trabalho.

Da Ros et al. (2003) comentam que o parcelamento da aplicação do N, uma parte na semeadura e o restante em cobertura, aumenta a disponibilidade de nitrogênio no solo nos estádios de maior demanda deste nutriente pelo trigo. Estes autores também afirmam que a antecipação da adubação nitrogenada em condições

de alta precipitação pluviométrica pode deixar indisponível o N na época de maior demanda às culturas, devido às perdas de nitrato por lixiviação.

Baseado nas informações acima, conclui-se que é importante que no momento da semeadura seja aplicado uma parcela do N, como é recomendado para a cultura do trigo pela Informações Técnicas para Trigo e Triticale – safra 2016, e o restante nos estádios mais avançados. Bredemeier e Mundstock (2001) comentam que da emergência até a emissão da sétima folha é o período crítico para cultura do trigo, ou seja, é nessa época que as plantas carecem da maior demanda de nitrogênio e assim deve-se realizar o manejo desse nutriente para que o mesmo esteja disponível nessa fase. Esses resultados são similares aos do presente estudo, que apresentou maior produtividade quando o N foi aplicado mais tarde, na época do perfilhamento.

Segundo Wendling (2007), a antecipação da aplicação de N pode ser viável em anos de baixas precipitações pluviais, visto que o N não é perdido por lixiviação, permitindo dessa forma a utilização em época de maior absorção pela cultura. No presente estudo, a adubação realizada apenas no período da semeadura proporcionou menores produtividades do que quando comparada com as aplicações mais tardias.

Segundo as Indicações Técnicas para Trigo e Triticale, a quantidade de fertilizante nitrogenado que deve ser aplicado na cultura do trigo visando altas produtividades varia em função do teor de matéria orgânica do solo, da cultura precedente e da expectativa de rendimento de grãos da cultura, a qual é função da interação de vários fatores de produção e das condições climáticas.

A dose de nitrogênio a ser aplicada na semeadura varia entre 15 e 20 kg ha⁻¹ e o restante deve ser aplicado em cobertura. Para as doses mais elevadas de nitrogênio em cobertura, visando altas produtividades, pode-se optar pelo fracionamento em duas aplicações, uma no início do perfilhamento e o restante no início do alongamento do colmo (Indicações Técnicas para Trigo e Triticale, 2015). Essas informações corroboram com os dados obtidos no presente estudo, no qual a adubação realizada de forma parcelada com uma parte na semeadura e restante entre o final do perfilhamento e início da elongação do colmo apresentou as maiores produtividades. Isso pode ser explicado pela precipitação adequada, mas ligeiramente acima da média da região durante o início do ciclo da cultura, principalmente no ano de 2013 (Anexo I), o que pode ter deixado o nitrogênio aplicado totalmente na semeadura, indisponível para as plantas no período de maior absorção, confirmando

com Wendling (2007), onde o N aplicado totalmente na semeadura é viável apenas em condições de baixa precipitação pluvial.

Segundo Costa, Zucareli e Riede (2013), anualmente no Brasil novas cultivares de trigo com maior potencial produtivo têm sido desenvolvidas e recomendadas pelos programas de melhoramento genético. Considerando que as cultivares respondem de maneira diferenciada à aplicação de N e que a fertilização nitrogenada pode proporcionar alterações no rendimento e seus componentes da cultura, faz-se necessária a avaliação do comportamento dessas cultivares de trigo em relação à adubação nitrogenada em cobertura (COSTA; ZUCARELI; RIEDE, 2013). Além disso, a proporção do parcelamento deve considerar fatores como o ambiente, o manejo e a cultivar, de maneira a se obter recomendações específicas e não generalizadas (ESPIDULA et al., 2010).

A produção de grãos em diferentes cultivares é função do ajuste dos componentes do rendimento: número de perfilhos, número de grãos por espiga e o peso médio de grãos. O ajuste desses componentes está diretamente ligado a um controle genético e aos tratamentos a que são submetidos, entre os quais a época de aplicação do N (COSTA; ZUCARELI; RIEDE, 2013).

Tabela 18 - Produtividade de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, PR, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013	2013	2014	2014	2013	2014
0	3.013	2.419	2.125	1.770	2.716	1.948
10	3.249	2.465	2.082	1.701	2.857	1.891
20	3.225	2.932	2.716	1.973	3.079	2.344
30	3.427	3.127	3.050	2.617	3.277	2.834
40	3.404	2.740	2.417	2.032	3.072	2.225
50	3.034	2.472	1.880	2.020	2.753	1.950
Média	3225	2692	2378	2018	2959	2198
Regressão	Q	Q	Q	Q	Q	Q
CV (%)	9,4	11,4	20,4	15,0	8,1	12,3

NS não significativo; CV= coeficiente de variação; Produtividade - Gralha Azul 2013: $Y = 2990.839643 + 29.190671x - 0.539639x^2$ ($R^2 = 0,75$); BRS-Pardela 2013: $Y = 2304,403571 + 48.19587x - 0.8905x^2$ ($R^2 = 0,75$); Gralha Azul 2014: $Y = 1922.189934 + 67.610741x - 1.34567x^2$ ($R^2 = 0,70$); BRS-Pardela 2014: $Y = 1626.026487 + 36.314619x - 0.561231x^2$ ($R^2 = 0,45$); Média das cultivares: $Y = 2647,621964 + 38,693163x - 0,715067x^2$ ($R^2 = 0,85$); Média das cultivares: $Y = 177,108181 + 51,962682X - 0,953451X^2$ ($R^2 = 0,58$).

Para o Índice de colheita aparente (ICA), foram observadas respostas à variação da época de aplicação de N em cobertura na cultivar Gralha azul e para a

média das cultivares no ano de 2013 (Tabela 19), ambas com reposta quadrática. Somente no ano de 2013 foram observados valores de ICA adequados, que segundo Ahmad, Hassan e Jabran (2007) variam de 0,40 a 0,55 para a cultura do trigo. Para os valores encontrados para ICA no ano de 2014, não foram observadas diferenças em função dos tratamentos para as duas cultivares.

O ICA expressa a eficiência da alocação dos produtos da fotossíntese para as partes economicamente importantes da planta. Os principais fatores que afetam a expressão deste índice em cereais são a densidade de plantas, adubação nitrogenada e disponibilidade de água (DONALD; HAMBLIN, 1976; SCHUCH, et al., 2000). Quando são observados índices de colheita baixos, significa que a relação da parte área (colmos e folhas) com o peso dos grãos é maior. A precipitação pluvial no decorrer do presente experimento foi de chuvas acima da média da região, que junto com o N aplicado na semeadura e em cobertura pode ter causado maior crescimento vegetativo em detrimento do peso dos grãos e assim resultando em menor ICA.

Os diferentes manejos usados na cultura de trigo podem promover as variações do ICA, tanto positivamente como negativamente. No caso do nitrogênio pode ocorrer o aumento da taxa de crescimento vegetativo, ou seja, há um maior desenvolvimento vegetativo da planta, que não representa necessariamente em maior produtividade, visto que a produtividade final de uma cultura é uma característica quantitativa complexa, relacionada com a habilidade da planta em produzir, translocar e estocar carboidratos nos grãos (SLEEPER; POELMAN, 2006). No caso do presente trabalho, somente a cultivar Gralha azul respondeu de forma positiva ao N, com maior ICA quando a aplicação ocorreu aos 40 dias após a emergência.

Embora não tenha sido avaliada a massa de raízes, Olsthoorn et al. (1991) observaram que quando a disponibilidade de nitrogênio é alta para as plantas nos estádios iniciais do crescimento e desenvolvimento, ocorre redução da relação da massa seca da parte área/ massa seca da raiz, modificando a arquitetura das plantas e favorecendo o acamamento. Chun et al. (2005) afirmam que a diminuição desta relação é uma resposta adaptativa das plantas, visto que em baixas concentrações de nitrogênio ocorre redução de crescimento da biomassa da parte aérea e aumento da biomassa radicular para maximizar a capacidade da planta em absorver maior quantidade de nitrogênio do solo.

Tabela 19 - Índice de colheita aparente (ICA) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura após a semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	37,8	43,0	32,6	32,7	40,5	32,0
10	37,7	39,6	34,9	30,9	38,7	32,9
20	39,2	40,1	29,1	32,9	39,7	31,1
30	40,2	41,5	32,5	31,3	40,9	32,0
40	45,9	40,0	33,2	30,1	42,9	31,7
50	38,6	40,9	34,8	30,2	39,7	32,6
Média	39,9	40,9	32,9	31,4	40,4	32,1
Regressão	Q	NS	NS	NS	Q	NS
CV (%)	7,3	6,2	11,7	14,1	3,8	8,8

NS não significativo; CV= coeficiente de variação. Gralha Azul 2013: $Y = 38.295571 - 0.096541x - 0.004436x^2$ ($R^2 = 0,73$); Média das cultivares: $Y = 40,273625 - 0,118641X + 0,003394X^2$ ($R^2=0,62$).

O Peso Hectolitrico (PH) e o Número de queda (NQ) são partes da tipificação do trigo para atender as exigências das indústrias e classificar os tipos de farinha. O PH não variou de forma significativa em função das épocas de aplicação do N em cobertura, nas duas cultivares, na média das cultivares e em ambos os anos do estudo (Tabela 20). Ressalta-se que em todos os tratamentos os valores de PH foram inferiores a 78, valor para ser considerado Trigo do Tipo 1. No ano de 2013 os valores de PH foram superiores aos de 2014, classificando o trigo como Tipo 2 em alguns tratamentos. Os valores encontrados para as duas cultivares no ano de 2014 classificam esses grãos como Tipo 3, com valores de PH inferiores a 72. Os resultados não significativos entre os tratamentos e os baixos valores de PH podem ser explicados pela ocorrência de chuvas na maturação dos grãos, visto que, condições climáticas inadequadas afetam as características quantitativas, como massa de mil grãos, PH e rendimento de farinha (FRANCESCHI et al., 2009).

Tabela 20- Peso hectolitro (kg hL^{-1}) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	75,7	78,2	71,5	70,8	77,0	71,2
10	74,3	77,4	70,6	71,0	75,9	70,8
20	75,1	76,0	70,6	69,0	75,6	69,9
30	75,6	76,8	73,0	71,1	76,2	72,1
40	73,9	77,5	70,3	69,7	75,8	70,1
50	74,7	77,0	69,1	69,3	75,9	69,2
Média	74,9	77,2	70,9	70,2	76,1	70,6
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	1,2	1,6	2,7	2,6	0,9	2,4

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

O Número de queda (NQ), não variou com a época de aplicação do N em cobertura nas duas cultivares, na média das mesmas nos dois anos de cultivo (Tabela 21).

O NQ é um teste importante da qualidade industrial do trigo e está associado negativamente com a atividade da enzima alfa-amilase. A atividade excessiva da alfa-amilase leva à produção de massas difíceis de processar e a pães mal estruturados e descoloridos. Existem diferentes fontes de alfa-amilase que podem levar a um baixo valor NQ: através do brotamento de pré-maturidade (BPreM); Brotação pós-maturidade (BposM); Atividade de alfa-amilase de pré-maturidade (PMA) e atividade de alfa-amilase de pericarpo (AAP). Destes, os que mais frequentemente aparecem são PposM e PMA.

As brotações de pós maturidade resultam da quebra da dormência de grãos seguida de germinação e ocorre frequentemente em verões chuvosos, quando a colheita é atrasada e os grãos brotam na espiga. A alfa-amilase de pré-maturidade ocorre principalmente na região do vinco do grão, na camada de aleurona ao redor da cavidade do endosperma, e se desenvolve durante os estádios finais de maturação do grão. As causas são pouco conhecidas, mas têm sido associadas às baixas temperaturas durante o desenvolvimento do grão, taxa lenta de enchimento do grão, tamanho e morfologia de grãos grandes e características da cavidade do grão.

A alta quantidade de N aplicado ou aplicações em épocas que estimulem o maior desenvolvimento vegetativo podem levar ao acamamento e diminuir os valores de NQ, resultado de condições úmidas ao redor da espiga que estimulam a germinação e, portanto, aumentam a atividade da alfa-amilase. A

aplicação de N também pode atrasar a maturidade e alguns autores sugerem que esta influência poderia manter elevado os valores de NQ (ANON, 1985). Entretanto, a maturação retardada de grãos em condições úmidas pode aumentar o risco de brotação na pré-colheita e baixos valores NQ (CLARKE; GOODING; JONES, 2004; SANTIVERI; ROYO; ROMAGOSA, 2002).

Gooding et al. (1986) observaram que o nitrogênio pode atuar retardando a maturação do grão, aumentando a taxa de secagem de grãos (KETTLEWELL, 1999) ou reduzindo o tamanho do grão e afetando a morfologia (CLARKE; GOODING; JONES, 2004).

Diversos estudos indicaram a presença de um efeito de cultivar ligado à resposta de NQ à aplicação de N. As diferenças entre cultivares foram observadas por alguns autores como Gooding et al. (1986) e Rule (1987), onde os diferentes tratamentos de N aumentaram a NQ da cultivar Avalon mas não da cultivar Missão. Biskupski (2000) relataram resultados semelhantes.

Kindread, Gooding e Elis (2005), observaram que os grãos de trigo apresentaram maior quantidade de alfa-amilase e menor valor de NQ quando não se aplicou nitrogênio. Segundo os mesmos autores, a interação entre aplicação de nitrogênio e cultivar é importante, sempre quando foi realizada a aplicação de N ocorreu um aumento do NQ, com consequentemente menores quantidades de alfa-amilase. Os autores comentam que parece provável que a aplicação de nitrogênio pode aumentar NQ por pelo menos dois mecanismos. Em primeiro lugar, um enchimento de grãos mais completo reduzindo o tamanho da cavidade do grão e reduzindo a probabilidade de ruptura entre o endosperma e a testa. Isto reduz a quantidade de atividade de alfa-amilase produzida na região do vinco do grão. A aplicação de nitrogênio também parece atrasar a maturidade da cultura e aumentar a dormência dos grãos, reduzindo o risco de brotação pós-maturidade.

No presente trabalho os valores foram acima do exigido pelo mercado, que é de 250 segundos para atingir a categoria de trigo melhorador, independente da época de aplicação. Isso demonstra que o NQ não parece estar correlacionado com as épocas de aplicação de N, nas cultivares utilizadas e condições em que os experimentos foram conduzidos.

Tabela 21 - Número de queda (segundos) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Épocas de aplicação do N (dias)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
0	329,7	296,5	333,5	342,0	313,1	337,8
10	355,7	318,8	347,8	364,5	337,3	356,1
20	366,3	311,5	371,0	362,3	338,9	366,6
30	353,7	328,8	412,0	446,3	341,3	429,1
40	357,0	325,0	441,5	379,5	341,0	410,5
50	353,2	330,2	424,3	412,5	341,8	418,4
Média	352,6	318,5	388,4	384,5	335,6	386,4
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	7,3	11,3	22,9	22,9	6,6	13,3

NS não significativo; CV= coeficiente de variação.

Segundo Rosa et al. (2005), para evitar perdas o melhor momento de aplicar o adubo nitrogenado é antes de uma precipitação pluvial de média intensidade, pois a dissolução e o transporte de nitrogênio para as raízes serão rápidos. Também, precipitações pluviais prolongadas ou de alta intensidade podem propiciar perdas de N por lixiviação ou por escoamento superficial, sugerindo que a precipitação é um fator que pode determinar a época de aplicação do N.

A aplicação de N em cobertura no estágio de perfilhamento dos cereais de inverno proporciona, em geral, aumentos significativos na produtividade de grãos (PERUZZO, 2000). Já a aplicação tardia de N pode incrementar a sobrevivência dos perfilhos emitidos pela planta e aumentar a massa dos grãos de trigo. No presente trabalho não foram observadas diferenças para o número de perfilhos, mas sim para a MMG e produtividade nas aplicações mais tardias.

De modo geral, para a qualidade industrial e tipificação do trigo as épocas de aplicações de N em cobertura no ciclo da cultura não proporcionaram melhora nas condições em que o experimento foi conduzido. Esse resultado deve-se, em parte, à elevada fertilidade do solo em combinação ao sistema de plantio direto e também pela rotação de cultura com a cultura da soja, que possivelmente tenha deixado no solo e na palhada nutrientes, especialmente o nitrogênio para a cultura do trigo.

A disponibilidade de nutrientes durante o enchimento de grãos interfere na formação e composição química das sementes, afetando o seu metabolismo e vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). O N destaca-se pela

participação na constituição de proteínas e em funções metabólicas essenciais para a planta. Assim, os benefícios da adubação nitrogenada podem ir além do aumento da produtividade, possivelmente por também estar associada à qualidade fisiológica das sementes (PRANDO et al., 2012). Portanto, o nitrogênio tem importância relevante e os seus efeitos variam com as condições ambientais e o estágio de desenvolvimento da planta em que é aplicado (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

4.4 CONCLUSÕES

A aplicação de nitrogênio em cobertura na fase de perfilhamento, entre 20 e 30 dias após a semeadura, proporcionou maior produtividade nos dois anos de estudo, nas duas cultivares utilizadas;

A época de aplicação de nitrogênio em cobertura não afetou o Peso hectolitro e o Número de Queda, fatores que compõe a tipificação e a qualidade industrial do trigo;

A aplicação de N no final do perfilhamento favorece a produtividade de trigo, mesmo em variedades suscetíveis ao acamamento e condições edafoclimáticas favoráveis ao acamamento, sem aplicação de regulador de crescimento.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, R.; HASSAN, B.; JABRAN, K. **Improving crop harvest index**. Down Group of Newspapers, Ramazan, v.18, 2007.
- ALTENBACH, S. B.; KOTHARI, K. M.; LIEU, D., Environmental conditions during wheat grain development alter temporal regulation of major gluten protein genes. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.79,n.2,p.279-285,2002.
- ALVAREZ, R.C.F. et al. Resposta de cultivares de trigo irrigados por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO - FERTBIO 2006**, Bonito, 2006. Anais. Bonito, Embrapa/CPAO-SBCS/SBM, 2006.
- ALVES, A.C.; MUNDSTOCK, C.M.; MEDEIROS, J.D. Sistema vascular e controle do desenvolvimento de perfilhos em cereais de estação fria. **Revista Brasileira de Botânica** 23:59-67, 2010.
- ANON. **Nitrogen and winter wheat quality**. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Cmbridge, 1985.
- BENETT, C.G.S. et al. Aplicação foliar e em cobertura de nitrogênio na cultura do trigo no cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 829-838, jul/set. 2011.
- BHATT, G. M. et al. Preharvest sprouting in hard winter wheats: assessment of methods to detect genotypic and nitrogen effects and interactions. **Cereal Chemistry**, v. 58, n. 4, p. 300-302, 1981.
- BISKUPSKI, A. The influence of two levels of nitrogen fertilization on physical, milling and biochemical properties as well as baking quality of triticales cultivars. (Polish with English summary). **Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis** 82:19-23. 2000.
- BRAZ, A. J. B. P. et al. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Estádios fenológicos do trigo para a adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 317-323, 2001.
- CARVALHO, J. M. G. Desenvolvimento, produção e nutrição de trigo adubado com nitrogênio e potássio. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Campus Universitário de Rondonópolis. Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2014.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.
- CHUN, L. et al. Genetic analysis of maize root characteristics in response to low nitrogen stress. **Plant and Soil**, v.276, p.369-382, 2005.

CLARKE, M.P.; GOODING, M.J.; JONES, S.A. The effects of irrigation, nitrogen fertilizer and grain size on Hagberg Número de queda, specific weight and blackpoint of winter wheat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84 p.227–236, 2004.

COELHO, M. A. O. et al. Resposta da produtividade de grãos e outras características agrônômicas do trigo Embrapa-22 irrigado ao nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.555-561, 1998.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. **Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2015**. Londrina: Fundação Meridional, 200 p. 2016.

COMMON, J.C.; KLINCK, H.R. Sequence and synchrony of culm development: implications in breeding for limited tillering barleys. In: International Barley Genetics Symposium, 4., 1981, Edinburg, Scotland. **Proceedings**. Edinburgh: Univ. Press, 1981. p.533-536.

COSTA, L.; ZUCARELI, C.; RIEDE, C. R. Parcelamento da adubação nitrogenada no desempenho produtivo de genótipos de trigo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p.215-224, 2013.

CRUZ, P. J. et al. Caracteres relacionados com a resistência ao acamamento em trigo comum. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 563-568, 2001.

DA ROS, C.O. et al. Effects of fertilization methods on soil nitrogen availability for wheat and corn production. **Ciência Rural** v. 33: p. 799–804, 2003.

DOFING, S. M.; KNIGHT, C. W. Yield component compensation in unicultm barley lines. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 2, p. 273-276, 1994.

DONALD, C.M.; HAMBLIN, J. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. In: BRADY, N.C. (Ed.) **Advances in Agronomy**. New York: Academic Press, 1976. v.8, p.361-407.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

ERNANI, P.R., **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. Lages, Graphel, 2003. 76p.

ESPINDULA, M. C. et al. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.1404-1411, 2010.

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

FRANCESCHI, L. et al. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1624-1631, 2009.

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

GAJU, O. et al. Identification of traits to improve the nitrogen-use efficiency of wheat genotypes. **Field Crops Research**, 123, pp. 139–152, 2011.

GALLAGHER, J.N.; BISCOE, P.V. Radiation absorption, growth and yield of cereals. **Journal of Agricultural Science**, v.91, 1978.

GUARIENTI, E. M.; MIRANDA, M. Z. Determinação da germinação pré-colheita em trigo. IN: CUNHA, G. R. & PIRES, J.L.F. **Germinação pré-colheita em trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2004, P.291-308.

GIL, D. H.; BONFIL, D. J.; SVORAYA, T. Multi scale analysis of the factors influencing wheat quality as determined by Gluten Index. **Field Crops Research**, v. 123, n. 1, p. 1-9, 2011.

GOODING, J. M et al. Effects of spring nitrogen-fertilizer on the Hagberg Número de queda of grain from breadmaking varieties of winter-wheat. **The Journal of Agricultural Science** 107(02):475 – 477, 1986.

HARTWIG, I. et al. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina: Ciências Agrárias.**, v. 28, p. 219-228, 2007.

HIREL, B. et al. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. **Journal of Experimental Botany**. V. 58, p.2369–2387, 2007.

INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA TRIGO E TRITICALE - Safra 2016 9ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale Passo Fundo, RS, 7 a 9 de julho de 2015 Biotrigo Genética, 2016 André Cunha Rosa Presidente da 9ªRCBPTT.

KETTLEWELL, P. S. The response of alpha-amylase activity during wheat grain development to nitrogen fertiliser. **Annals of Applied Biology**. v .134, p.241-249. 1999.

KICHEY, T. et al. Wheat genetic variability for post-anthesis nitrogen absorption and remobilisation revealed by 15N labelling and correlations with agronomic traits and nitrogen physiological markers. **Field Crops Research**, v. 102, p. 22–32. 2007.

KINDRED, D.R.; GOODING, M.J.; ELLIS, R.H. Nitrogen fertilizer and seed rate effects on Hagberg Número de queda of hybrid wheats and their parents are associated with α -amylase activity, grain cavity size and dormancy. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. V. 85: p. 727-742. 2005.

LOWE, L. B.; RIES, S. K. Effects of environmental the relation between seed protein and seedling vigor in wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 52, n. 2, p. 157-164, 1972.

MAAS, E.V. et al. Tiller development in salt-stressed wheat. **Crop Science**, Madison, v.34, n.6, p.1594-1603, 1994.

MEGDA, M.M. et al. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, p.1055-1060, jul./ago., 2009.

MOES, J.; STOBBE, E. H. Barley treated with ethephon: I. yield components and net grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, p. 86-90, 1991.

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: Editora do Autor, 1999. 228p.

MUNDSTOCK, C. M.; BREDEMEIER, C. Época de aplicação de nitrogênio em trigo: resposta dos componentes do rendimento. In: **REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO**, 17. 1994, Passo Fundo. Anais ... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p.215-216.

NAKAGAWA, J.; CAVARINI, C.; MACHADO, J.R. Adubação nitrogenada no perfilhamento da aveia-preta em duas condições de fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.1071-1080, 2000.

NARDINO, M. et al. Resposta de cultivares de trigo a doses de nitrogênio e à aplicação de redutor de crescimento. **Current Agricultural Science and Technology** 19. 2013.

OLSTHOORN, A. F. M. et al. Influence of ammonium on fine root development and rhizosphere pH of Douglas-fir seedlings in sand. **Plant and Soil**, v.133, p.75-81, 1991.

PALTA, J.A; FILLERY, I.R.P. N application increases pre-anthesis contribution of dry matter to grain yield in wheat grown on a duplex soil. **Australian Journal of Agricultural Research** v.46, p.507–518, 1995.

PERUZZO, G. Nitrogênio no seu trigo. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, n.16, 2000.

PIETRO-SOUZA, W. et al. Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 6, p. 575-580, 2013.

PRANDO A.M. et al. Formas de uréia e doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agrônômico de genótipos de trigo. **Semina: Ciências Agrárias**. 2012;33:621-32.

RODRIGUES, O. et al. Ecofisiologia de trigo: bases para elevado rendimento de grãos. In: **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 488p., 2011.

ROSA, C. E. et al. (Org.). Calagem e Adubação. In: _____. **Indicações técnicas da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo**. Cruz Alta: FUNDACEP, cap. 2, p. 55-71. 2005.

RULE, J. S. The effect of late-nitrogen on the grain quality of winter wheat varieties. Pages 249-253 in: **Aspects of Applied Biology** 15, Cereal Quality. Association of Applied Biologists: Warwick UK. 1987.

SANGOI, L. et al. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1564-1570, 2007.

SANTIVERI, F.; ROYO, C.; ROMAGOSA, I. Patterns of grain filling of spring and winter hexaploid triticales. **European Journal of Agronomy** 16: 219–230. 2002.

SCHEEREN, P.L.; CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C. Resposta do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no solo. Parte II - Teste no Campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.605-619, 1995.

SCHLEHUBER, A M.; TUCKER, B. B. Culture of wheat. In: QUISENBERRY, K. S.; REITZ, L. P.(Ed.). Wheat and wheat improvement. Madison: **American Society of Agronomy**, 560 p. (ASA. Agronomy, 13). 1967.

SCHUCH, L. O. B. et al. Vigor de sementes de populações de aveia preta: II Desempenho e utilização de nitrogênio. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 121-127, 2000.

SCHUCH, L. O. B. et al. Emergência em campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, n.2, p. 97-101, 2000.

SILVA, D.B. Efeito do nitrogênio em cobertura sobre o trigo irrigado em sucessão à soja na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.1387-1392, 1991.

SILVA, J. A. G et al. Correlação de acamamento com rendimento de grãos e outros caracteres de interesse agronômico em plantas de trigo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 756-764, 2006.

SLEPER, D. A.; POEHLMAN, J. M. **Breeding field crops**. Ames: Blackwell Pub Iowa, 2006. 424 p.

TANG, Y.L. et al. Quality performance and stability of main wheat cultivars in Sichuan province, China. **Acta Agronomica Sinica**, v.36: p.1910-1920, 2010.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Doses, fontes e épocas de aplicação do nitrogênio em cultivares de trigo sob plantio direto no cerrado. 2008. 80p. **Dissertação (Mestrado)** – da Faculdade de Engenharia, Unesp – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2008.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.

TRIBOI, E.; TRIBOI-BLONDEL, A. M. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem. **European Journal of Agronomy**, v. 16, n. 3, p. 163-186, 2002.

VALÉRIO, I. P. et al. Fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afilhos em trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, supl. 1, p. 1207-1218, 2009.

VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. de et al. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p. 319-326, 2008.

WAMSER, A.F.; MUNDSTOCK, C.M. Adubação nitrogenada em estádios fenológicos em cevada, cultivar "MN 698". **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.942-948, 2007.

WANG, X. Y., et al. Coupling effects of irrigation and nitrogen fertilization on grain protein and starch quality of strong-gluten winter wheat. **Frontiers of Agriculture in China** 2:274-280, 2008.

WENDLING, A. et al. Recomendação de adubação nitrogenada para trigo em sucessão ao milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.985-994, 2007.

YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho. Quanto, como e quando aplicar?** Piracicaba: Potafós, 1996. p. 1-5. (Informações Agronômicas, 74).

YANO, G. T.; TAKAHASHI, H. W.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, p.141-148, 2005.

YUAN L. et al. Nitrogen-dependent posttranscriptional regulation of the ammonium transporter AtAMT1;1. **Plant Physiology**. 2007;143:732–744.

ZAGONEL, J. et al. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.25-29, 2002.

ZHANG, Y. L. et al. Effect of nitrogen on yield and quality of different types of wheat. **J Triticeae Crops**. 29:652-657, 2009.

ZHAO, C.X. et al. Effects of different water availability at post-anthesis stage on grain nutrition and quality in strong-gluten winter wheat. **Comptes Rendus Biologies** 332:759-764, 2009.

5 CAPÍTULO 2 – DENSIDADES DE SEMEADURA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DOS GRÃOS E NA PRODUTIVIDADE DO TRIGO

RESUMO

A densidade de semeadura pode afetar a produtividade e a qualidade industrial do trigo através dos seus efeitos na emissão e sobrevivência de perfilhos, na arquitetura de plantas, a fim de manter a eficiência na utilização da radiação, principalmente pela folha bandeira. Assim, há grande interesse no desenvolvimento de práticas de manejo que proporcionem o melhor aproveitamento da área visando maior produtividade e melhor qualidade industrial. Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes densidades de semeadura e sua influência na produtividade e na qualidade industrial dos grãos, foram instalados quatro experimentos, diferindo pela cultivar e ano de cultivo, na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa, PR, região Campos Gerais, no ano de 2013 com repetição em 2014. O delineamento experimental utilizado para cada cultivar (Gralha Azul e BRS-Pardela), foi de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos constaram de seis densidades de semeadura: 150, 300, 450, 600, 750 e 900 plantas por metro quadrado. O sistema de cultivo utilizado foi o plantio direto na palha, sendo a soja a cultura antecessora nos dois anos de pesquisa. Na fase de antese foram avaliados o número de perfilhos; o comprimento e a largura das folhas e estatura da planta mãe. Na maturidade fisiológica foi avaliado o número de espigas por metro e de espiguetas por espigas; o número de grãos por espiga; massa de mil grãos e índice de colheita aparente. Quando os grãos atingiram o ponto de colheita foi estimado a produtividade e o índice de acamamento. Dos grãos colhidos foi determinado o peso hectolítrico (PH) e o Número de queda (NQ). Baseado nos resultados encontrados pode-se concluir que as diferentes densidades de semeadura afetam a produtividade na cultura do trigo, sendo as melhores densidades aquelas que também são recomendadas pela pesquisa oficial. As densidades de semeadura não afetaram o PH e o NQ, visto que essa resposta também parece estar relacionada com a interação da cultivar e as condições ambientais.

Palavras chaves: *Triticum aestivum* L.; tipificação do trigo; peso hectolítrico; Número de queda.

ABSTRACT

Seed density may affect yield and wheat quality through its effects on the emission and survival of tillers, plant architecture, in order to maintain efficiency in the use of radiation, mainly by the flag leaf. Thus, there is great interest in the development of management practices that provide the best use of the area for greater yield and better industrial quality. In order to evaluate the effect of different sowing densities and their influence on grain yield and industrial quality, four experiments were carried out, differing for the cultivar and year of cultivation, at the Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, in Ponta Grossa, PR, Campos Gerais region, in 2013 with replication in 2014. The experimental design used for each cultivar (Gralha Azul and BRS-Pardela) was randomized blocks with 6 treatments and 4 replicates. The treatments consisted of six sowing densities: 150, 300, 450, 600, 750 and 900 plants per square meter. The cultivation system used was no-till in the straw, and soybeans were the predecessor crop in the two years of research. In the anthesis phase, the number of tillers was evaluated; The length and width of the leaves and height of the mother plant. At physiological maturity, the number of ears per meter and spikelets per ear were evaluated; The number of grains per spike; Mass of one thousand grains and apparent harvest index. When the grains reached the harvest point, yield and lodging index were estimated. From the harvested grains, the hectolitic weight (PH) and Fall Number (NQ) were determined. Based on the results found, it can be concluded that the different sowing densities affect the yield in the wheat crop, with the best densities being those recommended by official research. Seed densities did not affect PH and NQ, since this response also seems to be related to cultivar interaction and environmental conditions.

Key words: *Triticum aestivum* L.; Typing of wheat; Hectoliter weight; Falling Number.

5.1 INTRODUÇÃO

A produtividade de grãos e a qualidade do trigo são afetados por vários fatores, e o manejo da cultura tem um papel extremamente importante. Para obter-se produtividades elevadas e uma boa qualidade industrial do trigo, é importante aplicar todas as práticas culturais de forma completa e pontual e adaptá-las às diferentes cultivares.

Densidades de plantas ideais são chaves para a alta produtividade em todas as culturas. A distribuição uniforme aumenta o vigor das plantas individuais e conseqüentemente o rendimento (WEINER; GRIEPENTROG; KRISTENSEN, 2001). Entretanto, as densidades de semeaduras ótimas variam de acordo com a região, condições climáticas, solo, época de semeadura e genótipo da cultivar.

A densidade de semeadura pode afetar a produção final da cultura através dos seus efeitos na emissão e sobrevivência de perfilhos, na capacidade de adaptar sua estrutura em termos de arquitetura de plantas, a fim de manter a eficiência na utilização da radiação, principalmente pela folha bandeira (CRUZ et al., 2003).

Estudos indicam que a radiação solar afeta a qualidade industrial do trigo. O número de horas de radiação solar durante o enchimento de grãos foi diretamente correlacionado com o Número de queda, o teor de proteína e a propriedade da massa (PAN et al., 2005; YAN et al., 2001; ZHANG et al., 2004; ZHANG et al., 2008).

Desta forma, mudanças na densidade de semeadura têm importância especial na cultura do trigo, pois exercem efeitos na incidência da radiação solar no dossel afetando assim o rendimento das plantas (OZTURK; CAGLAR; BULUT, 2006) e podem afetar a qualidade industrial do trigo. Entretanto, poucos são os estudos com diferentes densidades de semeadura afetando a qualidade industrial do trigo.

A cultivar de trigo é o fator mais importante que influencia os parâmetros de qualidade de trigo (GIL; BONFIL; SVORAY, 2011; HRISTOV, et al., 2010). As novas cultivares de trigo são mais produtivas e algumas apresentam melhor qualidade industrial que as cultivares antigas. Portanto, necessidades tecnológicas, como a densidade de semeadura variam, necessitando que sejam avaliadas continuamente para determinar a recomendação de cada cultivar em condições específicas (BOKAN; MALESEVIC, 2004; CAGLAR, et al., 2011).

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Quatro experimentos, diferindo pela cultivar e ano de cultivo, foram instalados na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa, PR, região Campos Gerais, localizado a 25°5'49" de latitude sul, 50°3'11" de longitude leste e altitude de 1.025 m.

O clima no local, segundo Köppen é classificado como Cfb, clima subtropical, com verões frescos, sem estação seca definida e temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C e no mês mais quente abaixo de 22°C. A precipitação pluvial média anual é de 1.600mm a 1.800mm. Os dados climatológicos referentes ao período de condução dos experimentos nos anos 2013 e 2014 são apresentados no Anexo 1.

O solo no local é um Cambissolo Háplico Tb distrófico típico, de textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006). Os atributos químicos e físicos do solo das áreas dos experimentos estão descritos no Anexo II.

O delineamento experimental utilizado para cada cultivar (Gralha Azul e BRS-Pardela), foi de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. As parcelas apresentaram área total de 18m², com 6m de comprimento por 3m de largura e área útil de 5 x 2m.

A cultivar BRS Gralha-Azul é um trigo da classe Pão/Melhorador apto para um mercado cada vez mais exigente em farinha para a fabricação do tradicional pão "francês". Além de produtivo, o trigo BRS Gralha-Azul apresenta estabilidade para qualidade tecnológica, boa resistência à germinação pré-colheita, garantindo a qualidade do grão, e boa resistência a doenças. Possui moderada resistência à ferrugem da folha, Oídio, Manchas foliares, Vírus do mosaico comum do trigo e ao Vírus do nanismo amarelo da cevada. As regiões de adaptação são partes de Santa Catarina, do Paraná, de São Paulo e do Mato Grosso do Sul. Possui ciclo médio de 124 dias e altura média de 83 cm, dependendo das condições edafoclimáticas locais.

A cultivar de trigo BRS-Pardela apresenta excelente qualidade de panificação, ampla adaptação, boa sanidade geral e moderada resistência à debulha natural. Pertence a classe comercial "trigo melhorador". Apresenta ciclo médio de 122 dias, altura média de 79 cm, resistência à Ferrugem do colmo e ao Oídio, e moderada

resistência à Ferrugem da folha, Brusone e Vírus do nanismo amarelo da cevada. A área de adaptação são algumas regiões de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e do Mato Grosso do Sul. Lembrando que as características médias dependem das condições edafoclimáticas.

Os tratamentos constaram de seis densidades de semeadura, com 150, 300, 450, 600, 750 e 900 sementes por metro quadrado, com espaçamento de 0,17cm entre linhas.

O sistema de cultivo utilizado foi o plantio direto na palha, sendo a soja a cultura antecessora nos dois anos de pesquisa. A semeadura do trigo foi realizada no dia 12 de junho de 2013 e no dia 23 de junho em 2014. Em 2013 a emergência ocorreu no dia 22 de junho e no ano seguinte no dia 02 de julho. A colheita em 2013 foi realizada no dia 05 de novembro e em 2014 no dia 08 de novembro.

A adubação de base foi efetuada no momento da semeadura, com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ da formulação comercial 08-30-10. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada com dose de 100 kg ha⁻¹ na forma de nitrogênio (222 kg ha⁻¹ de uréia).

Os tratos culturais realizados foram os mesmos nos anos de 2013 e 2014. Foi efetuado o tratamento das sementes com a mistura pronta de 45 g ha⁻¹ imidacloprido + 135 g ha⁻¹ tiodicarbe e 45 g ha⁻¹ difenoconazol.

O controle de doenças foi feito com duas aplicações de 60 g ha⁻¹ trifloxistrobina + 120 g ha⁻¹ tebuconazol adicionado de óleo metilado de soja a 0,25% v v⁻¹, sendo a primeira feita aos 30 dias após a emergência (DAE) e a segunda 15 dias após a primeira. Aos 55 DAE foram aplicados 60 g ha⁻¹ azoxistrobina + 24 g ha⁻¹ ciproconazol. Aos 80 DAE foram aplicados 75 g ha⁻¹ trifloxistrobina + 87,5 g ha⁻¹ protioconazol adicionado de óleo metilado de soja a 0,25% v v⁻¹.

O controle de insetos foi realizado com duas aplicações de 62 g ha⁻¹ lambda-cialotrina + tiametoxam. Para o controle de plantas daninhas em pré-semeadura aplicou-se 720 g i.a. ha⁻¹ de glifosato aos 10 dias antes da semeadura. Em pós-emergência, o controle das plantas daninhas foi realizado com 4,2 g i.a. ha⁻¹ de metsulfuron-metílico adicionado de óleo mineral a 0,5% v v⁻¹, aos 43 DAE.

Na fase de antese foram avaliados, em 10 plantas por parcela selecionadas aleatoriamente, as seguintes características morfológicas: número de perfilhos; comprimento e largura da folha bandeira, comprimento e largura das duas folhas abaixo da folha bandeira (folha bandeira-1 e folha bandeira-2, respectivamente)

e estatura da planta mãe com auxílio de régua milimétrica. Na mesma época foi realizada a avaliação do número de plantas por metro quadrado, através da contagem das plantas em dois metros lineares, em cada parcela.

Quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica foi efetuada a colheita manual das plantas. Na ocasião foi feita também a coleta de todas as plantas contidas em um metro de fileira para a avaliação dos componentes de rendimento. Dessas plantas foi avaliado o número de espigas por metro, espiguetas por espigas, o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos (MMG), através de 400 grãos.

Das plantas coletadas em um metro de fileira, foram selecionadas 10, a fim de determinar o índice de colheita aparente (ICA). Para tanto, grãos, colmos, folhas e ráquis foram secos em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 65 °C por 48 horas. O ICA foi determinado pela divisão entre os valores obtidos da massa de grãos e o valor da fitomassa total acima do solo, de acordo com a fórmula:

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

A produtividade foi determinada pela pesagem da produção da área útil de cada parcela, sendo acrescido o material utilizado para a determinação dos componentes de rendimento, tendo sua umidade corrigida para 13% e o valor transformado em quilogramas por hectare.

Quando os grãos atingiram o ponto de colheita foi estimado também o acamamento para cada parcela, usando o cálculo do índice de acamamento Belga (IA), descrito em Moes e Stobbe (1991).

$$\text{IA} = S \times I \times 0,$$

Onde: S= área de superfície acamada; (1= sem acamamento, 9= totalmente acamada). I= intensidade do acamamento; (1= plantas na vertical, 5= plantas na horizontal).

A determinação do peso hectolítrico – PH (kg hL⁻¹) foi através de uma balança da marca Dallemolle no Laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual de Ponta Grossa e o Número de queda (segundos) foi medido na empresa CONAB por um equipamento da marca Perten, modelo FN 1700.

Para a avaliação do Número de queda, os grãos de cada genótipo foram moídos em moinho apropriado (Perten Mill 3100) e 7,0 g de farinha integral foram adicionados a 25 mL de água, colocados no tubo viscométrico e imersos em

banho-maria a 100 °C, no equipamento para agitação e posterior leitura do valor de número de queda em segundos, conforme Guarienti e Miranda (2004).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativas, as diferenças entre as médias das diferentes densidades de semeadura foram comparadas por regressão polinomial.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2013 e 2014, nas duas cultivares e na média das mesmas, o número de plantas por metro quadrado, por óbvio, aumentou com o aumento da densidade de semeadura, de forma linear (Tabela 22). Entretanto, não foi possível atingir os níveis de densidade de plantas pretendidas no início do experimento. Isso pode ter ocorrido por problemas de vigor e germinação, como também pela alta competição das plântulas por espaço, e a obtenção de densidades mais altas é difícil visto que as sementes ficam muito próximas umas das outras. A pesquisa recomenda uma população de trigo de 200 a 400 sementes por metro quadrado, visando atingir altas produtividades, mas essa recomendação vai depender das condições em que a planta vai ser cultivada, da cultivar utilizada e da capacidade de perfilhamento de cada cultivar. Portanto, o número de plantas desejado deve ser definido na época da semeadura, que como observado aumenta com as maiores densidades de semeadura.

Tabela 22 – Número de plantas por metro quadrado das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	152,8	188,9	157,3	158,9	170,8	158,1
300	310,9	266,8	336,9	249,2	288,8	293,0
450	440,2	335,1	357,8	369,8	387,6	363,8
600	552,7	554,9	378,8	400,6	553,8	389,7
750	701,9	592,4	432,8	472,1	647,1	452,4
900	746,7	627,9	510,7	508,6	687,3	509,7
Média	484,2	427,7	362,4	359,9	455,9	361,1
Regressão	L	L	L	L	L	L
CV (%)	17,0	24,3	10,5	21,8	10,7	13,9

Gralha Azul 2013: $Y = 89,946818 + 0,775664x$ ($R=0,95$); BRS-Pardela 2013: $Y = 106,438986 + 0,631874x$ ($R=0,95$); Gralha Azul 2014: $Y = 154,802 + 0,395415x$ ($R=0,87$); BRS-Pardela 2014: $Y = 115,075333 + 0,466263x$ ($R=0,96$); Média 2013: $Y = 98,198129 + 0,703764x$ ($R=0,97$); Média 2014: $Y = 134,946667 + 0,430824x$ ($R=0,94$).

A estatura de plantas variou em função das densidades de semeadura, nos dois anos de cultivo e nas duas cultivares (Tabela 23). Nos anos de 2013 e 2014 as cultivares responderam de forma linear ao aumento da densidade,

Na média das cultivares nos dois anos, a resposta foi linear positiva, com maior estatura de plantas com o aumento da densidade de semeadura.

As alterações na estatura de plantas em diferentes densidades estão relacionadas com o crescimento diferenciado de seus entrenós, dependendo da época em que as plantas entram em competição pelo meio. Em densidades elevadas de semeadura os entrenós inferiores do colmo são mais desenvolvidos, em detrimento dos entrenós superiores, próximos à espiga, que são os mais longos (FIOREZE; RODRIGUES, 2014), características que não foram avaliadas no presente estudo.

Plantas cujos caules recebem menor quantidade de radiação tem maior alongamento do caule. Esse efeito ocorre porque com menos radiação sendo absorvida pela planta há a conversão lenta de fitocromo vermelho distante (ativo) em fitocromo vermelho (inativo), estimulando dessa forma o alongamento do caule. Em menores densidades, as plantas absorvem maior quantidade de luz branca em comparação com altas densidades de semeadura, acarretando em conversão mais rápida de fitocromo vermelho distante em fitocromo vermelho (KENDRICK; KRONENBERG, 1994).

Diversos trabalhos avaliaram o efeito da densidade de semeadura na estatura de plantas, com resultados contraditórios. No trabalho realizado por Baloch et. al. (2010), utilizando cinco populações de plantas medidas em quilogramas de sementes por hectare (100, 125, 150, 175 e 200 kg ha⁻¹), concluíram que a maior estatura foi observada para as densidades de 150 kg de sementes ha⁻¹ e 175 kg de sementes ha⁻¹. Soomro et al. (2009) estudando diferentes densidades de semeadura também observaram maior estatura de plantas em densidades mais altas. Estes resultados, no entanto, não coincidem com o trabalho de Sulieman (2010) que observou que não houve diferença significativa na estatura das plantas, quando utilizou várias densidades de semeadura. Fioreze e Rodrigues (2014) também não observaram diferenças na estatura de plantas de trigo com o aumento da densidade de semeadura.

A divergência nos resultados entre os autores acima citados e o presente trabalho pode ser explicada pelas diferentes condições ambientais, cultivares e das densidades utilizadas nos diferentes trabalhos.

Tabela 23 – Estatura de plantas de trigo (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS- Pardela	Gralha Azul	BRS- Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	70,4	73,1	78,0	74,8	71,7	76,4
300	72,4	78,6	79,4	77,4	75,5	78,4
450	71,5	81,3	79,4	87,7	76,5	83,6
600	78,2	83,1	78,4	85,1	80,7	81,7
750	76,6	83,9	83,7	86,3	80,2	85,0
900	82,5	84,7	88,4	87,8	83,6	88,1
Média	75,3	80,8	81,2	83,2	78,0	82,2
Regressão	L	L	L	L	L	L
CV (%)	4,7	3,1	4,7	2,6	2,9	2,5

Gralha Azul 2013: $y=66,660375x+0,017721x$ ($R=0,75$); BRS-Pardela 2013: $y=71,577731+0,021477x$ ($R=0,84$); Gralha Azul 2014: $y=71,335600 - 0,027259x$ ($R=0,62$); BRS-Pardela 2014: $y=69,117613+0,039025x$ ($R=0,85$); Média 2013: $Y=68,840368+0,020144x$ ($R=0,94$); Média 2014: $Y=70,224614+0,033127x$ ($R=0,91$).

O número de perfilhos por planta foi afetado pela variação da densidade de semeadura em ambas as cultivares, nos dois anos de estudo e na média dos mesmos (Tabela 24). Nos anos de 2013 e 2014 a cultivar BRS-Pardela respondeu de forma linear negativa. Para a cultivar Gralha Azul a resposta do número de perfilhos à variação da densidade de semeadura foi linear negativa, para os anos de 2013 e 2014. Na média das cultivares em 2013 e 2014, as respostas foram, lineares negativas.

Como observado na Tabela 24, quanto maior a densidade de semeadura, menor a quantidade de perfilhos desenvolvidos pelas plantas. Os resultados diferenciais observados nos dois anos podem estar relacionados com a cultivar, visto que, cada uma apresenta uma capacidade de perfilhamento.

A capacidade de perfilhamento tem caráter compensatório ao longo do desenvolvimento fenológico das plantas e em menores densidades de plantas há uma tendência de aumento do número de perfilhos, o que foi observado no presente trabalho. Valério et al. (2009) relatam que a capacidade da cultura do trigo em compensar as menores densidades de semeadura ocorre através da emissão de perfilhos e acúmulo de assimilados, entretanto, é altamente variável em função do potencial da cultivar em produzir perfilhos.

Os efeitos do ambiente e do manejo sobre a expressão da capacidade de perfilhamento têm sido estudados, sendo a densidade de semeadura identificada como uma das técnicas culturais que mais influenciam o rendimento de grãos e seus

componentes (OZTURK et al., 2006). O nitrogênio é essencial para a emissão e sobrevivência dos perfilhos (ALMEIDA; MUNDSTOCK, 1998), entretanto, o espaçamento entre plantas é o fator de maior efeito na emissão de maior número de perfilhos.

O efeito da competição é determinante na produção de perfilhos, com implicações diretas no rendimento de grãos e nos demais componentes (OZTURK; CAGLAR; BULUT, 2006). Desta forma, a identificação da densidade de semeadura ideal pode determinar o máximo rendimento de grãos, sem o risco de haver excesso ou falta de plantas, o que interferiria no rendimento de grãos (MUNDSTOCK, 1999).

Fioreze et al. (2012), observaram que a emissão de perfilhos foi afetada substancialmente com a variação da densidade de plantas de trigo, tanto para o número de perfilhos por planta como para número de perfilhos por metro quadrado, com decréscimo significativo do número de perfilhos com o aumento da densidade, corroborando com os dados observados por Soomro et al. (2009).

De acordo com Destro et al. (2001), plantas de trigo em baixas populações produzem mais perfilhos do que em condições de alta densidade de semeadura, apresentando, ao final do ciclo, números similares de espigas por metro quadrado.

Segundo Fioreze et al. (2012), a competição entre plantas em comunidades se inicia muito cedo, afetando precocemente a dominância apical, comportamento este intensificado em função do aumento do número de plantas por unidade de área. Nas maiores densidades há uma maior competição inter-específica entre as plantas de trigo, onde a dominância apical predomina em relação ao desenvolvimento das gemas laterais. A dominância apical é influenciada pela qualidade da luz captada pelo fitocromo, ou seja, pela razão entre os valores de radiação vermelha (V) e vermelha extrema (Ve) da radiação total incidente (BALLARÉ et al., 1992).

Tabela 24 – Número de perfilhos por planta das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	2,7	3,1	2,2	3,0	2,9	2,6
300	1,7	1,7	2,1	2,5	1,7	2,3
450	1,6	1,6	1,3	1,0	1,6	1,1
600	1,0	1,6	1,3	0,7	1,3	1,0
750	1,0	1,6	1,3	0,7	1,3	1,0
900	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6
Média	1,5	1,7	1,5	1,4	1,6	1,4
Regressão	L	L	L	L	L	L
CV (%)	34,9	37,7	40,6	38,9	23,67	28,6

Gralha Azul 2013: $y=2,854107-0,002943x$ ($R=0,91$); BRS-Pardela 2013: $y=3,096264-0,003343x$ ($R=0,58$); Gralha Azul 2014: $Y=3,065802-0,004413x$ ($R=0,76$); BRS-Pardela 2014: $y=4,042813-0,007309x$ ($R=0,90$); Média 2013: $Y = 3,064630 - 0,003258x$ ($R=0,81$); Média 2014: $Y=3,644959-0,006044x$ ($R=0,88$).

Os resultados do comprimento e largura das folhas do trigo (Tabelas 25, 26, 27, 28, 29 e 30), demonstram que a resposta da cultura a densidade de semeadura, depende muito da cultivar e do ambiente em que a planta está se desenvolvendo.

A largura da folha bandeira diferiu entre os tratamentos para as duas cultivares e na média das cultivares em 2014, com resposta linear e tendência a diminuir com o aumento da densidade de semeadura. As outras folhas não foram influenciadas na largura pela densidade de semeadura (Tabelas 24 e 26). Para o comprimento da folha bandeira não houve efeito da densidade de semeadura, em ambos os anos para as duas cultivares utilizadas (Tabela 26).

O comprimento de folha bandeira -1 não variou entre as diferentes densidades de semeadura, nos dois anos de estudos, para as duas cultivares de trigo e na média das mesmas (Tabela 25). Entretanto, as cultivares responderam de forma quadrática para o comprimento da folha bandeira -2 apenas no ano de 2013 e na média das cultivares em 2013 e 2014 (Tabela 30).

A redução do tamanho da folha bandeira pode resultar em prejuízos ao desenvolvimento de grãos, considerando que este processo depende basicamente da quantidade de carboidratos acumulados no colmo até a antese e da taxa de assimilação de carbono na fase de pós antese (SIMMONS, 1987).

Fioreze e Rodrigues (2012) analisaram o efeito da densidade de semeadura sobre os caracteres morfofisiológicos da folha bandeira do trigo e

concluíram que o aumento da densidade de semeadura resultou em decréscimo no acúmulo de matéria seca na folha bandeira. A competição entre plantas em resposta ao aumento na densidade de semeadura tem reflexo direto no desenvolvimento foliar da planta, inclusive da folha bandeira (FIOREZE; RODRIGUES, 2012).

Segundo Fernandes (2006), a variação do comprimento de folha pode estar relacionada com a competição por luz, onde o aumento da densidade de plantas promove o aumento da altura de plantas e provavelmente do comprimento das folhas. Hilgemberg (2010) e Fernandes (2006) não observaram alteração do comprimento das folhas com a variação da densidade de plantas na cultivar Safira, porém para a cultivar OR-1 o aumento da população de plantas promoveu aumento linear do comprimento da folha bandeira. Os resultados observados no presente estudo para comprimento e largura das folhas demonstram que a resposta da cultura a diferentes estímulos depende muito da cultivar e do ambiente em que a planta está se desenvolvendo, e em menor intensidade com a variação da densidade de plantas.

Tabela 25 – Largura da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS- Pardela	Gralha Azul	BRS- Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	1,5	1,4	1,4	1,2	1,5	1,3
300	1,5	1,4	1,4	1,1	1,5	1,2
450	1,5	1,4	1,4	1,2	1,5	1,3
600	1,5	1,4	1,3	0,9	1,5	1,1
750	1,5	1,4	1,2	0,9	1,4	1,1
900	1,4	1,4	1,0	0,9	1,4	0,9
Média	1,5	1,4	1,3	1,0	1,5	1,2
Regressão	NS	NS	L	L	NS	L
CV (%)	5,4	4,9	9,9	16,6	3,4	8,8

Gralha Azul 2014: $y=1,639595-0,000946x$ ($R=0,63$); BRS-Pardela 2014: $y=1,5362-0,000989x$ ($R=0,74$); Média 2014: $Y=1,407963-0,000464x$ ($R=0,89$).

Tabela 26 – Comprimento da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	24,2	25,4	27,2	21,6	24,8	24,4
300	26,9	21,0	27,4	20,2	23,9	23,8
450	27,0	19,8	29,2	22,3	23,4	25,8
600	27,3	20,0	27,2	20,5	23,7	23,8
750	25,8	20,5	25,5	21,1	23,1	23,3
900	26,4	19,6	24,5	19,8	23,0	22,1
Média	26,3	21,1	26,8	20,9	23,7	23,9
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	8,5	21,3	10,4	10,6	9,4	6,4

NS = Não significativo.

Tabela 27 – Largura da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	1,3	1,2	1,0	0,8	1,2	0,9
300	1,2	1,2	1,0	0,7	1,2	0,8
450	1,2	1,4	1,0	0,8	1,3	0,9
600	1,2	1,2	1,0	0,6	1,2	0,8
750	1,2	1,1	0,9	0,7	1,2	0,8
900	1,1	1,1	0,8	0,6	1,1	0,7
Média	1,2	1,2	1,0	0,7	1,2	0,8
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	5,19	19,8	12,2	19,7	10,2	11,2

NS = Não significativo.

Tabela 28 – Comprimento da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	26,8	22,0	28,3	24,2	24,4	26,3
300	29,3	23,8	29,1	23,1	26,6	26,1
450	28,8	23,8	28,5	24,5	26,3	26,5
600	29,7	24,7	28,4	22,6	27,2	25,5
750	29,0	25,3	26,5	23,4	27,2	24,9
900	37,9	24,6	25,4	19,7	31,3	22,6
Média	30,3	24,0	27,7	22,9	27,2	25,3
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	20,3	21,3	6,6	6,0	11,6	5,1

NS = não significativo.

Tabela 29 – Largura da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	1,1	1,3	1,1	0,7	1,2	0,9
300	1,0	1,0	0,9	0,5	1,0	0,7
450	0,9	1,0	0,8	0,7	1,0	0,7
600	0,9	1,0	0,9	0,5	1,0	0,7
750	1,0	1,0	0,8	0,5	1,0	0,7
900	0,8	0,9	0,8	0,6	0,9	0,7
Média	1,0	1,0	0,9	0,6	1,0	0,7
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	10,7	17,6	47,2	15,9	11,0	20,1

NS = não significativo.

Tabela 30 – Comprimento da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	25,4	20,5	25,1	22,1	22,9	23,6
300	28,5	23,5	25,8	21,4	26,0	23,6
450	27,3	23,7	25,8	22,9	25,5	24,3
600	29,3	24,4	25,5	21,6	26,9	23,6
750	28,0	25,3	23,6	21,6	26,7	22,6
900	29,0	24,8	22,9	19,4	26,9	21,2
Média	27,9	23,7	24,8	21,5	25,8	23,2
Regressão	Q	Q	NS	NS	Q	Q
CV (%)	4,3	4,6	5,7	7,2	2,5	3,4

NS = não significativo; Gralha Azul 2013: $y = 23,274309 + 0,018153x - 0,000015x^2$ ($R = 0,67$); BRS-Pardela 2013: $y = 18,44 + 0,019916x - 0,000014x^2$ ($R = 0,93$); Média 2013: $Y = 19,683293 + 0,024891x - 0,000021x^2$ ($R = 0,87$); Média 2014: $Y = 20,157570 + 0,029310x - 0,000053x^2$ ($R = 0,88$).

O diâmetro do colmo não variou com o aumento da densidade de plantas no ano de 2013, nas duas cultivares e na média das mesmas (Tabela 31). Em 2014, para as cultivares Gralha Azul e BRS-Pardela e a média das mesmas a resposta foi linear, com tendência de diminuição do diâmetro do colmo com o aumento da densidade de semeadura (Tabela 31).

As plantas que apresentam menor diâmetro do colmo ficam mais suscetíveis ao acamamento, podendo ocorrer diminuição da produtividade e da qualidade dos grãos de trigo. Quando os colmos dobram ou quebram, ocorre a interrupção na translocação dos fotoassimilados, resultando em prejuízos na produtividade e qualidade de grãos (CRUZ et al., 2003).

Em altas populações as plantas respondem com um crescimento mais rápido, a fim de evitar o sombreamento, como observado no presente estudo, mas esse crescimento rápido pode diminuir o diâmetro do colmo e a área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2004). O efeito detectado no presente estudo para o ano de 2013 é confirmado pelos resultados de Ballaré e Cassal (2000) e Rajcan e Swanton (2001), que atribuem diferenças no diâmetro em diferentes densidades de semeadura às alterações na quantidade e qualidade da radiação incidente em ambientes de alta competição intra-específica.

A diminuição do diâmetro do colmo das plantas de trigo através do aumento da densidade é atribuída à competição das plantas por luz, as quais ficam mais altas e com colmos mais finos devido ao estiolamento. Entretanto, como observado no presente estudo, as diferentes respostas vão depender da cultivar utilizada e do ano de cultivo, visto que cada cultivar responde de forma diferenciada aos estímulos. Deve-se considerar também que em cultivares mais suscetíveis ao acamamento, a definição da densidade de semeadura mais adequada deve ser mais criteriosa, pois interfere substancialmente na ocorrência do acamamento, principalmente em condições adversas de clima. As cultivares utilizadas no presente estudo são consideradas moderadamente suscetíveis ao acamamento, e sugere-se que nessas cultivares seja utilizado menores densidades de semeadura, principalmente em locais que apresentem alta fertilidade.

Tabela 31 – Diâmetro do colmo (mm) da planta mãe das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS- Pardela	Gralha Azul	BRS- Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	3,3	3,3	3,1	2,9	2,9	3,0
300	3,5	3,4	2,9	2,7	1,7	2,8
450	3,3	3,3	2,9	2,7	1,6	2,8
600	3,2	3,2	2,7	2,5	1,3	2,7
750	3,1	3,2	2,6	2,3	1,3	2,6
900	3,8	3,1	2,4	2,0	0,6	2,3
Média	3,4	3,3	2,8	2,5	1,6	2,7
Regressão	NS	NS	L	L	NS	L
CV (%)	15,4	4,3	6,0	6,9	8,6	5,1

Gralha Azul 2014: $y=3,455476-0,001539x$ ($R=0,65$); BRS-Pardela 2014: $y=3,325628-0,002102x$ ($R=0,86$); Média 2014 $Y=3,404937-0,001860x$ ($R=0,83$).

O número de espigas por metro quadrado aumentou linearmente com o aumento da densidade de semeadura na cultivar BRS-Pardela e na média das cultivares no ano de 2014 (Tabela 32). No ano de 2013, em ambas as cultivares e na média das mesmas não houve efeito da densidade de semeadura sobre o número de espigas por metro quadrado.

O número de espigas por metro está diretamente relacionado com o número de plantas emergidas e o número de perfilhos por planta, os quais são afetados pela densidade de semeadura que é um dos componentes de rendimento que mais influencia a produtividade (OZTURK; CAGLAR; BULUT, 2006, GUBERAC et al., 2000; GUBERAC et al., 2005; LITHOURGIDIS et al., 2006; LLOVERAS et al., 2004; SPINK et al., 2000; STOUGAARD; XUE, 2004;). No presente trabalho, o número de plantas emergidas aumentou com o incremento da densidade de semeadura (Tabela 19) e o número de perfilhos diminuiu (Tabela 20) e por essa compensação somente na cultivar BRS-Pardela em 2014 e na média das cultivares nesse ano, houve variação do número de espigas metro quadrado, que aumentou nas maiores densidades de semeadura.

Kiliç e Gürsoy (2010) observaram diferenças no número de espigas com alteração da densidade de semeadura, com os maiores números de espigas nas densidades de 350, 450 e 550 sementes por metro quadrado. Esses resultados corroboram com os de Hussain et al. (2002), que observaram que o número de espiga por metro quadrado aumentou linearmente com o aumento da densidade em vários anos de estudo. Sabe-se que o trigo possui a capacidade de compensar alterações na densidade de plantas por meio da emissão de perfilhos. A capacidade de emissão de perfilhos totais e perfilhos férteis é variável entre as cultivares, conforme estudos com a cultura da aveia (ALVES et al., 2004) e trigo (VALÉRIO et al., 2008). Esse fator pode explicar as diferenças no desempenho das diferentes cultivares utilizadas no estudo para o número de espigas por metro.

Nota-se, que o número de espigas por metro quadrado foi inferior ao número de plantas por metro quadrado nas maiores densidades, resultado justificado através dos dados do número de plantas por metro quadrado (Tabela 21), que demonstra que não foi possível atingir as densidades planejadas no momento da implantação dos ensaios.

Tabela 32 – Número de espigas por metro quadrado das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS- Pardela	Gralha Azul	BRS- Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	470,6	431,2	435,3	608,8	450,6	514,7
300	490,0	498,8	504,1	586,5	494,1	545,3
450	507,6	475,3	486,5	642,4	491,2	564,7
600	454,7	572,4	480,6	670,6	513,5	575,3
750	616,5	641,2	615,9	641,2	628,8	628,2
900	482,4	616,5	570,6	752,9	549,4	661,8
Média	503,6	539,2	515,5	650,4	521,3	581,7
Regressão	NS	NS	NS	L	NS	L
CV (%)	17,55	18,81	22,2	7,03	14,5	10,3

BRS-Pardela 2014: $Y=87,291376+0,063566x$ ($R=0,68$); Média 2014: $73,410463+0,070631x$ ($R=0,90$).

O número de espiguetas por espiga, de modo geral, diminuiu com o aumento da densidade de semeadura (Tabela 33). Em 2013, não foi observada resposta em ambas as cultivares. No ano de 2014, nas duas cultivares e na média das mesmas o número de espiguetas por espiga diminuiu linearmente com o aumento da densidade. Alvarenga, Sobrinho e Gross et al. (2012), Fioreze (2011) e Alvarenga, Sobrinho e Santos (2009) também observaram diminuição do número de espiguetas por espiga com o aumento da densidade de semeadura na cultura de trigo, fato que pode ser explicado pela maior competição intra-específica pelos recursos do meio, especialmente na maior densidade avaliada. Segundo Aude et al. (1994), o número de espiguetas por espiga depende de fatores nutricionais e ambientais, além de fatores inerentes à própria cultivar.

Outro fator a se considerar na definição do número de espiguetas é o número de espigas e de grãos por espiga, que em geral tem relação inversa. Desse modo, fatores que interferem no número de espigas vão afetar o número de espiguetas, com intensidade variável com o clima e a cultivar.

Tabela 33 – Número de espiguetas por espiga das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	14,4	15,5	16,7	15,2	14,9	16,0
300	14,8	14,6	16,4	14,1	14,7	15,3
450	14,7	14,9	16,0	15,2	14,8	15,5
600	13,6	13,4	16,2	11,9	13,5	14,0
750	15,7	15,3	14,6	14,0	15,5	14,3
900	16,0	16,6	13,2	12,1	16,3	12,6
Média	14,9	15,1	15,5	13,8	15,0	14,6
Regressão	NS	NS	L	L	NS	L
CV (%)	10,8	7,6	9,6	12,3	8,5	8,1

Gralha Azul 2014: $y=18,934013-0,009637x$ ($R=0,71$); BRS-Pardela 2014: $y=16,253905-0,006969x$ ($R=0,40$); Média 2014: $17,722992-0,008579x$ ($R=0,76$).

O número de grãos por espiga sofre forte influência do número de espigas e de espiguetas, que por sua vez dependem da densidade de semeadura. No presente trabalho, a variação da densidade de semeadura, de modo geral, afetou com menor intensidade o número de espigas por metro (Tabela 32) comparado ao número de espiguetas por espiga (Tabela 33). Como o número de grãos por espiga é influenciado pelo número de espiguetas por espiga, este era o que, por óbvio, ocorreria no presente trabalho. No entanto, somente na média das cultivares em 2013 houve variação do número de grãos por espiga com o aumento da densidade de semeadura (Tabela 34), com tendência de diminuição do número de grãos por espiga com o aumento da densidade de semeadura.

Diversos autores observaram resultados similares e outros contrastantes com os do presente trabalho. Valério et al. (2013) observaram que o aumento da densidade de semeadura reduziu o número de grãos por espiga em diversos ambientes analisados, e que essa variável não é tão dependente da cultivar, e sim da densidade de semeadura. Respostas semelhantes aos de Valério et al. (2013) foram relatadas por outros autores (ARDUINI et al., 2006; KILIÇ; GÜRSOY, 2010; LLOVERAS et al., 2004; SOOMRO et al., 2009). Os maiores números de grãos encontrados nas menores densidades podem ser atribuídos a maior penetração de luz no dossel da planta (HUSSAIN et al., 2002).

Nota-se na Tabela 34, que apesar dos dados não diferirem significativamente, ocorreu uma ligeira redução no número de grãos por espiga com o aumento da densidade de semeadura, sugerindo que o número de grãos pode ser

alterado pelo número de plantas por metro quadrado, mas a resposta vai variar em maior ou menor grau dependendo da cultivar utilizada e das condições ambientais.

Tabela 34 – Número de grãos por espiga das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS- Pardela	Gralha Azul	BRS- Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	31,3	33,0	24,6	27,1	32,1	25,8
300	30,5	33,2	24,9	25,8	31,9	21,3
450	26,3	30,4	26,6	21,4	28,4	24,0
600	28,8	28,2	24,1	21,7	28,5	22,7
750	21,3	31,0	26,2	22,4	26,1	24,0
900	19,2	24,1	25,7	20,7	21,7	23,2
Média	26,2	30,0	25,4	23,2	28,1	23,5
Regressão	NS	NS	NS	NS	L	NS
CV (%)	24,6	18,2	18,5	9,1	14,8	9,8

Média 2013: $Y=35,868790+0,016984x$ ($R=0,81$).

A massa de mil grãos (MMG) não variou em função das densidades de semeadura no ano de 2013 nas duas cultivares e na média das mesmas (Tabela 35). Em 2014, apenas a cultivar Gralha Azul respondeu a variação da densidade, com resposta linear negativa.

Alguns autores também não observaram respostas da MMG com diferentes densidades de semeadura (AHMADI, 2011; HANSON, 2001; ZAHEER et al., 2000), indicando que essa variável é pouco influenciada pela densidade.

Segundo a Embrapa (2016), o valor médio da MMG para as cultivares BRS-Pardela e Gralha Azul é de 34g. Em 2013, quando utilizada as densidades de semeadura que são recomendadas pela pesquisa (200-400 plantas por metro quadrado), os valores de MMG ficaram próximos dos valores indicados pela Embrapa (2016), com um ligeiro aumento. Em 2014, ambas as cultivares e na média das mesmas apresentaram valores abaixo de 34g.

Barbieri et al. (2013) trabalhando com as cultivares Mirante e Horizonte observaram uma redução da MMG com a redução da densidade de semeadura. Os autores comentam que os resultados estão relacionados com a emissão de perfilhos secundários nas menores densidades de semeadura. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Geleta et al. (2002), onde nas menores densidades a MMG foi menor e os autores atribuem essa resposta à presença de perfilhos que apresentam maturação tardia e menor uniformidade de

grãos. Esses perfilhos mais tardios produzem grãos menores que resultam em baixo peso do grão. Sendo assim, cultivares de trigo com menor capacidade de emissão de perfilhos produzem maior MMG (MOTZO et al., 2004; VALÉRIO et al., 2009).

Como discutido acima, a MMG tende a diminuir em baixas densidades em virtude do maior número de perfilhos produzidos pelas plantas. Entretanto, no presente trabalho essa resposta não foi observada para ambas as cultivares, nos dois anos de estudo. Nota-se na Tabela 35, que apesar de não apresentar resultados significativos em todas as avaliações realizadas para as diferentes densidades de semeadura, há uma ligeira tendência de redução da MMG nas maiores densidades. Esses dados corroboram com os de Spink et al. (2000), Baloch et al. (2010), Laghari et al. (2011), Kiliç e Gürsoy (2010), Zagonel et al. (2002), Senger et al. (2015), Hussain et al. (2002) e Soomro et al. (2009), onde na maior densidade de semeadura ocorreu diminuição da MMG.

Alguns autores comentam que em condições normais de clima, a MMG é mais afetada pelo número de grãos por área, tendendo a aumentar ou diminuir com a diminuição ou aumento do número de grãos, sendo a resposta dependente principalmente da cultivar (BERTI; ZAGONEL; FERNANDES 2007; FERNANDES, 2009; PENCKOWSKI, 2006; HILGEMBERG, 2010; ZAGONEL; VENÂNCIO; KNUNZ, 2002 e VALÉRIO et al., 2008).

A MMG pode variar ligeiramente em diferentes densidades de semeadura, entretanto, a resposta vai depender principalmente em função da cultivar utilizada, visto que é um caractere determinado geneticamente, como também do potencial de perfilhamento de cada cultivar. Cultivares que apresentem alta capacidade de emissão de perfilhos parecem apresentar as maiores diferenças nos valores de MMG com a alteração das densidades de semeadura.

Tabela 35 – Massa de mil grãos (gramas) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS- Pardela	Gralha Azul	BRS- Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	39,8	39,9	33,5	32,4	39,9	33,0
300	35,5	38,9	29,9	31,4	37,2	30,6
450	36,0	37,2	29,4	31,1	36,6	30,3
600	32,8	38,5	28,4	30,5	35,6	29,5
750	34,6	40,9	26,8	29,9	37,8	28,4
900	35,7	35,5	27,4	28,7	35,6	28,1
Média	35,7	38,5	29,2	30,7	37,1	30,0
Regressão	NS	NS	L	NS	NS	NS
CV (%)	8,8	8,4	8,8	13,8	5,5	8,7

Gralha Azul 2014: $Y=36,159589-0,019135x$ ($R=0,90$).

No ano de 2013, a produtividade variou para a cultivar BRS-Pardela em função das densidades de semeadura, com equação quadrática e ponto de máxima em 386 plantas por metro quadrado (Tabela 36), mas não houve resposta da cultivar Gralha Azul. Em 2014 ambas as cultivares apresentaram resposta quadrática a variação da densidade, com pontos de máxima em 466 e 420 plantas por metro quadrado para as cultivares Gralha Azul e BRS-Pardela, respectivamente. Na média das cultivares, apenas em 2014 foi observada resposta quadrática ao aumento da densidade, com ponto de máxima produtividade em 453 plantas por metro quadrado.

Os maiores valores de produtividade foram obtidos com densidades de 438 a 466 plantas por metro quadrado, respectivamente, para o ano de 2013 e 2014. Acima dessas densidades não foram observados incrementos na produtividade, o que pode ser explicado à forte competição entre as plantas, por luz, espaço, água e nutrientes. Elevadas densidades de semeadura aumentam a acumulação precoce de massa seca, diminuem a competitividade das plantas daninhas, mas podem ter impactos negativos na produtividade devido à competição entre as plantas de trigo (PARK; BENHAMN; WAKINSON, 2003), como observado no presente estudo. Valério et al. (2013) comenta que pode ocorrer aumento de produtividade em densidades de semeadura altas, mas essa resposta está relacionada com cultivares que apresentem baixa capacidade de perfilhamento.

Em baixas densidades também não houve resposta positiva em relação a produtividade. Segundo Fiorese e Rodrigues (2014), as maiores produtividades na cultura do trigo são observadas nas menores densidades de

semeadura, pelo incremento do rendimento individual das espigas. Entretanto, no presente trabalho, conclui-se que a cultura não conseguiu compensar a falta de plantas através da emissão de maior número de perfilhos nas menores densidades utilizadas. Zecevic et al. (2014) sugerem que uma menor densidade de semeadura pode ser adequada sob excelentes condições de crescimento (LLOVERAS et al., 2004), entretanto, deve ser associada com cultivares que apresentem uma boa capacidade de emitir perfilhos férteis.

As práticas de manejo são importantes em determinar a produtividade e a qualidade industrial do trigo. Numerosos estudos têm documentado como a adubação nitrogenada (CAMPILLO; JOBET; UNDURRAGA, 2010; HIRZEL et al., 2010; NIKOLIC et al., 2012; ZECEVIC et al., 2010), densidade de semeadura, época de semeadura, espaçamento entre linhas e profundidade de semeadura afetam a produtividade e os componentes do rendimento (GUBERAC et al., 2005; KRISTD et al., 2007; MARIC et al., 2008; OTTESON; MERGOUM; RANSON, 2008; SCHILLINGER, 2005; VALERIO et al., 2009; WAJID et al., 2004). As densidades de semeadura em trigo podem variar amplamente devido às diferenças na qualidade das sementes, condições de semeadura, datas de plantio e equipamentos (LLOVERAS et al., 2004).

A produtividade em trigo é determinada por vários componentes, entre eles está o número de espigas por planta, o número de espiguetas por espiga, o número de grãos por espiga e o peso médio do grão, dependendo diretamente dos fatores de origem genética e de ambiente (CRUZ et al., 2003). Sabe-se que as plantas de trigo apresentam uma capacidade de compensar a falta ou excesso de um componente do rendimento (BENIN et al., 2003; FREEZE; BACON, 1990), pela modificação dos demais componentes. Tal modificação, dependendo da cultivar, do ambiente e da interação entre ambos, pode ser suficiente para a maximização do potencial produtivo por unidade de área (VALERIO et al., 2009).

Diante dos resultados observados para os componentes do rendimento, a diferença da produtividade em função das densidades de semeadura esteve mais relacionada com o número de perfilhos, espiguetas por espiga para ambas as cultivares, número de espigas por metro para a cultivar BRS-Pardela em 2014 e MMG para a cultivar Gralha Azul em 2014 (Tabelas 32, 33, 34 e 35).

Tabela 36 – Produtividade (kg.ha⁻¹) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS- Pardela	Gralha Azul	BRS- Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	2.585	2.821	1.886	2.197	2.703	2.041
300	3.119	3.422	2.585	2.172	3.172	2.378
450	2.716	3.456	2.730	2.842	3.086	2.786
600	2.660	2.845	3.037	2.948	2.752	2.993
750	2.614	3.054	3.106	2.767	2.834	2.937
900	2.597	2.565	2.846	2.602	2.581	2.724
Média	2715,2	3027,2	2698,3	2588,0	2854,7	2643,2
Regressão	NS	Q	Q	Q	NS	Q
CV (%)	23,62	12,3	15,6	9,3	13,3	9,4

BRS-Pardela 2013: $y=1141,779593+12,294581x-0,015907x^2$ (R=0,81); Gralha Azul 2014: $y=452,761136+10,737246x-0,011508x^2$ (R=0,89); BRS-Pardela 2014: $y=918,273862+8,862625x-0,010527x^2$ (R=0,71); Média 2014: $Y=791,151888+9,119413x-0,010060x^2$ (R=0,85).

Para o índice de colheita aparente (ICA), a única cultivar que respondeu a variação da densidade de semeadura foi a BRS-Pardela, ano de 2013, com equação quadrática e ponto de máximo da equação na densidade de semeadura de 526 plantas por metro quadrado (Tabela 37).

Segundo a pesquisa, os valores ideais de ICA para a cultura do trigo ficam em torno de 0,40 a 0,55 (AHMAD; HASSAN; JABRAN, 2007). No presente trabalho os valores estimados para ICA foram baixos. Como essa variável expressa a eficiência da alocação dos produtos da fotossíntese para as partes economicamente importantes da planta, os diferentes manejos usados na cultura de trigo podem promover variações, positivas e negativas, como observado para as diferentes densidades de semeadura. Os principais fatores que afetam a expressão deste índice em cereais são a densidade de plantas, adubação nitrogenada e disponibilidade de água (DONALD; HAMBLIN, 1976; SCHUCH, et al., 2000).

Analisando os dados da tabela 37, é possível observar que, de modo geral, as densidades recomendadas pela pesquisa 200 a 400 sementes.m², apresentaram os maiores valores de ICA, dados que corroboram com os de AHMADI (2011), que observaram maior índice de colheita na densidade de 350 plantas por metro quadrado. O maior índice pode ser atribuído a maior penetração de luz no dossel e melhor utilização dos nutrientes (KILIÇ; GÜRSOY, 2010).

Peltonen-sainio, Forsman, Poutala (1997) observaram que o índice de colheita não diferiu quando se aumentou a população de plantas de 300 para 600 sementes m⁻², corroborando com os dados de Mollah et al. (2009) e os do presente

trabalho. Entretanto, há divergência nos resultados encontrados na literatura, como os dados de Satorre (1999) e Kiliç e Gürsoy (2010), onde o índice de colheita diminuiu com o aumento da população de plantas. Essas diferenças entre os estudos demonstram que as respostas às diferentes densidades vão depender da cultivar utilizada, mas principalmente das condições climáticas de cada ano, como a radiação solar.

Tabela 37 – Índice de colheita aparente (ICA) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	30,2	27,0	26,2	36,8	28,6	31,5
300	34,9	42,6	32,7	30,8	38,8	31,8
450	30,3	39,1	35,2	30,3	34,7	32,8
600	28,6	44,5	34,5	34,7	36,5	34,6
750	27,0	40,2	38,3	37,1	33,6	37,7
900	33,7	27,6	36,4	28,7	30,7	32,5
Média	30,8	36,8	33,9	33,1	33,8	33,5
Regressão	NS	Q	NS	NS	NS	NS
CV (%)	43,6	20,5	18,2	16,9	23,8	13,5

BRS-Pardela 2013: $y=10,324439+0,134736x-0,000128x^2$ (R=0,92).

Os valores de peso hectolitro (PH) não variaram em função da densidade de semeadura (Tabela 38), dados que corroboram com os de Anon (2010) e Fioreze (2011). Os valores encontrados em 2013 e 2014 foram abaixo dos valores médios especificados pela Embrapa, que é de 81 kg hL⁻¹ e 79 kg hL⁻¹ para BRS-Pardela e Gralha Azul, respectivamente.

O peso hectolitro é a massa de grãos, que se encaixa em um volume especificado (DOEHLERT; MAMULLEN; JANNINK; 2006) com sua unidade em quilogramas por hectolitro (kg hL⁻¹), sendo relacionado com a densidade e solidez do grão. Muitos fatores influenciam os valores de PH dos grãos de trigo e os mais importantes são os danos causados por doenças, insetos, fertilidade do solo e/ou condições ambientais, como por exemplo, seca, granizo e geada (RANKIN, 2009). Qualquer fator que afete a circulação de nutrientes para a espiga durante o enchimento de grão ou que danifique a espiga afeta negativamente os valores de PH (RANKIN, 2009).

No Brasil, segundo o MAPA, o valor do PH deve ser de 78 para ser considerado Tipo 1. Valores abaixo desses diminuem a tipificação do trigo. No

trabalho, em que o PH variou de 72,1 a 75,6, as cultivares estudadas seriam classificadas como Tipo 3, para os valores próximos de PH 70 e Tipo 2 para os valores de PH próximos a 75.

Utilizando seis densidades de semeadura (50, 150, 250, 350, 450 e 550 sementes.m⁻²), Kiliç e Gürsoy (2010) observaram diferenças significativas para os valores de PH, com o maior valor para a densidade de 250 plantas por metro quadrado. Abdulkerim, Tana e Eticha (2015) e Bavec et al. (2002) relataram que com o aumento da densidade de semeadura, ocorreu uma diminuição dos valores do PH do trigo.

Tayyar (2010) relata que o PH é significativamente influenciado pela cultivar e pelas condições climáticas durante a maturação do grão, o que em parte explica a diferença de resultados deste trabalho em relação a literatura disponível.

Tabela 38 – Peso Hectolitro (kg hL⁻¹) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	72,5	73,4	76,5	73,1	72,9	74,8
300	72,9	72,1	74,0	75,4	72,5	74,7
450	72,6	73,7	73,2	74,6	73,2	73,9
600	71,5	74,0	73,7	75,5	72,8	74,6
750	70,1	73,4	73,7	77,5	71,7	75,6
900	72,0	71,4	74,6	73,6	71,7	74,1
Média	71,9	73,0	74,3	75,0	72,5	74,6
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	22,2	1,8	4,3	3,0	2,2	2,8

NS = não significativo.

O NQ é um teste importante da qualidade industrial do trigo e está associado negativamente com a atividade da alfa-amilase. A atividade excessiva da alfa-amilase leva à produção de massas difíceis de processar e a pães mal estruturados e descoloridos. O NQ não foi afetado pela densidade de semeadura, independente do ano e cultivar (Tabela 39).

Existem diferentes formas de produção da alfa-amilase, as quais podem levar a um baixo valor NQ: através do brotamento de pré-maturidade (BPreM); Brotação pós-maturidade (BposM); atividade de alfa-amilase de pré-maturidade (PMA) e atividade de alfa-amilase de pericarpo (AAP). Destes, os que mais frequentemente causam problemas são BposM e PMA.

A BposM resulta da quebra da dormência de grãos seguida de germinação. A alfa-amilase de pré-maturidade ocorre principalmente na região do vinco do grão e se desenvolve durante os estádios finais de maturação do grão. As causas são pouco conhecidas, mas têm sido associadas a baixas temperaturas durante o desenvolvimento do grão, taxa lenta de enchimento do grão, tamanho e morfologia de grãos grandes e características da cavidade do grão.

Apesar de não ter sido avaliado no presente estudo o tamanho dos grãos, essa característica sofre influência de diferentes densidades de semeadura os quais podem afetar o valor de NQ.

Dimmock e Gooding (2002) sugerem que a associação do tamanho do grão com baixo NQ está relacionado a um efeito do tamanho do grão e o teor de umidade, onde os grãos maiores retêm alto conteúdo de umidade por mais tempo. Clarke, Gooding e Jones (2004) também identificaram uma associação negativa entre NQ e o tamanho de grão. Kettlewell (2009) encontrou uma associação negativa para MMG e NQ.

Zecevic et al. (2014), comentam que em maiores densidades são produzidos menos perfilhos, em média apenas um, mas esses perfilhos formam grãos maiores. Quando se utiliza menor densidade, um maior número de perfilhos secundários são produzidos, os quais produzem grãos pequenos, com menor massa. Nesse caso, os valores de NQ podem ser maiores quando comparados com as altas densidades que tem maior número de plantas mãe e maturação mais uniforme. Esses resultados corroboram com os de Kindread, Gooding e Elis (2005), que estudando densidades de semeadura observaram uma correlação entre o tamanho do grão e a alfa-amilase com um efeito linear negativo da densidade de semeadura e NQ. Os autores ainda comentam que há uma interação entre cultivar e densidade de semeadura para os valores de NQ e condições de ambiente. Entretanto, esse resultado não pode ser observado no presente estudo, possivelmente por estar relacionado com as cultivares utilizadas e as condições em que o trigo foi cultivado.

Nos últimos anos, tem havido um interesse considerável no tamanho de grão como um componente de rendimento importante nos cereais. Em geral, um tamanho de grão maior é visto como uma característica desejável, que potencialmente melhora tanto o rendimento como a qualidade (GUPTA; RUSTGI; KUMAR; 2006). Contudo, um grão de grande tamanho pode estar associado ao excesso de alfa-amilase (EVERS, 2000; KINDREAD; GOODING; ELIS, 2005).

Baseado na discussão acima supõe-se que a baixa densidade de semeadura, em alguns casos pode reduzir o tamanho do grão e a quantidade de alfa-amilase, aumentando os valores de NQ, através da diminuição da cavidade do grão, rápida maturação e secagem dos grãos. Entretanto, essa resposta pode estar relacionada com a cultivar e especificamente com as condições do ambiente.

Os valores de NQ nos dois anos, para as duas cultivares, foram altos quando comparados com a tabela de classificação fornecida pela Instrução Normativa nº38/2010 do MAPA, que considera o valor de 250 ou maior para ser considerado Tipo melhorador. Cultivares de trigo nesta categoria são aptos para mesclas com grãos de cultivares de trigo brando, para fins de panificação, produção de massas alimentícias, biscoitos tipo "crackers" e pães industriais (como pão de forma e pão para hambúrguer).

Tabela 39 – Número de queda (segundos) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de diferentes densidades de semeadura. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Densidade de semeadura (sementes.m ⁻²)	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
150	327,7	384,0	412,5	346,5	355,8	379,5
300	329,8	374,8	388,0	340,5	352,3	364,3
450	310,0	369,0	323,0	357,5	339,5	340,3
600	331,0	363,0	336,3	355,5	347,0	345,9
750	308,0	365,5	345,3	396,8	336,8	371,0
900	304,8	374,7	353,0	427,8	339,7	390,4
Média	318,6	371,8	359,7	370,8	345,2	365,2
Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	9,5	5,0	27,2	18,9	4,0	17,8

NS = Não significativo.

A densidade de semeadura afeta algumas características das plantas de trigo, como foi observado no presente estudo, e assim deve ser estudada cuidadosamente para a obtenção de maiores rendimentos de grãos com melhor qualidade industrial. Novas cultivares de trigo são mais produtivas e algumas delas são de maior qualidade do que as antigas, necessitando serem continuamente avaliadas para determinar suas necessidades em condições específicas visando não apenas a produtividade mas a qualidade industrial dos grãos (BOKAN;MALESEVIC, 2004; CAGLAR et al., 2011).

As taxas ótimas de semeadura para maiores produtividades e qualidade industrial variam de ano para ano e dependem das condições climáticas no período de enchimento dos grãos (CAGLAR et al., 2011). Esses resultados foram observados em algumas características analisadas, onde as cultivares responderam de forma diferenciada aos estímulos proporcionados pelas densidades de semeadura e condições do ambiente.

A produtividade final de uma cultura é uma característica quantitativa complexa, relacionada com a habilidade da planta em produzir, translocar e estocar carboidratos nos grãos (SLEEPER; POELMAN, 2006). Os produtos da fotossíntese elaborados nas folhas situadas na porção superior do colmo (principalmente a folha bandeira) e nas aristas são responsáveis pela maior parte da produção, enquanto as folhas inferiores contribuem com 15 a 20% do total de rendimento de grãos (DOMICIANO et al., 2009). Contudo, reservas do colmo acumuladas na planta até a pré-antese estão sendo cada vez mais reconhecidas como importante fonte de carbono para enchimento do grão quando a fotossíntese é inibida por estresse hídrico, por calor ou por doenças (ASSENG; VAN HERWAARDEN, 2003). Como a densidade de semeadura em algumas situações pode afetar o comprimento e largura das folhas de trigo, conseqüentemente pode afetar a produtividade da cultura.

No presente estudo, as maiores produtividades foram obtidas com densidades similares as indicadas pela pesquisa oficial e, de modo geral, a qualidade industrial não foi alterada com a redução ou aumento das densidades de semeadura na cultura, nas condições em que os experimentos foram conduzidos.

5.4 CONCLUSÃO

As maiores produtividades foram obtidas com as densidades recomendadas pela pesquisa oficial e das empresas produtoras das sementes, e o aumento ou redução da densidade em relação à da recomendação não afeta a qualidade industrial do trigo.

As densidades de semeadura utilizadas não afetaram os valores de PH e o NQ, fatores que compõe a tipificação e a qualidade industrial do trigo. Considerando os valores de PH e o NQ, os grãos não passariam para trigo na comercialização, sendo classificados como fora do tipo;

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULKERIM, J.; TANA, T.; ETICHA, F. Response of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties to Seeding Rates at Kulumsa, South Eastern Ethiopia. **Asian Journal of Plant Sciences** 14(2):50-58 · 2015.
- AHMAD, R.; HASSAN, B.; JABRAN, K. **Improving crop harvest index**. Down Group of Newspapers, Ramazan, v.18, 2007.
- AHMADI, G. H. Effects of sowing density on yield and yield components of irrigated bread wheat cultivars. **Biharean Biologist** 5(2): pp.91-95. 2011.
- ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M. O afilhamento em comunidades de cereais de estação fria é afetado pela qualidade da luz?. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, p.511-519, 1998.
- ALVARENGA, C.B.; SOBRINHO, J.S.; SANTOS, E.M. Comportamento de cultivares de trigo em diferentes densidades de semeadura sob irrigação indicadas para a região do Brasil Central. **Bioscience Journal**., Uberlândia, v. 25, n. 5, p. 98-107, 2009.
- ALVES, A. C. et al. Emissão do Afilho do Coleóptilo em Genótipos de Aveia e em Diferentes Condições de Estresses e Manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p. 385-391, 2004.
- ANON. **Seeding rate for weed control in organic spring wheat**. Final Research Report E2006-08 Organic agriculture centre of Canada. 2010 From http://www.organicagcentre.ca/Docs/-OACC_bulletins06/OACC_Bulletin8_weed_wheat.pdf
- ARDUINI, I. et al. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. **European Journal of Agronomy**, v.25, p.309-318, 2006.
- ASSENG S., VAN HERWAARDEN A.F. Analysis of the benefits to wheat yield from assimilates stored prior to grain filling in a range of environments. **Plant Soil** 256: 217–229. 2003.
- AUDE, M. I. da S. et al. Taxa de acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grão do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.10, p.1.533-1.539, 1994.
- BALLARÉ, C. L.; CASAL, J. J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, v. 67, n. 2, p. 149-160, 2000.
- BALLARÉ, C.L. et al. Photomorphogenic processes in the agricultural environment. *Photochemistry and Photobiology*, Oxford, v.56, p.777-788.1992.
- BALLOCH M. S. et al. Effect of seeding density and planting time on growth and yield attributes of wheat. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, 20(4):, Page: 239-240 ISSN: 1018-7081.2010.

BARBIERI, A. P. P. Redução populacional de trigo no rendimento e na qualidade fisiológica das sementes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 724-731, outubro, 2013.

BAVEC, M. et al. Relationships among yield, it's quality and yield components, in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars affected by seeding rates. **Bodenkultur**, 53: 143-151. 2002.

BENIN, G. et al. Estimativas de correlações e coeficientes de trilha como critérios de seleção para rendimento de grãos em aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 9-16, 2003.

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

BOKAN, N.; MALESEVIC, M. The planting density effect on wheat yield structure. **Acta Agriculturae Serbica** 19:65-79.2004.

CAGLAR, O., S. et al. Quality response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. **Journal of Animal and Veterinary Advances** 10 (Suppl.):3368-3374. 2011.

CAMPILLO, R.; JOBET, C.; UNDURRAGA, P. Effects of nitrogen on productivity, grain quality, and optimal nitrogen rates in winter wheat cv. Kumpa-INIA in Andisols of Southern Chile. **Chilean Journal of Agricultural Research** 70:122-131. 2010.

CLARKE M.P., GOODING M.J., JONES S. A. The effect of irrigation, nitrogen fertilizer and grain size on Hagberg Número de queda, specific weight and blacpoint of winter wheat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 84, pp. 227-236. 2004.

CRUZ, P.J. et al. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.1, p.5-8, 2003.

DESTRO, D. et al. Main Stem and Tiller Contribution to Wheat Cultivars Yield Under Different Irrigation Regimes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 44, n. 4, p. 325-330, 2001.

DIMMOCK, J.P.R.E.; GOODING, M.J. The effects of fungicide on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.138, p.1-16, 2002.

DOEHIERT, D. C.; MCMULLEN, M. S.. JANNINK, J. L. Oat grain/groat size ratios: a physical basis for test weight. **Cereal Chemistry**. V.83(1):p.114-118. 2006.

DOMICIANO, G.P. et al. Alterações na fotossíntese de plantas infectadas por fitopatógenos. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.17, p.305-339, 2009.

DONALD. C. M.; HAMBLIN, J. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. **Advances in Agronomy**, v.28: p.361-405. 1976.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EVERS A. Grain size and morphology: implications for quality. In: Schofield J, editor. Wheat structure, biochemistry and functionality. Cambridge, UK: **The Royal Society of Chemistry**; 2000. pp. 19–24.

FERNANDES, E.C. População de plantas e regulador de crescimento afetando a produtividade de cultivares de trigo. Ponta Grossa: 2009. 119 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

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

FIGUEIREDO, S. L. et al. Tillering of two wheat genotypes as affected by phosphorus levels. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 3, p. 331-338, 2012

FIGUEIREDO, S. L.; RODRIGUES, J. D. Componentes produtivos do trigo afetados pela densidade de semeadura e aplicação de regulador vegetal. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 39-54, 2014.

FIGUEIREDO, S.; RODRIGUES, J.. Efeito da densidade de semeadura e de reguladores vegetais sobre os caracteres morfofisiológicos da folha bandeira do trigo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, América do Norte, 2012.

FREEZE, D. M.; BACON, R. K. Row-spacing and seeding rate effects on wheat yields in the Mid-South. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 3, p. 345- 348, 1990.

GUARIENTI, E. M.; MIRANDA, M. Z. Determinação da germinação pré-colheita em trigo. IN: CUNHA, G. R. & PIRES, J.L.F. **Germinação pré-colheita em trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2004, P.291-308.

GELETA, B. et al. Seeding rate and genotype effect on agronomic performance and end-use quality of winter wheat. **Crop Science**, v.42, p.827-832, 2002.

GIL D.H.; BONFIL D.J.;SVORAY, T. Multi scale analysis of the factors influencing wheat quality as determined by Gluten Index. **Field Crop Research** v.123:p.1-9. 2011.

GROSS, T. F. et al. Comportamento produtivo do trigo em diferentes métodos e densidades de semeadura. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 11, n. 4, p. 50-60. março/2012.

GUBERAC, V. et al. Grain yield components of winter wheat new cultivars in correlation with sowing rate. **Cereal Research Communications** v.28:p.307-314. 2000.

GUBERAC, V. et al. Grain yield of new Croatian winter wheat cultivars in correlation with sowing rate. **Cereal Research Communications**, v. 33:p.777-784. 2005.

GUPTA P. K., RUSTGI S., KUMAR N. Genetic and molecular basis of grain size and grain number and its relevance to grain productivity in higher plants. **Genome** v.49, p.565–571. 10.1139/G06-063. 2006.

HANSON, B. **Planting rate influence on yield and agronomic traits of hard red spring wheat in northeastern North Dakota**. North Dakota State University Langdon Research Extension Center Agriculture Report. 1. April 2001. North Dakota State University. Langdon Research Extension Center, Langdon.

HILGERMBERG, P. Densidade de plantas e reguladores de crescimento afetando o trigo. Ponta Grossa, PR. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura) – Curso de Pós-Graduação em Agricultura, Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2010.

HIRZEL, J.; MATUS, I.; MADARIAGA, R. Effect of split nitrogen applications on durum wheat cultivars in volcanic soil. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70:590-595. 2010.

HRISTOV N. et al. Genotype by environment interactions in wheat quality breeding programs in southeast Europe. **Euphytica** 174:315-324. 2010.

HUSSAIN, M.I.; SHAH, S.H. Growth, yield and quality response of three wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties to different levels of N, P and K. *Int. Journal of agriculture and biodiversity*. 4,3, 362-364. 2002.

KENDRICK, R. E.; KRONENBERG, G. H. M. **Photomorphogenesis in plants**. 2.ed. Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers, 1994. p. 211-269. 828p.

KETTLEWELL, P.S. The response of alpha-amylase activity during wheat grain development to nitrogen fertiliser. **Annals of Applied Biology**, v.134 (2), pp. 241-249. 1999.

KILIÇ, H.; GÜRSOY, S. Effect of seeding rate on yield and yield components of durum wheat cultivars in cotton-wheat cropping system. **Scientific Research and Essays** Vol. 5(15), pp. 2078-2084, 4 August, 2010.

KINDRED D.R., GOODING M.J., ELLIS R.H. Nitrogen fertilizer and seed rate effects on Hagberg Número de queda of hybrid wheats and their parents are associated with α -amylase activity, grain cavity size and dormancy. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 85, pp. 727-742. 2005.

KRISTD, I. et al. Investigation of sowing date and seeding rate on the yield of winter wheat. **Cereal Research Communications**, v. 35:p.685-688. 2007.

LAGHARI, G.M. et al. Growth and yield attributes of wheat at different seed rates. **Sarhad Journal of Agriculture**, v.27:p.177-183. 2011.

LITHOURGIDIS, A.S. et al. Tillage effects on wheat emergence and yield at varying seeding rates, and on labor and fuel consumption. **Crop Science**, v.46:p.1187-1192. 2006.

LLOVERAS, J. et al. Seeding rate influence on yield and yield components of irrigated winter wheat in a Mediterranean climate. **Agronomy Journal**, v.96:p.1258-1265. 2004.

MARIC, S. et al. Effects of testing environments and crop density on winter wheat yield. p. 684-686. In Appels, R., et al. (ed.) **Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium**, Brisbane, Queensland, Australia. 24-29 August 2008. Sidney University Press, Sidney, Australia. 2008.

MOES, J.; STOBBE, E. H. Barley treated with ethephon: I. yield components and net grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, p. 86-90, 1991.

MOLLAH M.I.U.; BHUIYA, M.S.U.; KABIR, M.H. Bed Planting – A New Crop Establishment Method or Wheat in Rice-Wheat Cropping System, **Journal Agriculture Rural Dev.** 7(1-2): 23-31. 2009.

MOTZO, R. et al. Expression of a tiller inhibitor gene in the progenies of interspecific crosses *Triticum aestivum* L. x *T. turgidum* subsp. durum. **Field Crop Research**, v. 85, n. 1, p. 15-20, 2004.

MUNDSTOCK, C.M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: Evnagraf, 1999. 227p.

NIKOLIC, O. et al. Interrelationships between grain nitrogen content and other indicators of nitrogen accumulation and utilization efficiency in wheat plants. **Chilean Journal of Agricultural Research** 72:111-116. 2012.

OTTESON, B.N.; MERGOUM, M.; RANSOM, J.K. Seeding rate and nitrogen management on milling and baking quality of hard red spring wheat genotypes. **Crop Science** 48:749-755. 2008.

OZTURK, A.; CAGLAR, O.; BULLUT, 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**, Malden, v. 192, n. 1, p. 10- 16, 2006.

PAN, J. et al. Effects of spikelet and grain positions on grain number, weight and protein content of wheat spike. **Acta Agronomica Sinica**.31: 431–437. 2005.

PARK, S. E.; BENHAMIN, L. R.; WATKINSON, A. R. The theory and application of plant competition models: an agronomic perspective. **Annals of Botany**. 92, n. 6, p. 741-748, 2003.

PELTONEN-SAINIO, P.; FORSMAN, K.; POUTALA, T. Crop management on pre- and postanthesis changes in leaf area index and leaf area duration and their contribution to grain yield and yield components in spring cereals. **Journal Agronomy and Crop Science** 179, 47–61.1997.

PENCKOWSKI, L. H. Efeitos do trinexapac-ethyl e do nitrogênio na produtividade da cultura do trigo. 84 f. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura) – Curso de Pós-graduação em Agricultura, Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa: 2006.

RAJCAN, L., SWANTON, C. J. Understanding maize-weed competition: resource competition light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, v. 71, n. 1, p. 139-150, 2001.

RANKIN, M. **Understanding corn test weight. Crops and soils agent. University of Wisconsin.** Crop and pest management. 2009.

SATORRE, E. H. Plant density and distribution as modifiers of growth and yield. p. 141–159. In E.H. Satorre and G.A. Slafer (ed.) **Wheat Ecology and physiology of yield determination.** Food Products Press, New York. 1999.

SCHILLINGER, W.F. Tillage method and sowing rate relations for dryland spring wheat, barley, and oat. **Crop Science** 45:2636-2643. 2005.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.305-312, 2000 .

SENGER, M. et al. Influence of wheat populations arrangement on growth characteristics and grain yield. **African Journal of Agricultural Research** 10.53: 4937-4944. 2015.

SIMMONS, R.S. Growth, development, and physiology. In: Heyne, E.G. (Ed.). **Wheat and heat improvement.** Madison: Wisconsin, 1987. p.77-113.

SLEEPER, D.A.; POEHLMAN, J.M. **Breeding field crops.** Ames: Blackwell Pub Iowa, 2006. 424p.

SOOMRO, U.A. et al. Effects of sowing method and seed rate on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). **World Journal of Agricultural Sciences**, 5:159-162. 2009.

SPINK, J.H. et al. Effect of sowing date on the optimum plant density of winter wheat. **Annals of Applied Biology**, v.137, p.179-188, 2000.

STOUGAARD, R.N.; Q.W. XUE. Spring wheat seed size and seeding rate effects on yield loss due to wild oat (*Avena fatua*) interference. **Weed Science** 52:133-141. 2004.

SULIEMAN, S. A. The Influence of *Triticum asetivum* seeding rates and sowing patterns on the vegetative characteristics in Shambat soil under irrigation. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, 6 (2): 93-102. 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAYYAR, S., Variation in grain yield and quality of romanian bread wheat varieties compared to local varieties in Northwestern Turkey. Roman. **Biotechnology Letters.**, 15: 5189-5196. 2010.

VALERIO, I. P. et al. Seeding density in wheat: the more, the merrier? **Scientia Agricola.** (Piracicaba, Braz.), Piracicaba, v. 70, n. 3, p. 176-184, 2013.

VALÉRIO, I. P. et al. Fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afilhos em trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, supl. 1, p. 1207-1218, 2009.

VALÉRIO, I. P. et al. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 319-326, 2008.

WAJID, A., A. et al. Effect of sowing date and plant population on biomass, grain yield and yield components of wheat. **International Journal of Agriculture & Biology** 6:1003-1005. 2004.

WEINER, J.; GRIEPENTROG, H.W.; KRISTENSEN, L. Suppression of weeds by spring wheat *Triticum aestivum* increases with crop density and spatial uniformity. **Journal of Applied Ecology**, 38, 784–790. 2001.

YAN, J.; ZHANG, Y.; HE, Z.H. Investigation on paste property of Chinese wheat. **Scientia Agricultura Sinica** ,34:9-13. 2001.

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

ZAHEER, A. et al. Effect of population density on yield and yield components of wheat. **Pakistan Journal of Biological Science** v.3(9): p.1389-1390. 2000.

ZECEVIC, V.. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v.74, n.1, p.23-28. 2014.

ZHANG, X.L. et al. Effect of latitude on grain protein concentration of winter wheat. **Chinese App1 Eco** v.19:p.1727-1732. 2008.

ZHANG, Y. et al. Effect of environment and genotype on bread-making quality of spring-sown spring wheat cultivars in China. **Euphytica** v.139:p.75-83. 2004.

6 CAPÍTULO 3 - ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DOS GRÃOS E NA PRODUTIVIDADE DO TRIGO

RESUMO

Entre as medidas para evitar a ocorrência do acamamento, geralmente aplicam-se reguladores de crescimento, como o Trinexapac-ethyl, que é utilizado em cereais de inverno e promove redução acentuada do comprimento do caule, consequentemente a estatura de plantas. Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes épocas de aplicação de regulador de crescimento e sua influência na produtividade e na qualidade industrial dos grãos, foram instalados quatro experimentos, diferindo pela cultivar e ano de cultivo, na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa, PR, região Campos Gerais, no ano de 2013 com repetição em 2014. O delineamento experimental utilizado para cada cultivar (Gralha Azul e BRS-Pardela), foi de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos constaram de quatro épocas de aplicação do regulador, no perfilhamento, entre o 1º e o 2º nó perceptível, entre o 2º e o 3º nó e testemunha. O sistema de cultivo utilizado foi o plantio direto na palha, sendo a soja a cultura antecessora nos dois anos de pesquisa. Na fase de antese foram avaliados o número de perfilhos; comprimento e largura das folhas, estatura e comprimento dos entrenós da planta mãe. Na maturidade fisiológica foi avaliado o número de espigas por metro e de espiguetas por espiga; o número de grãos por espiga; a massa de mil grãos e o índice de colheita aparente. Quando os grãos atingiram o ponto de colheita foi estimada a produtividade e o índice de acamamento. Dos grãos colhidos foi determinado o peso hectolítrico (PH) e o Número de queda (NQ). Baseado nos resultados encontrados pode-se concluir que as diferentes épocas de aplicação do regulador de crescimento não afetam a produtividade, o PH e o NQ. Mais estudos precisam ser realizados com outras doses e aplicações mais tardias em outros locais, pois a resposta também parece estar relacionada com a cultivar e as condições ambientais.

Palavras chaves: *Triticum aestivum* L.; Trinexapac-ethyl; qualidade industrial; peso hectolítrico; Número de queda.

ABSTRACT

Among the measures to avoid the occurrence of lodging, usually regulators of growth, such as Trinexapac-ethyl, which is used in winter cereals and promotes a marked reduction of stem length, consequently the height of plants. With the objective of evaluating the effect of different growth regulator application times and their influence on grain yield and industrial quality, four experiments were carried out, differing by cultivar and year of cultivation, at Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, In Ponta Grossa, PR, Campos Gerais, in the year 2013, with replication in 2014. The experimental design used for each cultivar (Gralha Azul and BRS-Pardela) was a randomized complete block with 4 treatments and 4 replications. The treatments consisted of four periods of application of the regulator, in the tillering, between the 1st and 2nd node perceptible, between the 2nd and 3rd node and control. The cultivation system used was no-till in the straw, and soybeans were the predecessor crop in the two years of research. In the anthesis phase, the number of tillers was evaluated; Length and width of the leaves, height and length of internodes of the mother plant. At physiological maturity, the number of ears per meter and spikelets per ear were evaluated; The number of grains per spike; The mass of a thousand grains and the apparent harvest index. When the grains reached the harvest point, yield and lodging index were estimated. From the harvested grains, the hectolitic weight (PH) and Fall Number (NQ) were determined. Based on the results, it can be concluded that the different times of application of the growth regulator do not affect the yield, PH and NQ. More studies need to be done with other doses and later applications at other sites, as the response also seems to be related to the cultivar and environmental conditions.

Key words: *Triticum aestivum* L.; Trinexapac-ethyl; Industrial quality; Hectoliter weight; Falling Number.

6.1 INTRODUÇÃO

O trigo é um dos cereais mais importantes a nível mundial e é um alimento básico para cerca de um terço da população do mundo (HUSSAIN et al., 2002), fornecendo mais proteína do que qualquer outro cereal (IQTIDAR; MUHAMMAD; EJAZ, 2006). O desafio global para a cadeia de produção do trigo é aumentar a produtividade de grãos e a qualidade industrial (TILMAN et al., 2002).

A produtividade e a qualidade do trigo podem ser comprometidas por diversos fatores que a cultura sofre no campo, como modo de cultivo, manejo, acamamento e condições de clima e solo.

O acamamento é um dos fatores que podem limitar a produção de grãos de trigo de modo expressivo, afetando o uso eficiente de carboidratos e sua translocação para os grãos e quanto mais cedo ocorrer, maior será a redução da produtividade e da qualidade de grãos (RODRIGUES et al., 2003; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Quando o acamamento ocorre no estágio de maturação fisiológica dos grãos, esses iniciam o processo de germinação na espiga, principalmente quando ocorrem chuvas na colheita, aumentando a respiração e diminuindo sua massa (ZAGONEL; FERNANDES, 2007) com redução da qualidade industrial. Essas perdas são decorrentes de mudanças nas propriedades físicas, na composição química, no poder germinativo e nas propriedades tecnológicas do trigo (CUNHA; PIRES, 2004). As alterações podem alcançar níveis que levam ao rebaixamento da classificação do trigo, pois segundo a legislação brasileira, o trigo para moagem deve apresentar padrões mínimos para PH, Número de queda, força de glúten e estabilidade para a tipificação em trigo Tipo 1, 2 e 3, e classificação como melhorador, pão, doméstico ou básico (BRASIL, 2010).

A descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas e os benefícios promovidos por estas substâncias, tem contribuído para solucionar problemas do sistema de produção, como o acamamento na cultura do trigo, e melhorar a produtividade e a qualidade das culturas. O uso dos reguladores na agricultura tem mostrado grande potencial no aumento da produtividade, embora sua utilização ainda não seja uma prática rotineira em culturas que não atingiram alto nível tecnológico (VIEIRA; CASTRO, 2001).

Para evitar a ocorrência do acamamento, o qual afeta negativamente a qualidade industrial do trigo, geralmente aplicam-se reguladores de crescimento, como o Trinexapac-ethyl, que é um regulador de crescimento utilizado em cereais de inverno e que promove redução acentuada do comprimento do caule, com redução da estatura de plantas (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Essa redução acontece através da redução da elongação 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).

As alterações na morfologia e na partição de fotoassimilados causadas pelo regulador de crescimento podem modificar não só o rendimento de grãos, como também afetar a qualidade industrial e tipificação dos grãos de trigo, devido a alterações nas características químicas e físicas da planta (SHEKOOFA; EMAM, 2008).

Um fator de muita importância e que merece atenção com relação aos reguladores de crescimento é a época de aplicação, visto que as aplicações realizadas em estádios de crescimento anteriores ao recomendado (entre o primeiro e o segundo nó perceptível) apresentam pouco efeito sobre a estatura das plantas, pois a atuação do regulador vai ocorrer principalmente nos primeiros entrenós, que já são curtos por natureza. Já as aplicações tardias têm efeito sobre os entrenós superiores e mais longos, diminuindo sensivelmente o tamanho das plantas, podendo retardar o espigamento e diminuir a produtividade de grãos (RODRIGUES et al., 2003; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

O uso do Trinexapac-ethyl pode influenciar a qualidade industrial do trigo e a tipificação dos grãos, que é composta por parâmetros físicos como peso do hectolitro e Número de queda, entre outros (GUARIENTI, 1996). No entanto, o efeito do Trinexapac-ethyl na qualidade do trigo e tipificação foi pouco estudado. Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar se o uso do Trinexapac-ethyl aplicado em diferentes épocas afeta características agronômicas, componentes do rendimento, produtividade e qualidade industrial de duas cultivares de trigo.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Quatro experimentos, diferindo pela cultivar e ano de cultivo, foram instalados na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no município de Ponta Grossa, PR, região Campos Gerais, localizado a 25°5'49" de latitude sul, 50°3'11" de longitude leste e altitude de 1.025 m.

O clima no local, segundo Köppen é classificado como Cfb, clima subtropical, com verões frescos, sem estação seca definida e temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C e no mês mais quente abaixo de 22°C. A precipitação média anual é de 1.600 a 1.800mm. Os dados climatológicos referentes ao período de condução dos experimentos nos anos 2013 e 2014 são apresentados no Anexo 1.

O solo é um Cambissolo Háplico Tb distrófico típico, de textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006). Os atributos químicos e físicos do solo das áreas dos experimentos estão descritos no Anexo II.

O delineamento experimental utilizado para cada cultivar (Gralha Azul e BRS-Pardela), foi de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições. As parcelas apresentaram área total de 18m², com 6m de comprimento por 3m de largura e área útil de 5 x 2m.

A cultivar BRS Gralha-Azul é um trigo da classe Pão/Melhorador apto para um mercado cada vez mais exigente em farinha para a fabricação do tradicional pão "francês". Além de produtivo, o trigo BRS Gralha-Azul apresenta estabilidade para qualidade tecnológica, boa resistência à germinação pré-colheita, garantindo a qualidade do grão, e boa resistência a doenças. Possui moderada resistência à Ferrugem da folha, Oídio, Manchas foliares, Vírus do mosaico comum do trigo e ao Vírus do nanismo amarelo da cevada. As regiões de adaptação são partes de Santa Catarina, do Paraná, de São Paulo e do Mato Grosso do Sul. Possui ciclo médio de 124 dias e altura média de 83 cm, dependendo das condições edafoclimáticas locais.

A cultivar de trigo BRS-Pardela apresenta excelente qualidade de panificação, ampla adaptação, boa sanidade geral e moderada resistência à debulha natural. Pertence a classe comercial "trigo melhorador". Apresenta ciclo médio de 122 dias, altura média de 79 cm, resistência à Ferrugem do colmo e ao Oídio, e moderada resistência à Ferrugem da folha, Brusone e Vírus do nanismo amarelo da cevada. Sua

área de adaptação são algumas regiões de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e do Mato Grosso do Sul, dependendo das condições edafoclimáticas locais.

Os tratamentos constaram de três épocas de aplicação do Trinexapac-ethyl e sem aplicação. As épocas de aplicação foram, no perfilhamento, entre o 1° e o 2° nó perceptível e entre o 2° e o 3° nó perceptível. A dose utilizada de 125 g ha⁻¹ de Trinexapac-ethyl, correspondente a 500 ml ha⁻¹ do produto de nome comercial “Moddus”, conforme recomendação da empresa fabricante.

O sistema de cultivo utilizado foi o plantio direto na palha, sendo a soja a cultura antecessora nos dois anos de pesquisa. A semeadura do trigo foi realizada no dia 12 de junho de 2013 e no dia 23 de junho em 2014. Em 2013 a emergência ocorreu no dia 22 de junho e no ano seguinte no dia 02 de julho. A colheita em 2013 foi realizada no dia 05 de novembro e em 2014 no dia 08 de novembro.

A adubação de base foi efetuada no momento da semeadura, com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ da formulação comercial 08-30-10. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada com dose de 100 kg ha⁻¹ na forma de nitrogênio (222 kg ha⁻¹ de uréia). A densidade de semeadura foi de 300 sementes.m⁻².

Os tratos culturais realizados foram os mesmos nos anos de 2013 e 2014. Foi efetuado o tratamento das sementes com a mistura pronta de 45 g ha⁻¹ imidacloprido + 135 g ha⁻¹ tiodicarbe e 45 g ha⁻¹ difenoconazol.

O controle de doenças foi feito com duas aplicações de 60 g ha⁻¹ trifloxistrobina + 120 g ha⁻¹ tebuconazol adicionado de óleo metilado de soja a 0,25% v v⁻¹, sendo a primeira feita aos 30 dias após a emergência (DAE) e a segunda 15 dias após a primeira. Aos 55 DAE foram aplicados 60 g ha⁻¹ azoxistrobina + 24 g ha⁻¹ ciproconazol. Aos 80 DAE foram aplicados 75 g ha⁻¹ trifloxistrobina + 87,5 g ha⁻¹ protioconazol adicionado de óleo metilado de soja a 0,25% v v⁻¹.

O controle de insetos foi realizado com duas aplicações de 62 g ha⁻¹ lambda-cialotrina + tiametoxam. Para o controle de plantas daninhas em pré-semeadura aplicou-se 720 g i.a. ha⁻¹ de glifosato aos 10 dias antes da semeadura. Em pós-emergência, o controle das plantas daninhas foi realizado com 4,2 g i.a. ha⁻¹ de metsulfuron-metílico adicionado de óleo mineral a 0,5% v v⁻¹, aos 43 DAE.

Na fase de antese foram avaliados, em 10 plantas por parcela selecionadas aleatoriamente, as seguintes características morfológicas: número de perfilhos; comprimento e largura da folha bandeira, comprimento e largura das duas folhas abaixo da folha bandeira (bandeira-1 e bandeira-2, respectivamente), estatura

da planta mãe e comprimento do 1º-2º, 2º-3º e do 3º-4º entrenós com auxílio de régua milimétrica. Na mesma época foi realizada a avaliação do número de plantas por metro quadrado, através da contagem das plantas em dois metros lineares, em cada parcela.

Quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica foi efetuada a colheita manual das plantas. Na ocasião foi feita também a coleta de todas as plantas contidas em um metro de fileira para a avaliação dos componentes de rendimento. Dessas plantas foi avaliado o número de espigas por metro, espiguetas por espigas, o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos (MMG), através de 400 grãos.

Das plantas coletadas em um metro de fileira, foram amostradas 10, a fim de determinar o índice de colheita aparente (ICA). Para tanto, grãos, colmos, folhas e ráquis foram secos em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 65 °C por 48 horas. O ICA foi determinado pela divisão entre os valores obtidos da massa de grãos e o valor da fitomassa total acima do solo, de acordo com a fórmula:

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

A produtividade foi determinada pela pesagem da produção da área útil de cada parcela, sendo acrescido o material utilizado para a determinação dos componentes de rendimento, tendo sua umidade corrigida para 13% e o valor transformado em quilogramas por hectare.

Quando os grãos atingiram o ponto de colheita foi estimado também o acamamento para cada parcela, usando o cálculo do índice de acamamento Belga (IA), descrito em Moes e Stobbe (1991).

$$\text{IA} = S \times I \times 0,$$

Onde: S= área de superfície acamada; (1= sem acamamento, 9= totalmente acamada). I= intensidade do acamamento; (1= plantas na vertical, 5= plantas na horizontal).

A determinação do peso hectolítrico – PH (kg hL⁻¹) foi através de uma balança da marca Dallemolle no Laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual de Ponta Grossa e o Número de queda (segundos) foi medido na empresa CONAB por um equipamento da marca Perten, modelo FN 1700.

Para a avaliação do Número de queda, os grãos de cada genótipo foram moídos em moinho apropriado (Perten Mill 3100) e 7,0 g de farinha integral

foram adicionados a 25 mL de água, colocados no tubo viscométrico e imersos em banho-maria a 100 °C, no equipamento para agitação e posterior leitura do valor de número de queda em segundos, conforme Guarienti e Miranda (2004).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativas, as diferenças entre as médias das épocas de aplicação do regulador de crescimento foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado acamamento de plantas em ambos os anos e em ambas as cultivares (Tabela 40). Devido a seu modo de ação, o Trinexapac-ethyl é utilizado na cultura do trigo para reduzir a estatura das plantas, evitando o acamamento (NASCIMENTO et al., 2009; ESPINDULA et al., 2009). A redução da suscetibilidade da cultura ao acamamento se deve ao encurtamento dos entrenós aliado a maior densidade dos tecidos o que proporciona melhor rigidez ao caule (FERNANDES, 2009; ESPINDULA et al., 2009). Entretanto, esse resultado não pode ser observado no presente trabalho, visto que não ocorreu acamamento das plantas, possivelmente pelas condições ambientais amenas durante o desenvolvimento da cultura.

Tabela 40 – Índice de acamamento de plantas (IA) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
Perfilhamento	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
1º-2º nó	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
2º-3º nó	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
Média	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C.V(%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

Em 2013 e 2014, nas duas cultivares, e na média das mesmas, o número de plantas por metro quadrado não variou entre os tratamentos, por óbvio, visto que os tratamentos foram aplicados apenas depois do estabelecimento do estande (Tabela 41).

Tabela 41 – Número de plantas por metro quadrado das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	263,2 a	293,3 a	348,4 a	370,4 a	278,2 a	359,4 a
Perfilhamento	269,0 a	243,3 a	387,3 a	326,3 a	256,2 a	356,8 a
1º-2º nó	377,1 a	294,0 a	356,5 a	343,1 a	335,6 a	349,8 a
2º-3º nó	338,1 a	265,3 a	349,9 a	326,3 a	301,8 a	338,1 a
Média	311,9	274,0	360,5	341,5	293,0	351,0
C.V(%)	20,0	19,6	6,4	8,2	17,5	6,2

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

A estatura de plantas de trigo variou em função das épocas de aplicação do regulador de crescimento, nos dois anos de cultivo em ambas as cultivares e na média das mesmas. No ano de 2013, o Trinexapac-ethyl aplicado entre o 1º e o 2º e entre o 2º e o 3º nó perceptível, reduziu significativamente a estatura em relação a testemunha para a cultivar Gralha Azul, e entre o 2º e o 3º nó perceptível para a cultivar BRS-Pardela (Tabela 42). No ano de 2014, nas duas cultivares, o tratamento que reduziu acentuadamente a estatura em relação a testemunha foi a aplicação entre o 2º e o 3º nó perceptível (Tabela 42). Em relação aos valores observados para as médias das cultivares, o Trinexapac-ethyl aplicado entre o 1º e o 2º e entre o 2º e o 3º nó reduziu significativamente a estatura em relação a testemunha em 2013. Já em 2014, apenas a aplicação entre o 2º e o 3º nó perceptível foi eficiente em reduzir a estatura das plantas.

Diversos estudos já comprovaram a eficiência do Trinexapac-ethyl na redução da estatura de plantas de trigo, independente da cultivar utilizada (DAI; WIERSMA, 2011; ESPINDULA et al., 2010; MARCHESE et al., 2016; MATYSIAK, 2006; PENCKOWSKI et al., 2009; STEFEN et al., 2014; ZAGONEL et al., 2002; WIERSMA et al., 2010), demonstrando que é efetivo em reduzir essa característica. Entretanto, como observado no presente estudo, quando é aplicado no perfilhamento, ou até mesmo entre o 1º e o 2º nó, a redução da estatura não é tão expressiva, visto que o Trinexapac-ethyl vai atuar em entrenós que já são curtos por natureza. Para Penckowski e Fernandes (2010), o Trinexapac-ethyl reduz a estatura das plantas e o acamamento, independentemente da época de aplicação, mas como observado na Tabela 45, as aplicações mais tardias reduzem de forma mais acentuada a estatura das plantas.

Grijalva-Contreras et al. (2012) também verificaram variação da estatura de plantas em função de diferentes épocas de aplicação do regulador. Quando a aplicação foi realizada no segundo nó ocorreu maior redução de estatura da planta (26,1%), enquanto que a aplicação no primeiro nó e na folha bandeira, a redução da estatura da planta foi de 21,1% e 6,1%, respectivamente.

A provável causa da redução da estatura, como observado no presente estudo, ocorre através da redução da elongação celular no estágio vegetativo, causada pela queda do nível do ácido giberélico ativo (GA1) que é um dos responsáveis pelo crescimento das plantas (RADEMACHER, 2000; WEILER; ADAMS, 1991).

Pagliosa et al. (2013) não verificaram efeito do regulador de crescimento sobre a estatura das plantas em caso de restrição hídrica. Nessa condição de menor disponibilidade hídrica ocorre redução da eficiência desse regulador (CUNHA; CAIERÃO, 2014; RADEMACHER, 2015), visto que as plantas já apresentam um menor crescimento da parte aérea. Isso não foi observado no presente estudo, uma vez que as chuvas foram regulares na época das aplicações (Anexo I).

Tabela 42 – Estatura de plantas de trigo (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	80,4 a	88,1 a	75,8 a	82,1 a	84,3 a	78,9 a
Perfilhamento	79,1 ab	83,7 a	75,6 a	80,3 ab	81,4 ab	77,9 a
1º-2º nó	73,7 b	78,6 ab	68,2 ab	73,4 ab	76,2 b	70,8 ab
2º-3º nó	63,7 c	69,5 b	64,6 b	66,7 b	66,6 c	65,6 b
Média	74,2	80,0	71,1	75,6	77,1	73,3
C.V(%)	3,5	6,8	5,2	9,2	3,4	5,4

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

O número de perfilhos por planta não variou em ambas as cultivares e nos dois anos de estudo e também na média das cultivares (Tabela 43). É importante destacar que as aplicações do Trinexapac-ethyl foram iniciadas no final de perfilhamento, quando esses já estavam emitidos. Portanto, a não variação do número de perfilhos indica que o Trinexapac-ethyl não afeta a sobrevivências dos perfilhos, dados que corroboram com os de Fioreze (2011), que verificou que a aplicação do

regulador não afetou o número de perfilhos por metro quadrado e a sobrevivência dos mesmos.

Na Argentina Lozano; Leaden e Colabelli (2002) observaram que as aplicações de Trinexapac-ethyl no primeiro a terceiro nó visível provocaram mudanças na densidade de espigas, promovido pelo maior desenvolvimento dos perfilhos. 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 em casa de vegetação, entretanto, quando o mesmo experimento foi instalado em condições de campo não apresentou diferenças para o número de perfilhos.

Alvarez et al., (2007) observaram que o regulador de crescimento aumentou o número de perfilhos por planta na cultura do arroz, os autores comentam que provavelmente isso ocorreu devido à redução na estatura da planta, resultando em um saldo maior de fotoassimilados, que pode ter ativado as gemas basais, levando a planta a perfilhar tardiamente.

Com a aplicação do Trinexapac-ethyl as plantas de trigo ficam com as folhas mais eretas e apresentam menor estatura, e com a maior penetração de luz pode ocorrer o estímulo ao desenvolvimento do perfilho. Entretanto, essa resposta não foi observada no presente trabalho.

Tabela 43 – Número de perfilhos por planta das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	2,4 a	2,2 a	0,5 a	0,5 a	2,3 a	0,5 a
Perfilhamento	2,2 a	2,7 a	0,5 a	0,5 a	2,4 a	0,5 a
1º-2º nó	2,0 a	2,1 a	0,5 a	0,4 a	2,1 a	0,5 a
2º-3º nó	2,0 a	2,1 a	0,4 a	0,7 a	2,0 a	0,6 a
Média	2,2	2,3	0,5	0,5	2,2	0,5
C.V(%)	13,1	28,0	42,7	60,4	15,0	28,54

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

A largura da folha bandeira não diferiu entre os tratamentos para as duas cultivares e na média das cultivares, em ambos os anos (Tabela 44). O comprimento de folha bandeira não foi alterado nas diferentes épocas de aplicação do Trinexapac-ethyl, em ambos os anos para as duas cultivares utilizadas (Tabela 48).

Já nas médias das cultivares, no ano de 2013, as aplicações realizadas entre o 1º e o 2º nó e entre o 2º e o 3º nó reduziram o comprimento da folha bandeira, mas não a largura (Tabelas 45 e 46).

O desenvolvimento reduzido da folha bandeira pode resultar em prejuízos ao desenvolvimento de grãos, considerando que este processo depende basicamente da quantidade de carboidratos acumulados até a antese e da taxa de assimilação de carbono na fase de pós antese (SIMMONS, 1987). No presente experimento, a aplicação do regulador de crescimento reduziu o comprimento da folha bandeira apenas na média das cultivares.

Fioreze e Rodrigues (2012) e Espindula et al. (2009) observaram que a aplicação de Trinexapac-ethyl resultou em decréscimo significativo no desenvolvimento da folha bandeira de plantas de trigo. Esse efeito de redução da área foliar pelo Trinexapac-ethyl se deve a ação de inibição do hormônio giberelina, juntamente com o hormônio auxina que são responsáveis pela expansão foliar das plantas, portanto, ocorre efeito antagônico entre a presença do composto e a área foliar da cultura (RADEMASCHER, 2015).

A largura e comprimento de folha bandeira -1 não foram alteradas com as diferentes épocas de aplicação do regulador de crescimento nos dois anos de estudos, para as duas cultivares de trigo, e na média das cultivares (Tabelas 47 e 48).

Em relação a largura da folha bandeira -2, não foram observadas diferenças entre as cultivares, no ano e na média das cultivares em 2014. Entretanto, para a média das cultivares no ano de 2013, a aplicação do regulador de crescimento no perfilhamento reduziu significativamente a largura da folha bandeira -2 (Tabela 49). O comprimento da folha bandeira -2 foi afetado pelas diferentes épocas de aplicação do regulador de crescimento, apenas no ano de 2013, para a cultivar Gralha Azul e também na média das cultivares, no mesmo ano, com redução de comprimento quando a aplicação foi realizada no perfilhamento (Tabela 50).

Baseado nos resultados acima, o regulador pode afetar o desenvolvimento das folhas, dependendo da época em que é aplicado, das condições climáticas e cultivar utilizada. Entretanto, estudos demonstram que apesar de ocorrer uma redução da área foliar das plantas de trigo, as folhas ficam mais eretas aumentando assim a incidência da radiação solar no dossel, sem afetar negativamente a produtividade (PENCKOWSKI; FERNANDES, 2010). No presente trabalho, de modo geral a largura das folhas foi pouco afetada pela aplicação do

regulador e o comprimento das folhas foi afetado somente no ano de 2013, indicando que se houve redução da área foliar (não avaliada) causada pelo Trinexapac-ethyl, essa ocorreria mais em função da redução do comprimento do que da largura das folhas

Tabela 44 – Largura da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	1,2 a	1,3 a	1,5 a	1,5 a	1,3 a	1,5 a
Perfilhamento	1,2 a	1,3 a	1,5 a	1,7 a	1,3 a	1,6 a
1º-2º nó	1,3 a	1,4 a	1,5 a	1,5 a	1,3 a	1,5 a
2º-3º nó	1,2 a	1,4 a	1,5 a	1,5 a	1,2 a	1,5 a
Média	1,2	1,4	1,5	1,6	1,3	1,5
C.V(%)	5,2	5,9	1,9	19,7	5,85	10,0

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

Tabela 45 – Comprimento da folha bandeira (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	28,2 a	22,3 a	26,9 a	22,3 a	25,3 a	24,6 a
Perfilhamento	24,0 a	19,3 a	28,0 a	21,3 a	21,7 a	24,6 a
1º-2º nó	25,7 a	22,4 a	27,5 a	22,2 a	24,0 ab	24,8 a
2º-3º nó	26,6 a	21,1 a	28,1 a	24,4 a	24,1 ab	26,2 a
Média	26,1	21,3	27,6	22,6	23,8	25,1
C.V(%)	8,3	9,8	7,0	9,5	6,3	3,6

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

Tabela 46 – Largura da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	0,8 a	1,0 a	1,2 a	1,2 a	0,9 a	1,2 a
Perfilhamento	0,9 a	0,9 a	1,2 a	1,2 a	0,9 a	1,2 a
1º-2º nó	0,9 a	1,0 a	1,2 a	1,2 a	0,9 a	1,2 a
2º-3º nó	0,9 a	1,0 a	1,2 a	1,2 a	0,9 a	1,2 a
Média	0,9	1,0	1,2	1,2	0,9	1,2
C.V(%)	7,7	10,5	3,6	4,4	6,9	2,5

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

Tabela 47 – Comprimento da folha bandeira -1 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	29,7 a	25,1 a	29,7 a	26,4 a	27,4 a	28,0 a
Perfilhamento	25,6 a	25,1 a	30,9 a	25,7 a	25,4 a	28,3 a
1º-2º nó	28,1 a	24,1 a	30,8 a	26,1 a	26,1 a	28,4 a
2º-3º nó	27,5 a	25,9 a	31,4 a	27,8 a	26,5 a	29,6 a
	27,7	25,1	30,7	26,5	26,4	28,6
C.V(%)	5,2	6,0	3,8	6,8	4,3	3,5

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

Tabela 48 – Largura da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	0,7 a	0,9 a	0,8 a	1,1 a	0,8 a	0,9 a
Perfilhamento	0,7 a	0,7 a	0,7 a	1,0 a	0,7 b	0,9 a
1º-2º nó	0,7 a	0,8 a	1,2 a	1,1 a	0,8 a	1,1 a
2º-3º nó	0,8 a	0,9 a	0,9 a	1,0 a	0,8 a	0,9 a
Média	0,7	0,8	0,9	1,1	0,8	1,0
C.V(%)	16,8	15,5	29,2	8,3	5,8	14,8

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

Tabela 49 – Comprimento da folha bandeira -2 (cm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	26,0 a	22,3 a	27,3 a	26,0 a	24,2 a	26,7 a
Perfilhamento	23,2 b	21,6 a	28,7 a	25,2 a	22,4 b	26,9 a
1º-2º nó	25,2 ab	23,4 a	28,7 a	25,2 a	24,3 a	26,9 a
2º-3º nó	25,1 ab	23,4 a	28,7 a	27,0 a	24,3 a	27,9 a
Média	24,9	22,7	28,4	25,9	23,8	27,1
C.V(%)	4,0	6,8	3,7	7,6	2,6	4,6

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

O diâmetro do colmo das plantas de trigo não variou com as aplicações do regulador de crescimento em diferentes épocas nas duas cultivares e

na média das mesmas, em ambos os anos (Tabela 50). Esses dados corroboram com os de Grijalva-Contreras et al. (2012), onde as aplicações de reguladores de crescimento não afetaram o diâmetro do colmo das plantas de trigo.

As plantas que apresentam menor diâmetro do colmo ficam mais suscetíveis ao acamamento, podendo ocorrer diminuição de produtividade e de qualidade dos grãos de trigo. Quando os colmos dobram ou quebram, ocorre a interrupção na translocação dos fotoassimilados, resultando em prejuízos na produtividade e qualidade de grãos (CRUZ et al., 2003), fato que não ocorreu no presente estudo.

Penckowski, Fernandes e Zagonel (2010) observaram que o diâmetro do colmo da cultivar Avante não foi influenciado pelo regulador de crescimento, independentemente da época de aplicação. Para a cultivar BRS 177, a aplicação do Trinexapac-ethyl reduziu a espessura do colmo, principalmente para aplicação entre o segundo e o terceiro nó perceptível, efeito esse contrário ao encontrado por Lozano, Leaden e Colabelli (2002), em que o uso do regulador promoveu o aumento do diâmetro do colmo.

Alguns autores comentam que muitas vezes não é observado aumento do diâmetro externo do colmo, mas sim pelo espessamento interno do mesmo, causado pelo aumento do número de feixes vasculares, difícil de se avaliar (LOZANO; LEADEN; COLABELLI, 2002; PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009). Esse espessamento interno do colmo e não exteriorizado pode ter ocorrido no presente trabalho.

Tabela 50 – Diâmetro do colmo da planta mãe (mm) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	3,4 a	3,1 a	3,5 a	3,5 a	3,1 a	3,5 a
Perfilhamento	3,3 a	3,0 a	3,5 a	3,5 a	3,2 a	3,5 a
1º-2º nó	3,3 a	3,3 a	3,5 a	3,4 a	3,5 a	3,4 a
2º-3º nó	3,1 a	3,0 a	4,1 a	3,5 a	3,1 a	3,8 a
Média	3,3	3,1	3,7	3,5	3,2	3,6
C.V(%)	7,9	6,4	22,9	5,1	10,3	11,5

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

O comprimento do 1º- 2º entrenó não variou com as épocas de aplicação do Trinexapac-ethyl. Já para os comprimentos do 2º- 3º e do 3º- 4º entrenós ocorreu diferença significativa entre os tratamentos (Tabelas 51, 52 e 53). As aplicações mais tardias promoveram uma maior redução do comprimento do 2º-3º e do 3º-4º entrenós, resultados que podem ser explicados devido às aplicações tardias afetarem o comprimento dos entrenós que se formam mais tarde e são mais longos. O menor comprimento dos entrenós mais longos confirmam os resultados obtidos para a estatura de planta, onde os menores valores de estatura foram observados para as aplicações mais tardias do Trinexapac-ethyl (Tabela 42).

Aplicações tardias reduzem sensivelmente o tamanho dos entrenós superiores, como o pedúnculo e podem retardar o espigamento (RODRIGUES et al., 2003). Assim, aplicações após o terceiro nó podem resultar em encurtamento acentuado do pedúnculo, fazendo com que a espiga fique retida na bainha da folha bandeira, o que resultará em problemas na antese e, conseqüentemente, na produtividade do trigo (PENCKOWSKI et al., 2009). Esses resultados não puderam ser observados, visto que as aplicações foram realizadas até o 2º e 3º nó perceptível.

Lozano e Leaden (2001), avaliando o Trinexapac-ethyl em cultivares de trigo e cevada em diferentes locais, concluíram que este regulador diminui de forma significativa o comprimento dos entrenós. Este resultado corrobora Zagonel e Fernandes (2007), Espindula et al. (2010) e os do presente estudo, em que o Trinexapac-ethyl foi efetivo na redução da estatura das plantas de trigo, especialmente nas aplicações mais tardias.

Tabela 51 – Comprimento do 1º-2º entrenó (cm) do colmo da planta mãe das cultivares de trigo Galha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Galha Azul	BRS-Pardela	Galha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	3,9 a	5,5 a	5,4 a	2,9 a	4,3 a	4,2 a
Perfilhamento	3,5 a	5,3 a	5,6 a	3,4 a	4,5 a	4,5 a
1º-2º nó	3,2 a	5,4 a	5,7 a	3,6 a	4,8 a	4,6 a
2º-3º nó	3,0 a	5,8 a	5,0 a	4,1 a	4,5 a	4,5 a
Média	3,4	5,5	5,4	3,5	4,5	4,5
C.V(%)	16,2	15,4	13,8	20,5	7,46	11,6

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

Tabela 52 – Comprimento do 2º-3º entrenó (cm) do colmo da planta mãe das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	7,5 a	11,8 a	12,7 a	14,4 a	9,5 a	13,5 a
Perfilhamento	7,3 a	10,9 ab	11,2 ab	14,5 a	9,2 a	12,9 a
1º-2º nó	7,2 a	10,6 ab	10,2 b	11,0 b	8,9 a	10,6 b
2º-3º nó	5,3 b	9,8 b	9,4 b	13,2 ab	8,6 a	11,3 b
Média	6,8	10,8	10,9	13,3	9,1	12,1
C.V(%)	9,5	8,5	8,5	8,1	6,8	5,5

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

Tabela 53 – Comprimento do 3º-4º entrenó (cm) do colmo da planta mãe das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	17,6 a	20,4 a	16,7 a	16,5 a	19,0 a	16,6 a
Perfilhamento	17,4 a	18,6 a	16,6 a	16,3 a	18,0 a	15,9 a
1º-2º nó	16,5 ab	18,8 a	15,4 ab	14,7 ab	17,6 ab	15,6 a
2º-3º nó	16,1 b	15,9 ab	14,1 b	12,7 b	16,1 b	13,4 b
Média	16,9	18,4	15,7	15,1	17,7	15,4
C.V(%)	7,8	4,8	7,8	11,0	4,9	6,9

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

O número de espigas por metro não variou entre os tratamentos com a utilização de regulador de crescimento, independente da época da aplicação, ano e cultivar (Tabela 54). Grijalva-Contreras et al. (2012) também não observaram diferenças no número de espigas por metro com a aplicação do regulador de crescimento. O número de espigas por metro está diretamente relacionado com o número de plantas emergidas e o número de perfilhos por planta, os quais são afetados principalmente pela densidade de semeadura. Ressalta-se que as aplicações dos reguladores foram realizadas após o final do perfilhamento, onde o estande e o número de perfilhos já estavam definidos e como o estande era similar entre os tratamentos não houve variação do número de espigas.

Os dados de Penckowski et al. (2010) corroboram com os do presente estudo, onde os autores observaram que o estande, o número de espigas por metro quadrado e a massa de mil grãos não foram influenciados pela época de aplicação do Trinexapac-ethyl, independente da cultivar. Zagonel e Fernandes (2007) também não

observaram efeito do Trinexapac-ethyl sobre o número de espigas por metro quadrado em três cultivares de trigo.

Zagonel, Venâncio e Tanamati (2002) verificaram que a aplicação de Trinexapac-ethyl promoveu efeito positivo no número de espigas por metro. Essa diferença de respostas entre os trabalhos pode estar relacionada com a capacidade de perfilhamento de cada cultivar, sua interação com o regulador de crescimento e a época em que foi aplicado, visto que o desenvolvimento de perfilhos de trigo são dependentes das condições meteorológicas, da cultivar, do manejo e da condição nutricional da planta (ANJOS; NERY, 2005; VALÉRIO et al., 2009).

Tabela 54 – Número de espigas por metro das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	485,1 a	473,3 a	598,6 a	542,7 a	455,1 a	570,4 a
Perfilhamento	476,3 a	449,8 a	513,3 a	602,7 a	467,5 a	558,0 a
1º-2º nó	438,1 a	443,9 a	505,7 a	567,4 a	460,4 a	536,8 a
2º-3º nó	436,9 a	473,3 a	502,7 a	590,9 a	455,7 a	546,8 a
Média	459,1	460,1	530,1	575,9	459,7	553,0
C.V(%)	14,9	13,3	17,1	18,5	10,11	8,6

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

O número de espiguetas por espiga não diferiu entre os tratamentos nas duas cultivares, em ambos os anos e na média das cultivares (Tabela 55).

Degraf, Zagonel e Fernandes (2008), trabalhando com a cultivar de trigo Ônix, também não observaram efeito do Trinexapac-ethyl sobre o número de espiguetas por espiga, porém verificaram que o produto influenciou negativamente o número de grãos por espiguetas.

Tabela 55 – Número de espiguetas por espiga das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	17,3 a	15,6 a	16,9 a	16,0 a	16,5 a	16,5 a
Perfilhamento	16,7 a	15,2 a	16,6 a	16,3 a	16,0 a	16,4 a
1º-2º nó	16,7 a	16,2 a	16,2 a	16,2 a	16,4 a	16,2 a
2º-3º nó	16,6 a	16,2 a	16,0 a	16,2 a	16,5 a	16,1 a
Média	16,8	15,8	16,4	16,2	16,4	16,3
C.V(%)	3,5	5,7	5,3	5,5	3,29	4,5

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

O número de grãos por espiga não variou em função das épocas de aplicação do regulador de crescimento, independentemente da cultivar e ano (Tabela 56).

Grijalva-Contreras et al. (2012) observaram que a aplicação do Trinexapac-ethyl diminuiu o número de grãos por espiga com a aplicação em qualquer fase de crescimento. Com a aplicação no segundo nó a porcentagem de redução foi a mais alta (27,6%), enquanto no primeiro nó e na folha bandeira a porcentagem de redução foi de 18,2% e 10,4%, respectivamente. Resultado semelhante foi observado por Buzetti et al. (2006) que verificaram influência negativa da época de aplicação no número de grãos por espiga. Buzetti et al. (2006), também verificaram que a aplicação do regulador de crescimento diminuiu o comprimento da espiga e consequentemente número de grãos por espiga. Entretanto, essa resposta parece estar relacionada às condições em que o trigo se desenvolve e a cultivar utilizada, visto que no presente estudo não foram observados os mesmos resultados citados acima.

Tabela 56 – Número de grãos por espiga das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	26,9 a	22,5 a	42,6 a	37,9 a	23,1 a	40,2 a
Perfilhamento	25,8 a	19,3 a	42,9 a	35,0 a	23,1 a	40,3 a
1º-2º nó	23,8 a	21,7 a	40,2 a	35,7 a	22,3 a	38,0 a
2º-3º nó	22,8 a	16,6 a	37,7 a	36,5 a	21,2 a	37,1 a
Média	24,8	20,0	40,9	36,3	22,4	38,9
C.V(%)	23,8	13,9	6,2	8,0	14,22	6,4

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

A massa de mil grãos (MMG) não variou com as diferentes épocas de aplicação do Trinexapac-ethyl para as duas cultivares de trigo, nos anos de 2013 e 2014 e na média das cultivares (Tabela 57).

Segundo a Embrapa (2016), o valor médio da MMG para a cultivar BRS-Pardela e Gralha Azul é de 34g. No ano de 2013, a MMG foi inferior à média relatada pela pesquisa, em ambas as cultivares. No ano de 2014, para as duas cultivares a MMG foi ligeiramente superior. Essa diferença entre os anos está relacionada com as condições climáticas no desenvolvimento da planta de trigo, principalmente na fase de enchimento de grãos.

Entretanto, há estudos divergentes para a MMG, como o de Grijalva-Contreras et al. (2012) que observaram diminuição da MMG com a aplicação do Trinexapac-ethyl, em qualquer fase de crescimento. A maior redução foi observada quando foi aplicado na fase de desenvolvimento da folha bandeira e no segundo nó (7,6% e 7,4%). Guerreiro e Oliveira (2012) em aveia também verificaram redução da MMG com a aplicação do regulador. Espindula et al. (2010), avaliando a cultura de trigo, considerou que o menor enchimento de grãos observado nos tratamentos com Trinexapac-ethyl ocorreu devido à menor capacidade fotossintética das plantas, uma vez que estas apresentaram menor área foliar.

Nascimento et al. (2009), estudando diferentes épocas de aplicação do Trinexapac-ethyl observaram um aumento da MMG, que pode ser explicado pela redução da estatura das plantas e redistribuição dos fotoassimilados que seriam destinados à alongação das plantas e que foram destinados ao enchimento das espiguetas. Entretanto, esse resultado não foi observado no presente estudo, mesmo

com a redução da estatura de plantas (Tabela 42) e do comprimento e largura de folhas (Tabelas 47, 48, 49, 50, 51 e 52).

Tabela 57 – Massa de mil grãos (g) (MMG) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	31,2 a	34,4 a	38,7 a	39,0 a	32,3 a	38,8 a
Perfilhamento	30,1 a	33,4 a	36,9 a	39,8 a	32,3 a	38,3 a
1º-2º nó	27,9 a	30,3 a	39,6 a	39,7 a	27,9 a	39,6 a
2º-3º nó	25,5 a	31,0 a	39,7 a	38,6 a	29,5 a	39,2 a
Média	28,7	32,3	38,7	39,3	30,5	39,0
C.V(%)	12,1	16,9	6,0	2,5	11,93	3,3

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

A produtividade não variou em função dos tratamentos, nos dois anos de estudo e em ambas as cultivares (Tabela 58). Pagliosa et al. (2013) também não observaram diferenças na produtividade com a aplicação de Trinexapac-ethyl nas cultivares por eles avaliadas.

A produtividade em trigo é determinada por vários componentes, entre eles está o número de espigas por planta, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e MMG, dependendo diretamente dos fatores de origem genética, manejo e de ambiente (CRUZ et al., 2003). A resposta ou não dos componentes de rendimento ao regulador de crescimento podem estar relacionadas com fatores compensatórios, em que os componentes podem se relacionar de forma negativa, propiciando o acréscimo de uns e redução de outros (CÁNOVAS; TRINDADE, 2003), sendo a produtividade obtida pela melhor combinação dos componentes de rendimento (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010). No presente estudo, esses componentes não variaram com as diferentes épocas de aplicação do regulador de crescimento, refletindo os mesmos resultados na produtividade (Tabelas 51, 52, 53 e 54).

Existem relatos na literatura em que a aplicação de regulador de crescimento pode reduzir a produtividade da cultura do trigo, como os dados observados por Grijalva-Contreras et al. (2012), onde a aplicação na dose de 150 g a.i.ha⁻¹ diminuiu a produtividade nas quatro cultivares de trigo estudadas, quando aplicado em qualquer fase de crescimento (1º nó, 2º nó e na folha bandeira). A redução

na produtividade foi de 9,1%, 13,3% e 10,1%, quando o Trinexapac-ethyl foi aplicado no 1º nó, 2º nó e desenvolvimento da bandeira folha, respectivamente, em relação a testemunha. Em outro estudo foi observada uma diminuição da produtividade quando o regulador de crescimento foi aplicado em baixas doses (75 g a.i. ha⁻¹). É conveniente destacar que nesses estudos o regulador de crescimento foi aplicado em altas temperaturas, podendo ser tóxico para a cultura (SCHÜRCH, 2006), fato não observado no presente estudo, visto que as aplicações foram realizadas com temperaturas amenas. No entanto, são poucos os estudos que relatam diminuição da produtividade de grãos em trigo devido a utilização do regulador de crescimento, e quando essa ocorre, quase sempre está ligada a alta temperatura ou baixa precipitação pluvial.

A redução de produtividade pode ser observada também em situações em que a aplicação do regulador de crescimento é realizada após a época recomendada de aplicação. De acordo com Fagerness e Penner (1998), quanto mais tardia a aplicação do Trinexapac-ethyl, maior é a redução do comprimento do pedúnculo, já que o redutor atua de 14 a 21 dias na planta. Porém, se o encurtamento do pedúnculo for acentuado, a espiga, ou parte desta, fica retida na bainha da folha bandeira, interferindo na antese e na formação dos grãos, com efeitos diretos na produtividade (ZAGONEL; FERNANDES, 2007), fato não observado no presente estudo visto que o Trinexapac-ethyl foi aplicado em condições adequadas e até a época recomendada de aplicação.

Quando o regulador de crescimento é aplicado em condições adequadas pode ocorrer aumento na produtividade, como observados por outros pesquisadores que relatam um aumento de 40 a 50% na produtividade quando o Trinexapac-ethyl foi aplicado em diferentes doses e estádios de desenvolvimento do trigo (WIERSMA; BEVERLY; CAMERUM, 2005). Penckowski et al. (2010) observaram que apesar do número de espigas por m² e da MMG não terem sido influenciados pelo regulador, o seu uso promoveu aumento na produtividade de grãos da cultivar Avante, tanto para a aplicação entre primeiro e segundo nó como entre o segundo e o terceiro nó perceptível, mas não para a aplicação sequencial. Na cultivar BRS 177 o regulador não promoveu diferenças na produtividade de grãos.

O aumento da produtividade de grãos com o uso de reguladores de crescimento vem sendo observado por vários autores (BORM; BERG, 2008; MATYSIAK, 2006; ZAGONEL; FERNANDES, 2007), embora seu uso tenha como

objetivo a redução do acamamento. Penckowski e Fernandes (2010) atribuem esse aumento de produção pelo uso do Trinexapac-ethyl, às mudanças na arquitetura foliar das plantas, especialmente da angulação da folha bandeira, que fica mais ereta, proporcionando maior aproveitamento da radiação solar (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009; ZAGONEL; VENANCIO; KUNZ, 2002; ZAGONEL et al., 2002).

Baseado nos resultados acima, o regulador pode afetar o desenvolvimento e a angulação das folhas, dependendo da época em que é aplicado, das condições climáticas e da cultivar utilizada (Tabelas 43, 44, 45, 46, 47 e 48). Entretanto, estudos demonstram que apesar de ocorrer uma redução da área foliar das plantas de trigo, as folhas ficam mais eretas, aumentando assim a incidência da radiação solar no dossel, sem afetar negativamente a produtividade (PENCKOWSKI; FERNANDES, 2010), resultados que corroboram com os do presente estudo.

Tabela 58 – Produtividade ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	2.712 a	2.787 a	1.947 a	2.483 a	2.749 a	2.215 a
Perfilhamento	2.674 a	2.767 a	1.975 a	2.578 a	2.721 a	2.277 a
1º-2º nó	2.750 a	2.793 a	1.922 a	2.398 a	2.771 a	2.160 a
2º-3º nó	2.776 a	2.869 a	1.952 a	2.300 a	2.823 a	2.126 a
Média	2.728	2.804	1.949	2.440	2.766	2.195
C.V(%)	5,7	5,5	5,9	11,3	3,2	6,7

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

Os valores de índice de colheita aparente (ICA) variaram para as duas cultivares, nos dois anos de cultivo e na média das cultivares com as diferentes épocas de aplicação do regulador de crescimento (Tabela 59).

No ano de 2013, os maiores valores de ICA para a cultivar Gralha Azul foram para as aplicações do regulador de crescimento realizadas entre o 1º e o 2º nó e entre o 2º e o 3º nó perceptível. A BRS-Pardela apresentou os maiores valores em todas as épocas de aplicação do regulador de crescimento. Nas médias das cultivares o maior ICA pode ser observado para a aplicação realizada entre o 2º e o 3º nó perceptível.

Em 2014, a utilização do Trinexapac-ethyl promoveu maiores valores de ICA, em ambas as cultivares. Na média das mesmas, os tratamentos que

apresentaram maiores valores de ICA foram para as aplicações realizadas entre o 1º e o 2º nó e entre o 2º e o 3º nó perceptível.

Segundo a pesquisa, os valores de ICA para a cultura do trigo ficam em torno de 0,40 a 0,55 (AHMAD; HASSAN; JABRAN, 2007). Os valores encontrados para ICA foram baixos nos tratamentos que não continham aplicação de regulador de crescimento e também nas aplicações realizadas no perfilhamento e entre o 1º e o 2º nó perceptível. Quando foi realizada a aplicação entre o 2º e o 3º nó perceptível, o ICA se enquadrou dentro dos ideais para a cultura.

Como o ICA expressa a eficiência da alocação dos produtos da fotossíntese para as partes economicamente importantes da planta, os diferentes manejos usados na cultura de trigo podem promover variações, tanto positivamente como negativamente (DONALD; HAMBLIN, 1976; SCHUCH; NEDEL; ASSIS, 2000). No presente trabalho a aplicação do Trinexapac-ethyl promoveu melhor ICA. A testemunha apresentou menor índice de colheita, tendo assim convertido menor fotoassimilados em grãos. Os maiores valores de ICA confirmam os resultados obtidos para produtividade (Tabela 55), onde mesmo com a redução da estatura da planta (Tabela 39), a produtividade não foi afetada negativamente.

Tabela 59 – Índice de colheita aparente (%) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	32,6 b	30,0 b	31,7 b	31,7 b	31,3 c	31,7 c
Perfilhamento	33,3 b	34,3 ab	36,1 ab	37,0 a	33,8 bc	36,5 b
1º-2º nó	36,9 ab	34,9 ab	39,5 a	39,4 a	35,9 b	39,5 ab
2º-3º nó	39,3 a	41,6 a	40,2 a	40,8 a	40,5 a	40,5 a
Média	35,5	35,2	36,9	37,2	35,4	37,1
C.V(%)	16,3	21,2	5,5	6,1	10,9	4,3

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

Os valores de peso hectolitro (PH) das cultivares BRS-Pardela e Gralha Azul não foram influenciados com a aplicação do regulador de crescimento no ano de 2013. Em 2014 ambas as cultivares, e na média das mesmas, apresentaram maiores valores de PH quando o regulador de crescimento foi aplicado entre o 2º e o 3º nó perceptível. Ressalta-se que os valores de PH foram inferiores a 78, valor considerado para a classificação em Trigo do Tipo 1, para ambas as cultivares em

2013 e para BRS-Pardela em 2014, classificando os grãos como Trigo Tipo 2. A cultivar Gralha Azul em 2014 apresentou valores de PH superiores a 78 com classificação de Trigo Tipo 1.

Penckowski, Zagonel e Fernandes (2010) observaram que os valores de PH da cultivar Avante não sofreram influência do regulador de crescimento. Entretanto, para a cultivar BRS 177, o PH foi influenciado e os valores obtidos foram superiores ao da testemunha sem aplicação do regulador. Os autores comentam que o aumento no valor do PH na cultivar BRS 177, que é mais suscetível ao acamamento, foi resultado do menor acamamento, causado pela redução da estatura das plantas. Espidula et al. (2011) observaram que em doses mais baixas de Trinexapac-ethyl, ocorre um crescimento vegetativo excessivo, resultando em auto-sombreamento, concorrência para fotoassimilados (TRINDADE et al., 2006) e acamamento de plantas (BUZETTI et al., 2006), levando a menor PH e MMG devido ao enchimento de grãos pobres. Nardino et al. (2013) observaram que os valores de PH variaram entre as cultivares. As cultivares Abalone, BRS 327 e Fundacep Horizonte foram influenciadas negativamente. As demais cultivares estudadas (CD 114, BRS Guamirim e Quartzito) não foram influenciadas pelo uso do Trinexapac-ethyl.

Segundo STEFEN et al. (2015), o acamamento compromete a produtividade, os valores de PH e MMG, por limitar a fotossíntese e a translocação de fotoassimilados. Também pode ocorrer perdas por germinação ou deterioração dos grãos das plantas acamadas, pois estas ficam próximas ao solo, onde ocorre ambiente mais úmido e favorável a ocorrência destes processos, fato que não pode ser observado no presente estudo devido não ocorrência de acamamento durante o ciclo da cultura (Tabela 40).

Esses resultados contrastantes entre os autores, ou até mesmo, entre os anos no presente estudo, sugerem que os valores de PH são diretamente afetados pelas condições climáticas, manejo e cultivar utilizada e também pelo uso de regulador de crescimento.

Tabela 60 – Peso Hectolitro (kg hL⁻¹) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	74,4 a	74,5 a	78,1 b	74,3 b	74,4 a	76,2 b
Perfilhamento	74,9 a	75,0 a	78,9 b	74,4 b	75,0 a	76,1 b
1º-2º nó	74,4 a	74,3 a	78,1 b	74,3 b	74,3 a	76,2 b
2º-3º nó	75,6 a	76,0 a	79,2 a	76,5 a	75,6 a	77,8 a
Média	74,8	75,0	78,6	74,9	74,8	76,6
C.V(%)	1,7	1,9	0,6	1,1	1,1	0,6

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

Os valores de Número de queda (NQ) não variaram em função das diferentes épocas de aplicação do Trinexapac-ethyl, independente do ano e cultivar.

Os valores de NQ nos dois anos, para as duas cultivares, foram altos, quando comparados com a tabela de classificação fornecida pela Instrução Normativa nº38/2010 do MAPA, e atingem o valor para ser considerado Tipo melhorador. O trigo melhorador envolve os grãos de cultivares de trigo aptas para mesclas com grãos de cultivares de trigo brando, para fins de panificação, produção de massas alimentícias, biscoitos tipo "crackers" e pães industriais (como pão de forma e pão para hambúrguer).

Os resultados obtidos no presente estudo provavelmente são devidos as condições climáticas adequadas no final do ciclo da cultura e época de colheita, como também das cultivares Gralha Azul e BRS-Pardela, classificadas como moderadamente resistente e moderadamente tolerante à germinação na espiga, respectivamente (EMBRAPA, 2004), (Tabela 61).

Os dados de Penckowski, et al. (2010) corroboram com os do presente estudo, em que os autores verificaram que os valores de NQ não foram influenciados de forma substancial pela aplicação de Trinexapac-ethyl.

Mares e Mrva (2008) comentam que o NQ é influenciado tanto pelas condições ambientais como pela cultivar. Além disso, a resposta da planta ao ambiente varia em função da dormência da semente (regulada geneticamente) e de aspectos anatômicos (CUNHA; PIRES, 2004). Ao estudar tolerância à germinação pré-colheita, pesquisadores verificaram diferenças quanto ao resultado de NQ tanto para cultivares distintas plantadas no mesmo ano e local como também para a mesma

cultivar plantada no mesmo local, porém em anos diferentes (BIDDULPH et al., 2008; FELÍCIO et al., 2002).

Tabela 61 – Número de queda (segundos) das cultivares de trigo Gralha Azul e BRS-Pardela em função de épocas de aplicação do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Ponta Grossa, 2013 e 2014.

Regulador de Crescimento	Gralha Azul	BRS-Pardela	Gralha Azul	BRS-Pardela	Média das Cultivares	
	2013		2014		2013	2014
Testemunha	389,0 a	358,5 a	317,3 a	357,0 a	373,8 a	337,1 a
Perfilhamento	351,8 a	342,8 a	304,8 a	338,5 a	347,3 a	321,6 a
1º-2º nó	324,0 a	333,8 a	294,5 a	343,8 a	328,9 a	319,1 a
2º-3º nó	322,8 a	305,8 a	329,8 a	366,8 a	314,3 a	348,3 a
Média	346,9	335,2	311,6	351,5	341,1	331,5
C.V(%)	27,6	10,1	12,1	9,8	14,8	6,7

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; C.V(%): Coeficiente de variação.

No presente estudo, a aplicação do Trinexapac-ethyl na época recomendada, que segundo Zagonel e Fernandes (2007) é indicada por ocasião do aparecimento do primeiro e o segundo nó perceptível, foi eficiente em reduzir o comprimento dos entrenós e da estatura das plantas de trigo, não afetando a produtividade da cultura. Entretanto, como os autores relatam, essa recomendação é muito ampla e não leva em consideração as características peculiares de cada cultivar, que respondem de maneira diferencial em relação à dose do produto, e condições climáticas.

As respostas das cultivares às diferentes épocas de aplicação do regulador de crescimento para os valores de PH variaram, isso corrobora com a discussão acima, onde cada cultivar responde de maneira diferencial em relação ao produto e condições climáticas em que a cultura se desenvolve.

O Trinexapac-ethyl não afetou também os valores de Número de queda (NQ), o qual é um teste importante da qualidade industrial do trigo e está associado negativamente com a atividade da alfa-amilase, visto que com alta atividade da alfa-amilase ocorre produção de massas difíceis de processar e a pães mal estruturados e descoloridos. Os aumentos de alfa-amilase nos grãos ocorrem principalmente pela iniciação da germinação dos grãos.

A indução da síntese de enzimas alfa-amilase está relacionada principalmente com a disponibilidade do ácido giberélico (GA), produzido pelo eixo embrionário e difundido até o escutelo e a camada de aleurona, onde atua como

ativador primário da enzima (KIGEL; GALILI, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2000; CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004). Apesar de não ter sido observadas diferenças nos valores de NQ no presente estudo, o Trinexapac-ethyl por atuar no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002; RAJALA, 2003), pode inibir a germinação dos grãos de trigo em condições favoráveis para ocorrência, como altas precipitações no momento da colheita.

Como a aplicação do Trinexapac-ethyl no presente estudo foi realizada até entre o 2º e 3º nó perceptível e não ocorreu acamamento das plantas (Tabelas 37), associado às condições amenas no momento da colheita (Anexo I), os valores de NQ não variaram entre os tratamentos.

Outros estudos precisam ser realizados, visando a aplicação do Trinexapac-ethyl em épocas mais tardias do desenvolvimento do trigo, como no enchimento de grãos, analisando a viabilidade de melhora da qualidade industrial em épocas de alta umidade na maturação dos grãos de trigo.

6.4 CONCLUSÃO

A produtividade não foi afetada em função das diferentes épocas de aplicação do regulador de crescimento, independente da cultivar e ano de cultivo, mesmo com a redução da estatura e tamanho das folhas.

As épocas de aplicação do regulador de crescimento afetaram os valores de PH apenas em um ano de estudo nas duas cultivares utilizadas, demonstrando que a resposta está diretamente relacionada com a associação da aplicação do Trinexapac-ethyl, cultivar utilizada e condições climáticas.

Os valores de NQ não foram afetados com as diferentes épocas de aplicação do regulador de crescimento.

Os grãos de trigo no presente estudo estariam classificados como trigo Tipo 2 em 2013, mesmo com altos valores de NQ, não atingindo o maior valor pago pelo mercado. Em 2014, apenas uma cultivar estaria classificada como Tipo 1, com maior valor de PH observado na aplicação de Trinexapac-ethyl entre o 2º e 3º nó perceptível.

6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, R.; HASSAN, B.; JABRAN, K. Improving crop harvest index. **Down Group of Newspapers**, Ramazan, v.18, 2007.
- ALVES, A. C.; KIST, V. Composição da espiguetta de aveia branca (*Avena Sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1-4, p. 29-33, 2010.
- ANJOS, I. B.; NERY, J. T. Variáveis meteorológicas associadas ao rendimento de grãos no Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 1, p. 133-144, 2005.
- BIDDULPH, T. B. *et al.* Seasonal conditions influence dormancy and preharvest sprouting tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field. **Field Crops Research**, v. 107, n. 2, p. 116-128, 2008.
- BORM, G.E.L.; BERG, W. VAN DEN. Effects of the application rate and time of the growth regulator Trinexapac-ethyl in seed crops of *Lolium perenne* L. in relation to spring nitrogen rate. **Field Crops Research** 105(3):182-192, 2008.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 38, de 1 de dez. de 2010. **Parâmetros de classificação e identificação de trigo**. Diário Oficial da União, seção 1, pág.2. Brasília, 2010.
- BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, E.; MEIRA, F.A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de clomequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.1731-1737, 2006.
- CÁNOVAS, A. D.; TRINDADE, M. G. **Densidade de semeadura de trigo: uma questão de economia**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 54).
- CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre, 2004. p.149-162.
- CRUZ, P. J. et al. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 09, n. 01, p. 05-08, 2003.
- CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F. **Germinação pré-colheita em trigo**. Passo Fundo: Embrapa, 2004. 320 p.
- DAI, J.; WIERSMA, J.J. **Agronomic responses and lodging of three spring wheat cultivars to trinexipac-ethyl**. 2011. www.plantmanagementnetwork.org/cm/. Crop Manage. doi:10.1094/CM-2011-0517-01-RS
- 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**. The Netherlands: Kluwer Academic, 1987. p. 1-23.

DEGRAF, H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses de nitrogênio, regulador de crescimento e programas de controle de doenças afetando a cultivar de trigo Ônix. **Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 14, n. 2, p. 143-152, 2008.

DONALD, C. M.; HAMBLIN, J. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. **Advances in Agronomy** v.28: p.361-405. 1976

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

ESPINDULA M. C. et al. Rates of nitrogen and growth retardant Trinexapac-ethyl on wheat. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.12, p.2045-2052, dez, 2011

ESPINDULA, M. C. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo do colmo de trigo. **Acta Scientiarum Agronomy**., v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.

ESPINDULA, M. et al. Use of growth retardants in wheat. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2009.

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

FELÍCIO, J. C. et al. Rendimento e processo germinativo do grão na espiga de genótipos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 289-294, 2002.

FERNANDES, A. C. **População de plantas e regulador de crescimento afetando a produtividade de cultivares de trigo**. 2009. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa - PR, 2009.

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

FIOREZE, S.L.; RODRIGUES, J.D. Perfilamento do trigo em função da aplicação de regulador vegetal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.750-755, 2012.

GUARIENTI, E. M.; MIRANDA, M. Z. Determinação da germinação pré-colheita em trigo. IN: CUNHA, G. R. & PIRES, J.L.F. **Germinação pré-colheita em trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2004, P.291-308.

GRIJALVA-CONTRERAS, R.L. et al. Effects of trinexapac-ethyl on different wheat varieties under desert conditions of Mexico. **Agricultural Sciences**, v.3, p.658-662, 2012.

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

GUERREIRO R. M.; OLIVEIRA N.C. Produtividade de grãos de aveia branca submetida a doses de trinexapac-ethyl. Campo Digital: **Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v.7, n.1, p. 27-36, dez, 2012.

HECKMAN, N. L. et al. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, v. 42, n. 2, p. 423-427, 2002.

HUSSAIN, M.I., SHAH, S.H. Growth, yield and quality response of three wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties to different levels of N, P and K. **International Journal of Agriculture**.

IQTIDAR, H., MUHAMMAD, A.K., EJAZ, A.K., Bread wheat varieties as influenced by different nitrogen levels. **Journal Zhejiang University Science**, Zhejiang, v.7, n.1, p.70-78, 2006.

KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York, 1995. 491p.

LOZANO, C.M. AND LADEN, M.I. Effect of growth regulators on yield and height in two cultivars of wheat. In: **Congreso Nacional de Trigo**. 5 to Simposio Nacional de cereales de siembra, INTA, Argentina. 2001.

LOZANO, C.M.; LEADEN, M.I.; COLABELLI, M.N. **Efecto de Trinexapac ethyl sobre la morfología del tallo en dos cultivares de trigo**. Buenos Aires: INTA EEA Balcarce, 2002. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/5/MorfoldelTalloLeaden.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2006.

MARCHESE, J. A. et al. Efeito do trinexapac-etil associado a adubação nitrogenada elevada e parcelada na produtividade do trigo cultivar BRS-220. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v.9, n.1, p.105-111, 2016

MARES, D.; MRVA, K. Late-maturity α -amylase: low Número de queda in wheat in the absence of preharvest sprouting. **Journal of Cereal Science**, v. 47, n. 1, p. 6-17, 2008

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.

MOES, J.; STOBBE, E. H. Barley treated with ethephon: I. yield components and net grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, p. 86-90, 1991.

NAKAYAMA, K.; KAMIAY, Y.; KOBAYASHI, M.; ABE, H.; SAKURAI, A. Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cellfree systems derived from immature seeds. **Plant Cell Physiology**, v. 31, n. 8, p. 1183-1190, 1990.

NARDINO, M. et al. Resposta de cultivares de trigo a doses de nitrogênio e à aplicação de redutor de crescimento. **Current Agricultural Science and Technology** 19. 2013.

NASCIMENTO, V. et al. Uso do regulador de crescimento Etil-trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 921-929, 2009.

PAGLIOSA, E.E. et al . Trinexapac-ethyl e adubação nitrogenada na cultura do trigo. **Planta daninha**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 623-630, 2013 .

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

PENCKOWSKI, L.H.; FERNANDES, E.C. **Utilizando regulador de crescimento na cultura de trigo: aspectos importantes para garantir bons resultados**. 3.ed. Castro: Fundação ABC, 2010. 68p.

PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Qualidade industrial do trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1492-1499, Dec. 2010.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, n. 1, p. 501-531, 2000.

RADEMASCHER, W. Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulators**, v. 34, p. 845-872, 2015.

RAJALA, A. **Plant growth regulators to manipulate cereal growth in Northern growing conditions**. 2003. 53 f. Dissertation (Academic) – Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Helsinki, 2003.

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, v. 5, n. 93, p. 936-943, 2001.

RODRIGUES, O. et al. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18 p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico, 14).

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.305-312, 2000

SCHÜRCH, G.C. 2006 **Efecto de diferentes reguladores de crecimiento sobre la morfología y rendimiento de tres genotipos de trigo en la provincia de Bio-Bio**. Tesis., Universidad Austral de Chile, 44 p. 2006.

SHEKOOFA, A.; EMAM, Y. Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Tehran/Iran, v. 10, n. 2, p. 101-108, 2008.

SIMMONS, R.S. Growth, development, and physiology. In: Heyne, E.G. (Ed.). **Wheat and heat improvement**. Madison: Wisconsin, 1987. p.77-113.

STEFEN, D.L.V.; SOUZA, C.A.; COELHO, C.M.M.; GUTKOSKI, L.C.; SANGOI, L. A adubação nitrogenada durante o espigamento melhora a qualidade industrial do trigo (*Triticum aestivum* cv. Mirante) cultivado com regulador de crescimento etil-trinexapac **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 114, n. 2, p. 161-169, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. 719p.

TILMAN, D., CASSMAN, K.G., MATSON, P.A., NAYLOR, R., POLASKY, S., Agricultural sustain-ability and intensive production practices. **Nature**, London, v.418, p.671-677. 2002

TRINDADE, M. G. *et al.* Nitrogênio e água como fatores de produtividade do trigo no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 24-29, 2006.

VALÉRIO, I. P. *et al.* Seeding density in wheat genotypes as a function of tillering potential. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, n. 1, p. 28-39, 2009.

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

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

WIERSMA, J.J.; BEVERLY, R; CAMERUM, J.N. Efficacy and crop safety of Trinexapac-ethyl to reduce plant height and improve straw strength in spring wheat. **NCWSS Research Report**, 2005.

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

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S; KUNZ, R.P. Effect of growth regulators on wheat crop under different nitro-gen rates and plant density. **Planta Daninha**, 20, 471-476, 2002.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S; TANAMATI, M. Nitrogen doses and plant densities with and without a growth regulators affecting wheat, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa María, v.32, p.25-29, 2002.

ANEXO I - Temperaturas máximas e mínimas e precipitações ocorridas durante a condução dos experimentos. Ponta Grossa – PR, 2013 E 2014. Fonte: IAPAR

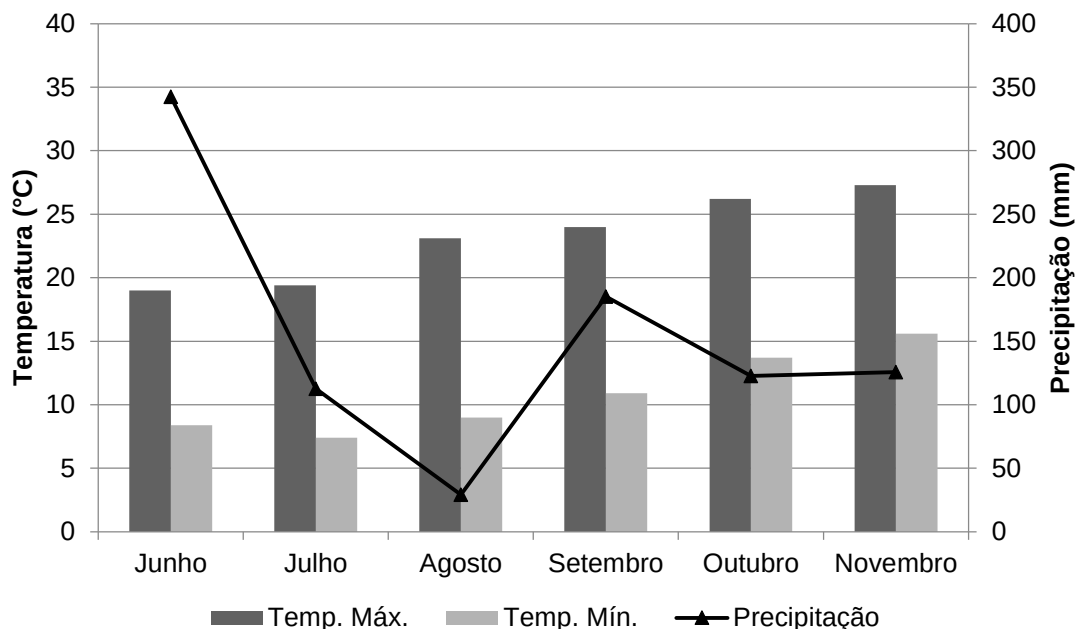


Figura 1 - Temperaturas máximas e mínimas e precipitações ocorridas durante a condução dos experimentos. Ponta Grossa – PR, 2013. Fonte: IAPAR

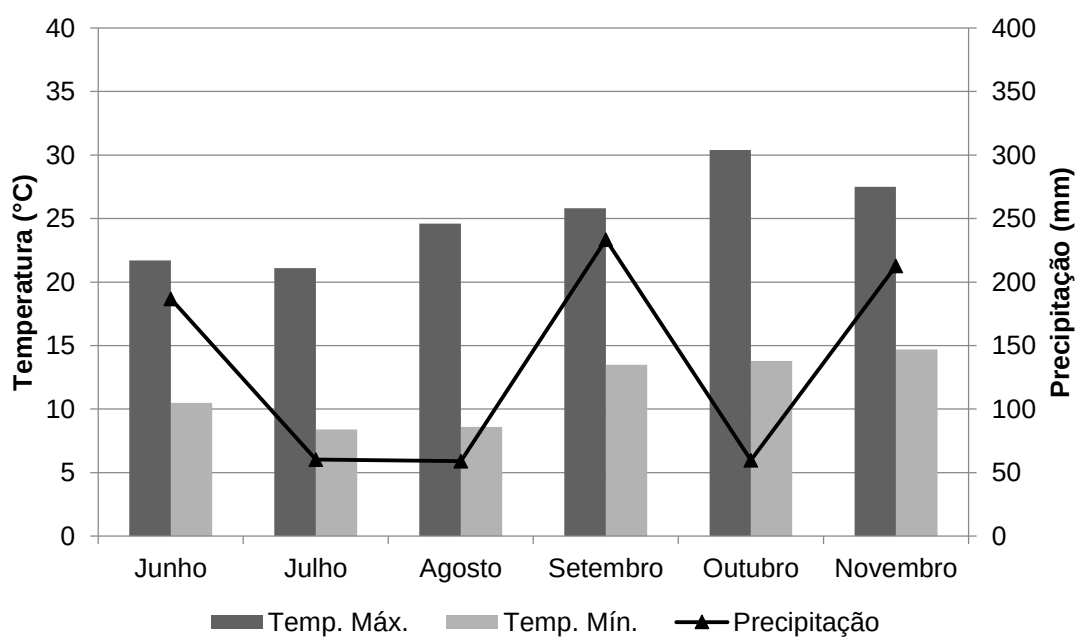


Figura 2 - Temperaturas máximas e mínimas e precipitações ocorridas durante a condução dos experimentos. Ponta Grossa – PR, 2014. Fonte: IAPAR.

ANEXO II - Atributos químicos e físicos do solo*. Ponta Grossa - PR, 2013 e 2014.

Ano	pH	P	C	CTC ¹	Ca	Mg	K	H + Al	Al ²	V ³	Argila	Silte	Areia
		mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³								%		
2013	5,4	12,4	27	12,27	4,2	2,2	0,52	5,35	0,0	56,4	46,0	17,9	36,1
2014		10,3	30	11,97	5,3	1,2	0,51	4,96	0,0	58,6	45,5	18,0	36,5

*Profundidade de 0-20 cm; ¹CTC= capacidade de troca catiônica do solo a pH 7,0; ²Al= saturação por alumínio; ³V= saturação por bases. Métodos de extração: pH= CaCl₂; H + Al= solução tampão SMP; Al, Ca e Mg trocáveis= KCl 1 mol.L⁻¹; P e K= Mehlich 1; C-orgânico= Walkley-Black.