

**DEIVID LUIS VIEIRA STEFEN**

**NITROGÊNIO EM COBERTURA E REDUTORES DE  
CRESCIMENTO NO RENDIMENTO DE GRÃOS E NA  
QUALIDADE INDUSTRIAL DOTRIGO**

Dissertação apresentada ao curso de  
Pós-Graduação em Produção Vegetal  
como requisito parcial para a obtenção  
do título de Mestre em Produção  
Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Clovis Arruda de  
Souza

**LAGES, SC  
2013**

S816n

Stefen, Deivid Luis Vieira.

Nitrogênio em cobertura e redutores de crescimento no rendimento de grãos e na qualidade industrial do trigo/ Deivid Luis Vieira Stefen. -2013.

112p. : il. ; 21 cm

Orientador: Clovis Arruda de Souza

Bibliografia: p. 103-112

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2013.

1. *Triticum aestivum* L.2. Retardantes de crescimento. 3. Nutrição de plantas. 4. Qualidade de farinha.5. Produtividade. I. Stefen, Deivid Luis Vieira. II. Souza, Clovis Arruda de. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

CDD: 633.11 - 20.ed.

**DEIVID LUIS VIEIRA STEFEN**

**NITROGÊNIO EM COBERTURA E REDUTORES DE  
CRESCIMENTO NO RENDIMENTO DE GRÃOS ENA  
QUALIDADE INDUSTRIAL DOTRIGO**

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Mestre em produção vegetal, Área de concentração: fisiologia e manejo de plantas, linha de pesquisa: estratégias fisiológicas e de manejo das plantas para aumentar o potencial produtivo de comunidades vegetais.

**Banca Examinadora**

Orientador/presidente: \_\_\_\_\_  
Dr. Clovis Arruda de Souza  
(UDESC/Lages - SC)

Co-orientadora: \_\_\_\_\_  
Dra. Cileide Maria Medeiros Coelho  
(UDESC/Lages - SC)

Membro: \_\_\_\_\_  
Dr. Leonardo Bianco de Carvalho  
(UDESC/Lages - SC)

Membro externo: \_\_\_\_\_  
Dr. Igor Pirez Valério  
(BIOTRIGO/Passo Fundo - RS)

**Lages, SC, 25/07/2013**



Dedico a minha esposa Francielle e  
aos meus pais que sempre estiveram  
ao meu lado em todos os momentos.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela vida!

Aos meus pais Luiz e Marlene pela educação, apoio e compreensão. Por me impulsionarem a buscar sempre mais e me esforçar para isso.

A minha esposa Francielle por sempre estar ao meu lado;

Aos meus irmãos Jhonata e Danielle e minha sobrinha Rafaela por fazerem parte da minha trajetória de vida;

Aos colegas que fiz durante a realização do curso, Marcio, Mariana, Adelina, Camila, Julhana, Rita, Marcelo, Paulo e o Jean.

Ao meu orientador Clovis Arruda de Souza pela ajuda incondicional, por todos os ensinamentos e pelas inúmeras horas que se dedicou ao meu trabalho.

Também agradeço a empresa BIOTRIGO e a Universidade de Passo Fundo – UPF pela pronta realização das análises laboratoriais de qualidade da farinha do trigo.

A UDESC pela oportunidade de realização do curso de graduação em Agronomia e de mestrado em Produção Vegetal.

Muito OBRIGADO a todas as pessoas que ajudaram a tornar essa dissertação realidade!





Que os vossos esforços desafiem as  
impossibilidades lembrai-vos de  
que as grandes coisas do homem  
foram conquistadas do que parecia  
impossível.

Charles Chaplin



## RESUMO

STEFEN, Deivid Luis Vieira. **Nitrogênio em cobertura e redutores de crescimento no rendimento de grãos e na qualidade industrial do trigo**. 2013, 112 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área de concentração: fisiologia e manejo de plantas) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias. Lages. 2013.

A falta de incentivo à produção, a pequena área cultivada e os baixos tetos produtivos são fatores que contribuem para o déficit anual na produção brasileira de trigo. O aumento da produção pode ser por aumento da área e/ou da produtividade de grãos. O uso de nitrogênio na cultura do trigo visa o aumento da produtividade, porém o excesso deste nutriente aliado ao clima (chuva e vento) pode favorecer a ocorrência de acamamento e diminuir o rendimento e a qualidade final dos grãos. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de nitrogênio em cobertura durante o estágio vegetativo e reprodutivo, associado ao uso prévio de redutores de crescimento sobre as características de altura de planta, produtividade e qualidade industrial do trigo, cultivar Mirante. O experimento foi conduzido em campo, na área experimental da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, em Lages SC, nos anos agrícolas 2011 e 2012. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Para altura de plantas e produtividade foram utilizados dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura (estádio vegetativo) e (estádio vegetativo+reprodutivo) associado ao uso prévio de seis redutores de crescimento. Para a qualidade industrial foi utilizado o nitrogênio em dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura (estádio vegetativo) e (estádio vegetativo+reprodutivo) associado ao uso prévio do redutor de crescimento etil-trinexapac. Em ambos os experimentos os redutores foram aplicados em duas doses (estádios 31 e 32 primeiro e segundo nós visíveis no colmo da planta) mais a testemunha. Os redutores utilizados foram: testemunha (sem redutor), cloreto de mepiquate (25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), cloreto de cloromequate (25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), cloreto de clorocolina (25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), etil-trinexapac (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>), proexadione-Ca (110 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e etefom (110 g i.a. ha<sup>-1</sup>); os quais foram aplicados via pulverizador costal

pressurizado com CO<sub>2</sub>, com uma vazão equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. O emprego dos redutores de crescimento reduziu a altura das plantas, sendo que o etil-trinexapac e o proexadione-Ca foram os que proporcionaram plantas de menor altura. O uso dos redutores de crescimento e da adubação nitrogenada no estágio vegetativo+reprodutivo não afetou o rendimento de grãos. O emprego do etil-trinexapac afetou positivamente a tenacidade, extensibilidade, relação tenacidade/extensibilidade e o número de queda. A aplicação de N na fase reprodutiva do trigo propiciou um aumento na extensibilidade, teor de proteína, glúten úmido, glúten seco e na força do glúten melhorando a qualidade industrial do trigo, entretanto a magnitude da resposta foi dependente do ano agrícola.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum* L., Retardantes de crescimento, Nutrição de plantas, Qualidade de farinha, Produtividade.

## ABSTRACT

STEFEN, Deivid Luis Vieira. **Effect of nitrogen and plant growth retardants on grain yield and industrial quality of wheat.** 2013. 112 p. Dissertation (Master in Plant Production –Research area: Physiology and plant management) - Santa Catarina State University. Post Graduate Program in Agricultural Sciences. Lages, 2013.

The lack of incentive to production, small crop area and low grain yield are the main factors to annual deficit in Brazilian wheat production. The production can be increased by the area and/or grain yield. The use of nitrogen in wheat can to increase grain yield, but the N excess associated to the weather (rain and wind) can lead the occurrence of lodging and negatively affect the yield and grain quality. Thus, the aim of this study was to evaluate the effects of nitrogen application during the grain filling, associated with the use of plant growth retardants on the characteristics of plant height, yield and industrial quality of wheat cultivar Mirante. The experiment was carried out under field conditions in the experimental area of the Santa Catarina State University - UDESC in Lages SC, in the 2011 and 2012 growing seasons. The experimental design was a randomized block with four replications. For plant height and yield were used two times of application of nitrogen (at vegetative and vegetative plus reproductive stages) associated with six- growth retardants. For industrial quality evaluations the nitrogen topdressing was used in two application times (at vegetative and vegetative plus reproductive stages) associated with etil-trinexapac retardant. In both experiments the retardants were applied in two doses (stages 31 and 32 first and second visible nodes in the main stem of the plant) plus the control. Treatments were: control (no retardant), mepiquat chloride (25 g a.i. ha<sup>-1</sup>), chlorocoline chloride (25 g a.i. ha<sup>-1</sup>), chlormequat chloride (25 g a.i. ha<sup>-1</sup>), etil-trinexapac (100 g a.i. ha<sup>-1</sup>), proexadione-Ca (110 g a.i. ha<sup>-1</sup>) and ethephon (110 g a.i. ha<sup>-1</sup>), which were applied by sprayer pressurized with CO<sub>2</sub> at a rate equivalent to 200 L ha<sup>-1</sup>. The use of growth retardant lead to shortest plant height, and the etil-trinexapac and proexadione-Ca were provided to lowest plant height. The use growth retardant plus nitrogen fertilization in the reproductive stage did not affect grain yield. The use of etil-trinexapac positively affected the tenacity, extensibility, extensibility and toughness over falling number.

Applying N at reproductive stage of wheat led to an increase in sedimentation, extensibility, protein content, wet gluten, dry gluten and gluten strength in improving the industrial quality of wheat; however the magnitude of the response was dependent manner of the environmental conditions in each crop year.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L, Plant growth retardant, Plant nutrition, Flour quality, Productivity.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 – Demonstração das propriedades da gliadina (extensibilidade) e glutenina (elasticidade).....	34
Figura 2 – Croqui do experimento no campo (a) safra 2011 e (b) safra 2012.....	46
Figura 3 – Dados climáticos de temperatura máxima, média e mínima e de chuva nos meses de julho a dezembro de 2011 (a) e de julho a dezembro de 2012 (b) no município de Lages. ....	71





## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Resumo da análise de variância, quadrado médio do resíduo referente à aplicação de nitrogênio (N) em cobertura e redutores de crescimento (R) em diferentes doses de aplicação para os caracteres altura de planta (Alt), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), grãos maiores que 1,75mm ( $G > 1,75$ ), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MMG), peso hectolitro (PH) e rendimento de grãos (RG) de trigo, cultivar Mirante. Lages – SC, safra 2011 e 2012. .... 49
- Tabela 2 – Altura de plantas de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC ..... 51
- Tabela 3 – Grãos maiores que 1,75 mm ( $G > 1,75$ ), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC. .... 53
- Tabela 4 – Altura de plantas, grãos maiores que 1,75 mm ( $G > 1,75$ ), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MMG), peso hectolitro (PH) e rendimento de grãos (RG) de trigo cv. Mirante em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura. Safra 2011 e 2012, Lages, SC. .... 54
- Tabela 5 – Número de espiguetas por espiga (NEE), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC. .... 56
- Tabela 6 – Número de grãos por espiga (NGE), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC. .... 58

- Tabela 7 – Massa de grãos por espiga (MGE), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC. .... 60
- Tabela 8 – Massa de mil grãos (MMG), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC. .... 62
- Tabela 9 – Peso hectolitro (PH), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC. .... 64
- Tabela 10 – Rendimento de grãos (RG), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC. .... 66
- Tabela 11 – Correlação de Spearman entre as variáveis estudadas Altura de plantas (Altura), grãos maiores que 1,75 mm ( $G > 1.75$ ), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MMG), peso hectolitro (PH) e rendimento de grãos (RG) de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação, Lages – SC. .... 68
- Tabela 12 – Altura de plantas, grãos maiores que 1,75 mm ( $G > 1.75$ ), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MMG), peso hectolitro (PH) e rendimento de grãos (RG) de trigo cv. Mirante. Safra 2011 e 2012, Lages, SC. .... 70
- Tabela 13 – Resumo da análise de variância, quadrado médio do resíduo referente à aplicação de nitrogênio (N) em cobertura associado ao redutor de crescimento (R) etil-trinexapac em diferentes doses de aplicação para os caracteres tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade extensibilidade (P/L), força do glúten (W), número de queda (NQ), glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e teor de proteína (TP) de trigo, cultivar Mirante. Lages – SC, safra 2011 e 2012. .... 81

Tabela 14 – Tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade / extensibilidade (P/L) e número de queda (NQ) da farinha de trigo (cv. Mirante) em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e do redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação, em Lages – SC. ....	89
Tabela 15 – Teor de proteína (TP), glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e força do glúten (W) em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e do redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação, Lages – SC. ....	89
Tabela 16 – Teor de proteína (TP), glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e força do glúten (W) em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura em dois anos agrícolas, Lages – SC. ....	91
Tabela 17 – Tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade/ extensibilidade (P/L) e número de queda (NQ) em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura em dois anos agrícolas, Lages – SC. ....	92
Tabela 18 – Tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e número de queda (NQ) em função do redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação, em Lages – SC. ....	93
Tabela 19 – Teor de proteína (TP), glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e força do glúten (W) em função do redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação, Lages – SC. .	94
Tabela 20 – Correlação de Spearman entre as variáveis estudadas teor de proteína (TP), glúten úmido (GU), glúten seco (GS), força do glúten (W), tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e número de queda (NQ) de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e do redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação, Lages – SC. ....	95



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

cv	Cultivar
GA	Ácido giberélico
gha <sup>-1</sup>	Gramas por hectare
G>1.75	Grãos maiores que 1,75 milímetros
GU	Glúten úmido
GS	Glúten seco
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
J	Joule
kgha <sup>-1</sup>	Quilograma por hectare
kg hL <sup>-1</sup>	Quilograma por hectolitro
L	Extensibilidade
L ha <sup>-1</sup>	Litros por hectare
MGE	Massa de grãos por espiga
MMG	Massa de mil grãos
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
mm	Milímetro
N	Nitrogênio
NEE	Número de espiguetas por espiga
NGE	Número de grãos por espigas
NQ	Número de queda
PH	Peso hectolitro
P	Tenacidade
P/L	Relação tenacidade/extensibilidade
RG	Rendimento de grãos
s	Segundos
TP	Teor de proteína
W	Força do glúten



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>25</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>29</b>
2.1 COMPONENTES DA PRODUÇÃO .....	29
2.2 QUALIDADE INDUSTRIAL DO TRIGO .....	30
2.2.1 Alveografia .....	30
2.2.2 Número de queda .....	31
2.2.3 Glúten .....	32
2.2.4 Proteínas do grão de trigo .....	33
2.2.5 Peso hectolitro .....	34
2.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA .....	35
2.4 REDUTORES DE CRESCIMENTO .....	36
<b>3 NITROGÊNIO EM COBERTURA E REDUTORES DE CRESCIMENTO SOBRE ALTURA E PRODUTIVIDADE DE TRIGO cv. MIRANTE .....</b>	<b>39</b>
3.1 RESUMO .....	39
3.2 ABSTRACT .....	41
3.3 INTRODUÇÃO .....	43
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	44
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
3.5.1 Altura de plantas .....	50
3.5.2 Acamamento .....	52
3.5.3 Grãos maiores que 1,75 mm .....	52
3.5.4 Número de espiguetas por espiga .....	55
3.5.5 Número de grãos por espiga .....	57
3.5.6 Massa de grãos por espiga .....	59
3.5.7 Massa de mil grãos .....	61
3.5.8 Peso hectolitro .....	63
3.5.9 Rendimento de grãos .....	65
3.5.10 Correlação .....	67
3.5.11 Safra .....	69
3.6 CONCLUSÕES .....	72
<b>4 NITROGÊNIO EM COBERTURA E ETIL-TRINEXAPAC NA QUALIDADE INDUSTRIAL DO TRIGO cv. MIRANTE .....</b>	<b>73</b>
4.1 RESUMO .....	73
4.2 ABSTRACT .....	74

4.3	INTRODUÇÃO .....	75
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	77
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	80
4.5.1	Teor de proteína .....	82
4.5.2	Glúten úmido.....	83
4.5.3	Glúten seco.....	83
4.5.4	Força do glúten.....	84
4.5.5	Tenacidade .....	85
4.5.6	Extensibilidade.....	86
4.5.7	Relação tenacidade/extensibilidade.....	86
4.5.8	Número de queda .....	87
4.5.9	Correlação .....	94
4.5.10	Safra .....	98
4.6	CONCLUSÕES.....	100
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>101</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>103</b>



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura vem sendo praticada e modificada desde seu surgimento, antes mesmo da invenção da escrita pelos sumérios, passando pelas primeiras formas de divisão do trabalho. O trigo foi inserido como cultivo e está presente há cerca de 10 mil anos na história da humanidade. Quando o homem começou a semear e a criar animais, o trigo estava entre os cereais cultivados para alimentar as pessoas. O cultivo começou na Mesopotâmia, numa região chamada pelos historiadores de Crescente Fértil - área que hoje vai do Egito ao Iraque (BRASIL, 2012).

O trigo é uma gramínea do gênero *Triticum* e está entre as plantas mais cultivadas no mundo. Existem cerca de 30 espécies de trigo, geneticamente diferenciadas. O maior volume, porém, vêm de três espécies (*Triticum aestivum*, *Triticum durum* e *Triticum compactum*) que representam mais de 90% do trigo cultivado no mundo, sendo cada uma mais adequada a determinado tipo de alimento. A espécie mais consumida no Brasil e de maior importância no mundo, é o *T. aestivum*, além disto, é a mais utilizada na fabricação do pão. Embora o trigo represente uma fonte de alimento completa em termos nutricionais, a proporção das várias substâncias que compõem o grão (amido, minerais, vitaminas e proteínas) oscila conforme a variedade. Quanto ao teor de proteínas, a espécie o *T. aestivum*, possui valores em torno de 15%, já a espécie *T. compactum*, conhecido também como tipo clube, tem teor de proteínas da ordem de 8%, produzindo menor teor de glúten, substância que é responsável pela expansão da massa e também dá textura aos produtos feitos com farinha. É utilizado para a fabricação de biscoitos e bolos mais macios e menos crocantes. Também há o *T. durum*, trigo duro, indicado para massas (macarrão), essa espécie forma glúten mais resistente, permitindo textura firme após o cozimento.

No Brasil foram produzidos na safra de 2011/2012, cerca de 5,7 milhões de toneladas de trigo, sendo que a região Sul é responsável por mais de 90% da produção brasileira. O Estado do Rio Grande do Sul produziu 2,74 milhões de toneladas, superando o Paraná que produziu 2,5 milhões de toneladas, o Estado de Santa Catarina produziu 235 mil toneladas (CONAB, 2013). Porém, toda esta produção não é suficiente para atender o consumo nacional anual que é em torno dos 10 milhões de toneladas de trigo. Atualmente, apesar dos grandes avanços na área tecnológica gerada pela pesquisa científica e significativo aumento na produtividade de grãos, a maior parte do trigo consumido no país ainda

é importada, em média seis milhões de toneladas anualmente. Junto com o Egito, o Brasil é o país que mais importa trigo no mundo. Uma das principais causas desta importação é a variação da produção brasileira de trigo com relação à qualidade da farinha, dificultando desta forma, sua comercialização (ROSSI et al., 2004). No Brasil são consumidos aproximadamente sete milhões de toneladas de farinhas por ano, destes, 55% são utilizados para panificação, 17,1% para produção de massas, 11,1% para a fabricação de biscoitos, 13,4% para farinha de uso doméstico e 3,4% para outros usos (ABITRIGO, 2013). Como mais da metade da farinha consumida é utilizada na fabricação de pães, essa farinha deve ser de boa qualidade industrial.

No Brasil, a classificação comercial da qualidade tecnológica de um lote de trigo é definida pela Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010 do MAPA, denominada “Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Trigo” (BRASIL, 2010). Segundo esta legislação e, em base a força de glúten, os lotes comerciais de trigo são distribuídos em cinco classes: Trigo Melhorador ( $W \geq 300 \times 10^{-4}J$ ), Pão ( $W \geq 220 \times 10^{-4}J$ ), Doméstico ( $W \geq 160 \times 10^{-4}J$ ), Básico ( $W \geq 100 \times 10^{-4}J$ ) e Outros Usos (Qualquer valor de W).

O glúten é o componente mais importante da farinha de trigo. É responsável pela capacidade que a massa tem de se estender e voltar ao normal. Apresenta-se como uma substância fibrosa, elástica, formada por proteínas que se encontram em alguns cereais combinada com o amido. As proteínas formadoras do glúten representam 80% das proteínas do trigo e são compostas pela gliadina e glutenina. (ZARDO, 2010). A concentração de proteínas nos grãos do trigo é um dos principais fatores determinantes da qualidade, pois menor ou maior concentração de proteínas nos grãos afeta diretamente o percentual de glúten no grão (CAZETTA et al., 2008). 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 e disponibilidade de nitrogênio no solo.

O interesse em maximizar o rendimento de grãos e melhorar a qualidade do trigo tem estimulado o uso de manejo intensivo nessa cultura. Esse manejo integra a adoção de determinadas práticas, como época de semeadura, espaçamento e densidade de sementes adequadas, aumento do nível de fertilidade do solo, especialmente com o nitrogênio, controle de doenças, de plantas daninhas, de insetos e de acamamento de plantas (RODRIGUES et al., 2003). Dentre estes fatores, o acamamento do trigo merece destaque, pois causa severas

perdas no rendimento e na qualidade dos grãos. Em regiões úmidas e de temperaturas elevadas na primavera, como no sul do Brasil, o acamamento é ainda mais acentuado, podendo limitar a produção de grãos de trigo de modo expressivo, dependendo da intensidade e do estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre. O acamamento muitas vezes envolve a ruptura dos tecidos, desconectando a vascularização do colmo e, portanto, impedindo a recuperação da planta. O acamamento afeta a estrutura morfológica essencial para o uso eficiente de carboidratos e sua translocação para o grão e, quanto mais cedo ocorre, maior será a redução no rendimento e na qualidade do grão (CRUZ et al., 2003).

Entre as estratégias para reduzir o acamamento em plantas de trigo está o uso de substâncias sintéticas, denominadas redutores de crescimento. Estas substâncias atuam como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas. Normalmente, ligam-se a receptores na membrana celular (células – tecidos – órgãos) na planta e desencadeiam uma série de mudanças celulares, que podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos (ESPINDULA et al., 2010a). Os redutores de crescimento apresentam ação antagonista às giberelinas e agem modificando o metabolismo destas (RADEMACHER, 2000). A queda no nível do ácido giberélico ativo (GA1) é a provável causa da inibição do crescimento das plantas (WEILER; ADAMS, 1991). O efeito do redutor de crescimento depende de vários fatores, tais como a dose e a época de aplicação, a época de semeadura, as condições do ambiente, o estado nutricional e fitossanitário da cultura (RODRIGUES et al., 2003). Atualmente o único redutor de crescimento registrado, para a cultura do trigo, no mercado brasileiro, é o etil-trinexapac, no entanto, existem outros produtos com a mesma finalidade registrados para outras culturas como o cloreto de clormequate, cloreto de clorocolina e o cloreto de mepiquate registrados para a cultura do algodão, proexadione-Ca registrado para a cultura do algodão, batata, maçã e algumas flores e o etefom recomendado para a cultura da cevada na década de 70 e hoje, registrado para a cana-de-açúcar e algumas frutíferas. Todos esses produtos com exceção do etefom têm mecanismos de ação semelhantes ao etil-trinexapac podendo, assim, atuar da mesma forma na cultura do trigo e com potencial para reduzir a altura das plantas.

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de nitrogênio em cobertura e de distintos redutores de

crescimento sobre as características de altura de planta, produtividade e qualidade industrial do trigo.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 COMPONENTES DA PRODUÇÃO

O potencial produtivo do trigo é definido, como a produção de grão obtida quando a cultura não foi sujeita a limitações hídricas ou nutricionais e sem outros condicionantes como pragas, doenças, plantas daninhas e do próprio local (FISCHER, 2001). A produção de grãos de trigo tem caráter complexo, com diferentes componentes e condicionada por vários fatores de origem genética e ambiental. Os componentes básicos do rendimento de grãos do trigo são o número de plantas por unidade de superfície, o número de espigas por planta, o número de grãos por espiga e o peso médio do grão (BELLIDO, 1991). O progresso no rendimento de grãos do trigo tem sido associado ao aumento do número de grãos por unidade de superfície (FISCHER, 2001). Este componente varia com o número de espigas por unidade de superfície, espiguetas por espiga e grãos por espiguetas e por espiga. O peso do grão é o último componente a ser determinado e é também susceptível aos efeitos compensatórios.

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

Os componentes do rendimento de grãos do trigo podem beneficiar-se em maior ou menor grau com o nitrogênio, exceto a população de plantas (ZAGONEL et al., 2002). Assim, as quantidades e fonte adequadas de nitrogênio são essenciais para incrementar a produtividade e a qualidade do trigo, promovendo o máximo potencial de produtividade. Os fenômenos compensatórios fazem com que, frequentemente, os componentes de rendimento de grãos relacionam-se de forma negativa, tendendo a propiciar o incremento de uns e o decréscimo de outros. Desta forma o rendimento de grãos pode ser obtido por diferentes caminhos, sendo difícil estabelecer uma combinação ótima dos componentes (BOSCHINI, 2010).

## 2.2 QUALIDADE INDUSTRIAL DO TRIGO

A qualidade do grão de trigo pode ser definida como resultado das interações que a cultura sofre no campo, pelo efeito das condições do solo, do clima, da incidência de pragas e doenças, do manejo da cultura, do tipo de cultivares, bem como nas operações de colheita, secagem, armazenamento, moagem, e, por fim, do uso industrial a ser dado a farinha (GUARIENTI, 1993).

O conceito de qualidade do trigo está intimamente relacionado com o destino industrial da farinha produzida, a partir do grão. Os parâmetros de qualidade variam de acordo com os diversos tipos de trigo cujas farinhas têm utilização industrial diferente. A qualidade de determinado tipo de trigo não pode ser avaliado a partir de um único parâmetro ou propriedade. Ela não depende somente das características físico-químicas do grão, mas também do sistema de moagem utilizado para a produção da farinha, das características físicas da massa e do processamento empregado para a obtenção do produto final (MANDARINO, 1993).

Dada a grande diversidade de farinhas de trigo, é necessária a utilização de vários métodos para determinar as características de umidade, acidez, cinzas, proteínas, número de queda, teor e força do glúten, sedimentação, absorção de água, propriedades de mistura, estabilidade da massa, capacidade elástica e extensível da massa e volume do pão. Existe uma série de aparelhos para medir estas propriedades, tais como farinógrafo, extensógrafo e alveógrafo. A definição de uso final de uma farinha deve ser feita após a avaliação conjunta destes resultados (GUTKOSKI et al., 2008).

### 2.2.1 Alveografia

A alveografia é um teste reológico usado em vários países para a determinação das características físicas da farinha. O teste consiste em preparar massa com farinha de trigo e solução de cloreto de sódio, considerando a absorção padrão de água de 56% e tendo todo o procedimento padronizado para a mistura e para o preparo de massa. Com a massa é feito um pequeno disco de circunferência e espessura uniformes e, posteriormente, é inflada, sob pressão constante, quantidade de ar suficiente para a formação de uma bolha de massa, até sua extensão total e ruptura. A pressão da bolha é medida com o auxílio de um manômetro registrador (presente no equipamento), onde é feita a

leitura do teste. A partir deste gráfico são calculados: a força do glúten (W), tenacidade (P), extensibilidade (L) e a relação tenacidade/extensibilidade (P/L) (GUARIENTI, 1993).

A tenacidade (P) ou pressão máxima de ruptura expressa à resistência que oferece a massa ao ser esticada, expressa em mm. É positivamente correlacionada com a capacidade de absorção de água da farinha. Já a L, também expressa em mm, demonstra a capacidade que a massa oferece para esticar, sendo um indicativo do volume do pão. Em geral quanto maior o valor de L, maior será o volume do pão. Mas esta característica é dependente do valor de P, isto é, deve haver uma proporcionalidade dos valores P e L, que nada mais é do que o valor de configuração e equilíbrio da curva (P/L), que traduz o equilíbrio do alveograma. A energia de deformação da massa W corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura, expressa em  $10^4$ J. De acordo com a classificação de (GUARIENTI, 1993), relação P/L menor que 0,6 é classificada como glúten extensível indicado para a produção de biscoitos, relação P/L de 0,6 a 1,2 como glúten balanceado indicado para produção de pães, e relação P/L maior que 1,21 como glúten tenaz indicado para produção de massas.

### 2.2.2 Número de queda

O teste de número de queda (NQ), expresso em segundos, tem por finalidade verificar o grau de atividade da enzima  $\alpha$ -amilase do grão ainda presente na farinha, a fim de detectar danos causados pela germinação na espiga (GUARIENTI, 1993). A ocorrência de chuvas no período de pré-colheita (grão pastoso a maduro) pode levar o trigo a iniciar o processo de germinação, que traz como consequência a deterioração do grão em níveis que podem comprometer a sua utilização industrial.

Este método baseia-se na habilidade da enzima  $\alpha$ -amilase hidrolisar o gel de amido. A atividade da enzima é medida pelo NQ, definido como o tempo total em segundos contado a partir da imersão de um tubo viscosimétrico em banho-maria, necessário para acionar um agitador viscosimétrico e lhe permitir atravessar uma distância fixa, caindo em gel aquoso de farinha que esta sofrendo liquefação.

O NQ caracteriza as farinhas de trigo quanto à atividade das amilases, permitindo, assim, prever seu comportamento durante a etapa de fermentação da massa no processo de panificação. Por meio desse índice pode-se estimar a capacidade de fermentação que a massa de uma

determinada farinha possui. Trigo pode ser classificado como: hiperatividade amilásica (60-70 segundos); alta atividade amilásica (70-150 segundos); atividade amilásica média (150-200 segundos); baixa atividade amilásica (200-400 segundos) e atividade amilásica insuficiente (mais de 400 segundos). Trigos com hiperatividade amilásica contêm, na amostra, grãos germinados (dificultando o processo de panificação) e aqueles com baixa atividade amilásica possuem muito pouco ou nenhum grão germinado na amostra (melhorando o processo de panificação) (MANDARINO, 1993).

### 2.2.3 Glúten

O glúten é uma rede formada pelas proteínas insolúveis do trigo (gliadinas e gluteninas) quando se adiciona água à farinha. Essas proteínas formadoras de glúten são responsáveis fundamentalmente pelas propriedades funcionais da farinha de trigo. O glúten é uma substância fibrosa, elástica, pegajosa, de coloração âmbar, formado pela fração proteica do trigo que é insolúvel em água e possui a propriedade de se aglomerar quando a farinha de trigo é misturada com água e submetida à mistura mecânica. É o responsável pela retenção dos gases da fermentação, o que promove o crescimento dos pães. Também retém a umidade da massa e do pão depois de assado, além de promover a elasticidade desta.

O teor de glúten na farinha classifica esta em “farinha forte” e “farinha fraca” (BRANDÃO; LIRA, 2011). Farinhas de trigo “fortes” possuem teor de glúten maior e de melhor qualidade permitindo que a massa possa ser esticada ao máximo antes de romper, estas são as farinhas escolhidas para a fabricação de pães por que sua massa deve ter a habilidade de expandir a um grau ótimo e elaborar produtos de panificação de textura leve. Farinhas de trigo “fracas” geralmente contêm menos glúten e suas massas rompem mais facilmente, além disso, são mais sensíveis e, quando cozidas, elas produzem estruturas mais macias, este é o tipo de farinha selecionada para a fabricação de biscoitos e outros produtos relacionados onde é desejável uma massa de maior maciez.



#### 2.2.4 Proteínas do grão de trigo

A qualidade do trigo depende da quantidade e da qualidade das proteínas presentes no grão. O conteúdo protéico presente nos grãos depende de fatores genéticos e das condições ambientais em que a planta foi cultivada. O conteúdo protéico do grão é expresso em teor percentual (MANDARINO, 1993). O grão de trigo pode apresentar de 6 a 21% de proteínas em sua composição (CARREIRA et al., 2009). Elas são classificadas em função da sua massa molecular e de sua capacidade de agregação (TORRES et al., 2009).

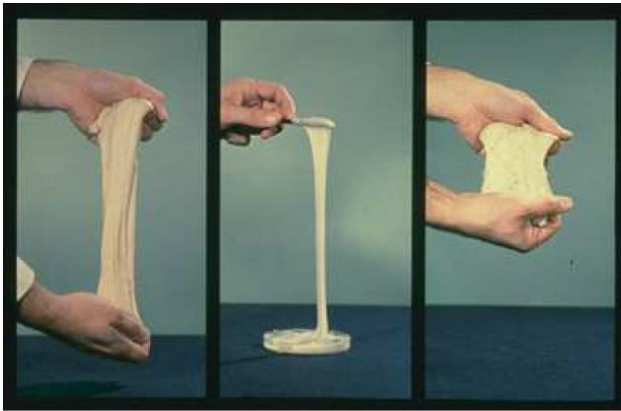
As proteínas dos grãos de trigo são divididas em dois grupos: um deles formado pelas albuminas e globulinas, chamadas de proteínas metabólicas ou não formadoras de glúten, e representam 15% das proteínas totais; o outro, formado pela gliadina e glutenina chamadas de proteínas de reserva ou formadoras de glúten, e constituem cerca de 80% do total de proteínas. As proteínas formadoras do glúten apresentam diferenças estruturais que interferem na função que as frações protéicas exercem na massa obtida com a farinha. As gliadinas são um largo grupo de proteínas com propriedades similares, a sua massa molar média é de 40.000 Da e é extremamente pegajosa quando hidratada. Constituem-se de cadeias polipeptídicas simples apresentando apenas ligações intramoleculares. Esta conformação confere uma baixa elasticidade a estas proteínas, as quais parecem ser as responsáveis pela coesividade da massa que formam (NASCIMENTO, 2008). As gluteninas são um grupo heterogêneo de proteínas poliméricas formadas por subunidades ligadas por ligações dissulfeto. Essas subunidades podem ser divididas em dois grupos de acordo com suas massas molares: subunidade de glutenina de alta massa molar (HMW GS) com massas molares entre 90-140 KDa e subunidades de glutenina de baixa massa molar (LMW GS) cujas massas molares estão entre 40-50 KDa. São fisicamente, elásticas e flexíveis (TORRES et al., 2009)

Variações na quantidade e na composição das proteínas de reserva podem resultar, por exemplo, em alimentos mais nutritivos, ou mesmo em produtos com menor teor de glúten. Os teores de gliadinas e gluteninas são fatores importantes para a qualidade de panificação do trigo (Figura 1) (RIBEIRO, 2012) e a relação de proporção entre essas proteínas determina as diferentes características do glúten dos diversos tipos de trigo (SILVA et al., 2004).

Elevado conteúdo de proteínas não é por si só, indicativo de boa qualidade, visto que a qualidade de panificação, além de ser resultante

do somatório de vários fatores, depende da composição e da interação das principais proteínas de glúten (gluteninas e gliadinas). Assim, para qualidade ser representativa, deve haver combinação ideal entre quantidade e qualidade de proteínas presentes no trigo.

Figura 1 – Demonstração das propriedades da gliadina (extensibilidade) e glutenina (elasticidade)



**GLÚTEN**

**GLIADINA**

**GLUTENINA**

Fonte: (RIBEIRO, 2012)

### 2.2.5 Peso hectolitro

O peso hectolitro é uma análise física do grão, e é a massa de 100 litros de trigo expressa em  $\text{kg hL}^{-1}$ . É influenciado por uniformidade, forma, densidade e tamanho do grão e pelo teor de matérias estranhas e grãos quebrados da amostra. É um indicativo indireto da sanidade do grão (MIRANDA; DE MORI; LORINI, 2006). É utilizado como medida de comercialização em vários países, e expressa indiretamente atributos de qualidade dos grãos em especial dos relacionados com moagem. O fato de um trigo apresentar maior valor de PH não indica que apresente melhor qualidade. Valores muito baixos de PH podem indicar ocorrência de problemas na lavoura que podem ter afetado o enchimento dos grãos e sua qualidade.

## 2.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA

O nitrogênio (N) é essencial para as plantas, pois possui função estrutural em moléculas de aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas, vitaminas e pigmentos, faz parte dos processos como absorção iônica, fotossíntese e respiração, e também estimula o crescimento de raízes (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989). O N é considerado um dos nutrientes que causam maior impacto no desenvolvimento e na produtividade e, conseqüentemente, no aumento dos índices de qualidade dos produtos agrícolas (MAGALHÃES, 1979).

O N ainda é o nutriente que mais comumente limita o rendimento de grãos e o de maior efeito sobre a qualidade do grão de trigo (FAGERIA; BALIGAR; CLARCK, 2006). O trigo necessita 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<sup>-1</sup>, o conteúdo de proteína resultante nos grãos colhidos será menor que 10% (FOWLER, 1998). Os baixos conteúdos de proteína ocorrem normalmente quando existe baixa fertilidade do solo e baixo conteúdo de N em etapas posteriores à aparição do primeiro nó na planta. Por essa razão, é necessário aplicar o fertilizante nitrogenado de tal maneira que este permita o desenvolvimento ótimo da planta e um adequado acúmulo de proteína no grão.

A disponibilidade de N, entre outros fatores, é fundamental para determinação dos componentes de rendimento e do teor de proteínas nos grãos de trigo. Quanto antes no ciclo o N for fornecido (afilhamento) mais ele será usado para aumentar rendimento e menos para aumentar a porcentagem de proteína nos grãos (ROSA FILHO, 2010). O nitrogênio tem que estar disponível no estágio de afilhamento, período no qual o mesmo é muito importante na determinação do número de filhos por planta, espigas por planta e de grãos por espiga (MEGDA et al., 2009). Da mesma forma, quanto mais tarde o N for disponibilizado (espigamento-floração) maior vai ser seu direcionamento para formar proteína do grão e melhorar qualidade e menor será seu impacto rendimento de grãos. A época de aplicação de N em cobertura altera o percentual de proteína bruta no grão de trigo, quando aplicado N no emborrachamento proporciona um aumento de produção de proteínas nos grãos de trigo (YANO; TAKAHASHI; WATANABE, 2005). A aplicação de N em cobertura durante a fase reprodutiva pode ser eficaz na produção de grão com alto teor de proteína (ALTENBACH et al., 2011).

## 2.4 REDUTORES 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, que podem afetar a iniciação ou a modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos (KERBAUY, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004). Os reguladores de crescimento são os compostos químicos aplicados exogenamente que regulam o alongamento da haste com a inibição da biossíntese das giberelinas ou liberação do etileno. As giberelinas são compostos vegetais, também chamados de fitohormônios, que estimulam a divisão celular e/ou a alongação celular.

Dentre os reguladores de crescimento, existem os redutores de crescimento como o cloreto de clorocolina, cloreto de clormequat, cloreto de mepiquat, etil-trinexapac e outros (RADEMACHER, 2000). Esses redutores são empregados visando tornar a arquitetura das plantas mais adaptadas e eficientes no uso dos recursos ambientais e de insumos para suportar alto rendimento agronômico. Os redutores de crescimento, normalmente, apresentam ação antagonista às giberelinas e agem modificando o metabolismo destas (RADEMACHER, 2000; RODRIGUES et al., 2003).

O efeito do redutor de crescimento depende de diversos fatores, como dose usada, época de aplicação, época de semeadura, condições de ambiente, estado nutricional e fitossanitário da cultura. Além desses fatores, o risco de acamamento, associado a boas perspectivas de rendimento de grãos da cultura, deve orientar a decisão de se aplicar o produto (RODRIGUES et al., 2003). A aplicação de redutor de crescimento está restrita às cultivares com tendência ao acamamento, em solos de elevada fertilidade e em locais onde o histórico confirma a predominância de ventos fortes durante o desenvolvimento da cultura do trigo (REUNIÃO..., 2013).

Vários redutores de crescimento foram utilizados em cereais de inverno. O cloreto de clormequate, conhecido como “CCC” (Cycocel), foi recomendado para a cultura do trigo na década de 1960, caracterizando-se pelo estímulo ao perfilhamento, redistribuição da biomassa com o aumento do crescimento das raízes, redução da estatura e fortalecimento dos colmos, o que restringia os riscos das plantas ao acamamento. Para a cultura de cevada foi recomendado na década de 1970 o etefom, que atua na liberação do etileno (PENCKOWSKI; FERNANDES, 2010). No ano de 2002 foi lançado no mercado

brasileiro, para as culturas de trigo e cevada, o etil-trinexapac, um redutor de crescimento que atua na inibição da elongação dos entrenós, reduz à estatura de plantas e evita o acamamento (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).



### 3 NITROGÊNIO EM COBERTURA E REDUTORES DE CRESCIMENTO SOBRE ALTURA E PRODUTIVIDADE DE TRIGO cv. MIRANTE.

#### 3.1 RESUMO

O uso do nitrogênio na cultura do trigo contribui para aumentar a produtividade nas lavouras, no entanto, o uso indevido aumenta também a probabilidade de ocorrência do acamamento, este pode ser evitado com a aplicação de redutores de crescimento. Neste sentido, realizou-se um experimento visando avaliar os efeitos da adubação nitrogenada em cobertura estágio vegetativo e reprodutivo, associado ao uso prévio de redutores de crescimento sobre a altura das plantas e produtividade de trigo cv. Mirante. O experimento foi conduzido em campo, durante os anos agrícolas 2011 e 2012, em Lages, SC. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram utilizados dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura (estádio vegetativo e reprodutivo) e seis redutores de crescimento em duas doses de aplicação consecutivas a primeira no estágio 31 e a segunda no estágio 32 (primeiro e segundo nós visíveis no colmo da planta) mais a testemunha. Os redutores utilizados foram: testemunha (sem redutor) cloreto de mepiquate (25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), cloreto de clormequate (25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), cloreto de clorocolina (25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), etil-trinexapac (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>), proexadione-Ca (110 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e o etefom (110 g i.a. ha<sup>-1</sup>); os quais foram aplicados via pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, com uma vazão equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. O emprego dos redutores de crescimento, etil-trinexapac e proexadione-Ca, possibilitaram a redução de pelo menos 10 cm na altura das plantas, e não afetaram os caracteres: grãos maiores que 1,75 mm, número de espiguetas por espigas, número de grãos por espiga, massa de mil grãos e peso hectolitro. A aplicação de N na fase reprodutiva do trigo propiciou uma produção de grãos com maior massa e peso hectolitro. Não se observaram diferenças no rendimento de grãos tanto para os momentos de aplicação de nitrogênio como também aos redutores de crescimento e suas doses. A safra de 2011 foi melhor para o cultivo do trigo em Lages, SC, onde todos os caracteres estudados apresentaram valores superiores aos da safra 2012.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum* L. Retardantes de crescimento, Rendimento de grãos.





### 3.2 ABSTRACT

#### EFFECT OF NITROGEN AND PLANT GROWTH RETARDANS ON PLANT HEIGHT AND GRAIN YIELD OF WHEAT cv.MIRANTE

The use of nitrogen in wheat contributes to increasing the productivity in crop plants, however, also increases the probability of plantlodging; this can be avoided by applying plant growth retardants. Therefore, an experiment was carried out to evaluate the effects of nitrogen application on vegetative and vegetative plus reproductive phases, associated with the use of plant growth retardant on the plant height and grain yield of wheat cv. Mirante. The experiment was conducted in the field during 2011 and 2012 growing seasons, in Lages, SC. The experimental design was a randomized block with four replications. Were used two times of application of nitrogen (the vegetative and vegetative plus reproductive) and six plant growth retardants in two application stages (31 and 32, described as first and second visible nodes in the stem of the plant) plus the control. The treatments were: control (without retardant applying), mepiquat chloride (25 g a.i. ha<sup>-1</sup>), chlormequat chloride (25 g a.i. ha<sup>-1</sup>), chlorocoline chloride (25 g a.i. ha<sup>-1</sup>), etil-trinexapac ( 100 g a.i. ha<sup>-1</sup>), proexadione-Ca (110 g a.i. ha<sup>-1</sup>) and ethephon (110 g a.i. ha<sup>-1</sup>), which were applied by sprayer pressurized with CO<sub>2</sub> at a rate equivalent to 200 L ha<sup>-1</sup>. The etil-trinexapac or prohexadione-Ca, allowed the reduction of at least 10 cm in plant height. These retardants did not affect the characters: grains larger than 1.75 mm, number of spikelets per spike, number of grains per spike, thousand grain weight and hectoliter weight. Applying N at reproductive stage promote increase in thousand grain weight and hectoliter weight. There were no differences in grain yield for both times of N application as well as the plant growth retardants effects and their rates. The 2011 harvest was better for growing wheat in Lages, SC, where all the characters related to grain yield showed higher values than obtained in 2012 season.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L, plant growth retardants, grain yield.



### 3.3 INTRODUÇÃO

A área cultivada com trigo no Brasil na safra de 2011/2012 foi de aproximadamente 2,16 milhões de hectares e foram produzidos 5,7 milhões de toneladas de trigo, sendo que a região sul é responsável por mais de 90% de toda a produção nacional (CONAB, 2013). Porém toda esta produção não é suficiente para atender o mercado interno que consome cerca de 10 milhões de toneladas de trigo anualmente. A falta de incentivo à produção, a pequena área cultivada e os baixos tetos de rendimento são fatores que contribuem para o déficit anual na produção brasileira de trigo (MUNDSTOCK, 1999). O estabelecimento de práticas de manejo que otimizem os insumos aplicados pode contribuir para aumentar a produtividade de grãos nas lavouras de trigo no Brasil, que tem se situado em valores próximos de 2,6 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2011). Dentre essas práticas destaca-se a adubação nitrogenada em razão do N ser um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pela cultura (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010). O N é considerado um dos nutrientes que causam maior impacto no desenvolvimento e produtividade e, conseqüentemente no aumento dos índices de qualidade dos produtos agrícolas. A disponibilidade de N entre outros fatores é fundamental para determinação dos componentes de rendimento.

A época correta de aplicação do nitrogênio é fundamental para aumentar o rendimento de grãos, pois aplicações muito precoces ou muito tardias podem ser pouco aproveitadas pelas plantas (SANGOI et al., 2007). A aplicação de nitrogênio no momento adequado pode aumentar a eficiência de uso do nutriente pelo trigo, aumentando o número de grãos por espiga e o número de espigas por área.

Porém, a busca por melhor qualidade e alto potencial de produtividade está ligada ao maior uso de insumos, entre os quais a adubação nitrogenada. Na cultura do trigo a aplicação de N é realizada visando à maximização da produtividade, no entanto, o uso de altas doses de N pode resultar em acamamento de plantas de trigo que compromete a produtividade e qualidade dos grãos (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Quando o acamamento ocorre na fase de enchimento de grãos compromete a produtividade, por limitar a fotossíntese e a translocação de fotoassimilados, e isto ocorre especialmente em plantas de porte médio a alto. Na maturação, as plantas acamadas deixam as espigas mais próximas do solo, em ambiente mais úmido, o que acarreta diminuição do peso hectolítrico,

germinação ou apodrecimento do grão, além de dificultar a colheita mecanizada (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Entre as estratégias para o uso de altas doses de nitrogênio visando obter um maior rendimento e melhor qualidade dos grãos, sem a ocorrência de acamamento, está o uso de substâncias sintéticas, denominadas redutores de crescimento.

Considerando as hipóteses que: i) a aplicação de N em cobertura (estádio vegetativo mais estágio reprodutivo) tem efeito positivo sobre o rendimento; ii) as condições climáticas do sul do Brasil são favoráveis para a ocorrência do acamamento em plantas de trigo; iii) distintos redutores de crescimento podem reduzir a altura das plantas de trigo diminuindo o risco de acamamento. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de nitrogênio em cobertura e o emprego de distintos redutores de crescimento sobre as características de altura das plantas e produtividade de trigo cv. Mirante.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo, na área experimental da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, nos anos agrícolas de 2011 e 2012, em Lages, município localizado no Planalto Sul de Santa Catarina. As coordenadas geográficas deste município são 27°52'30'' de latitude sul e 50°18'20'' de longitude oeste, com altitude média de 930m. No inverno o clima é bastante frio, atingindo temperaturas abaixo de zero com frequente ocorrência de geadas e com chuvas bem distribuídas (EPAGRI, 2006).

As sementes de trigo utilizadas foram da cultivar Mirante, na densidade de 350 sementes aptas por m<sup>2</sup>, na safra de 2011 a semeadura foi realizada sobre a resteva de soja, no dia 28/07/2011, e na safra de 2012 a semeadura foi realizada sobre a resteva de feijão, no dia 16/07/2012. Em ambos os experimentos a semeadura foi realizada por uma semeadora de parcelas (Embrapa-Semeato, modelo Sêmima), as parcelas foram compostas de 5 fileiras de 10 m de comprimento, espaçadas de 0,20 m entre si e 0,5 m entre cada parcela. A correção da acidez do solo e a adubação seguiram as recomendações para a cultura do trigo, para uma expectativa de rendimento de grãos de 4 t ha<sup>-1</sup> descrita pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (CQFS-RS/SC, 2004). A adubação de base constituiu-se da aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na semeadura. O controle de plantas daninhas, de doenças e de pragas foi

feito de acordo com as necessidades, utilizando-se os produtos químicos recomendados para a cultura.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. O N em cobertura foi aplicado em dois momentos, estágio vegetativo (afilhamento) e estágio vegetativo+reprodutivo (afilhamento+florescimento). A dose de N aplicada em cada estágio fenológico correspondeu a 30 kg ha<sup>-1</sup>, sendo utilizada uréia como fonte de N, aplicado a lanço no afilhamento e na fase reprodutiva a uréia foi diluída em água (5% p/v) e aplicada via foliar. Na fase, reprodutiva, a dose de nitrogênio foi subdividida em seis aplicações espaçadas sete dias entre si, sendo que a primeira aplicação foi realizada quando as plantas se encontravam no florescimento, considerado estágio 51 (ZADOKS; CHANG; KONZAK, 1974), e a última coincidindo quando os grãos se encontravam no estágio 81 (grão pastoso). Foram utilizados seis redutores de crescimento em duas doses de aplicação, mais a testemunha. Os redutores utilizados foram: testemunha (sem redutor), cloreto de mepiquate (25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), cloreto de clormequate (25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), cloreto de clorocolina (25 g i.a. ha<sup>-1</sup>), etil-trinexapac (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>), Prohexadione-Ca (110 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e etefom (110 g i.a. ha<sup>-1</sup>); os quais foram aplicados via pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, com vazão equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. As duas doses dos redutores de crescimento utilizadas foram à recomendada, aplicada quando as plantas estavam no estágio 31, e o dobro da dose recomendada, aplicadas nos estádios 31 e 32 (primeiro e segundo nós visíveis no colmo da planta). Sendo assim, na safra de 2011 as plantas que receberam N na fase vegetativa (afilhamento) receberam a dose recomendada dos redutores aplicados no estágio 31 de Zadoks, e as plantas que receberam N na fase vegetativa+reprodutiva (afilhamento+florescimento) receberam duas doses de redutores aplicados nos estádios 31 e 32 de Zadoks (primeiro e segundo nó visível) Figura (2a). Já na safra de 2012 foram 28 tratamentos dispostos em esquema fatorial 2 x 2 x 7 (Figura 2b).

Figura 2 – Croqui do experimento no campo (a) safra 2011 e (b) safra 2012.

(a)

SAFRA 2011	
Testemunha	Testemunha
Cloreto de mepiquate	Cloreto de mepiquate
Cloreto de cloromequate	Cloreto de cloromequate
Cloreto de Clorocolina	Cloreto de Clorocolina
Proexadione-Ca	Proexadione-Ca
Etil-trinexapac	Etil-trinexapac
Etefom	Etefom

N no afilhamento e Dose recomendada dos redutores (estádio 31)

N no afilhamento + florescimento e Dobro da dose recomendada dos redutores (estádio 31 e 32)

(b)

SAFRA 2012	
Testemunha	Testemunha
Cloreto de mepiquate	Cloreto de mepiquate
Cloreto de cloromequate	Cloreto de cloromequate
Cloreto de Clorocolina	Cloreto de Clorocolina
Proexadione-Ca	Proexadione-Ca
Etil-trinexapac	Etil-trinexapac
Etefom	Etefom

N no afilhamento e Dose recomendada dos redutores (estádio 31)

N no afilhamento e Dobro da dose recomendada dos redutores (estádio 31 e 32)

Testemunha	Testemunha
Cloreto de mepiquate	Cloreto de mepiquate
Cloreto de cloromequate	Cloreto de cloromequate
Cloreto de Clorocolina	Cloreto de Clorocolina
Proexadione-Ca	Proexadione-Ca
Etil-trinexapac	Etil-trinexapac
Etefom	Etefom

N no afilhamento + florescimento e Dose recomendada dos redutores (estádio 31)

N no afilhamento + florescimento e Dobro da dose recomendada dos redutores (estádio 31 e 32)

A colheita foi realizada no dia 13/12/2011 e no dia 03/12/2012, safra de 2011 e 2012 respectivamente. No ato da colheita foi determinada a altura média das plantas em cada parcela com auxílio de uma régua graduada. O percentual de acamamento (AC) foi determinado através da fórmula  $AC\% = I \times A \times (0.2 \times 10)$  onde foram atribuídas notas de 0 a 5 para o grau de acamamento das plantas (I) sendo 0 para plantas totalmente na vertical e 5 para as plantas totalmente acamadas e, notas de 0 a 9 para a área da parcela com plantas acamadas (A) sendo 0 = 0% de plantas acamadas e 9 = 100% da área da parcela com plantas acamadas. O número de grãos por espiga (NGE), o número de espiguetas por espiga (NEE) e a massa de grãos por espiga (MGE) foram quantificados a partir de 10 espigas colhidas da fileira central de cada parcela. Após a colheita foi determinado o peso do hectolitro (PH), em balança DalleMolle, e os resultados expressos em  $\text{kg hL}^{-1}$  (BRASIL, 2009) a determinação da massa de mil grãos (MMG) realizada conforme método descrito nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e o percentual de grãos maiores que 1,75 mm ( $G > 1.75$ ). O rendimento de grãos (RG) foi determinado a partir da produção da área útil das parcelas, corrigido para umidade dos grãos igual a 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Devido ao uso de uma testemunha (sem emprego de redutor), o teste Dunnett ( $p < 0,05$ ) também foi empregado como teste de comparação entre os redutores de crescimento e a testemunha. Os dados referentes a contagens e valores em percentagem foram previamente transformados pelo arco seno  $(x + 0,5)^{0,5}$  apenas para ANOVA; além disso, foi realizada a correlação de Spearman entre as variáveis estudadas ( $p < 0,05$ ). As análises foram realizadas via programa computacional SAS® (SAS, 2003).

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Tabela 1) evidenciou efeito significativo de safra (S) para todas as variáveis. O efeito simples de nitrogênio (N) foi observado nas variáveis NEE, NGE, MGE, MMG e PH. A altura de planta foi influenciada significativamente pelos redutores de crescimento (R). O efeito de dose dos redutores (DR) foi observado nas variáveis NEE e RG. A interação entre os fatores S x N foi observado para as variáveis NEE e NGE. Para o NGE houve influencia da interação entre N x DR, N x R e da interação tripla entre N x DR x R.



Tabela 1 – Resumo da análise de variância, quadrado médio do resíduo referente à aplicação de nitrogênio (N) em cobertura e redutores de crescimento (R) em diferentes doses de aplicação para os caracteres altura de planta (Alt), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), grãos maiores que 1,75mm (G>1.75), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MMG), peso hectolitro (PH) e rendimento de grãos (RG) de trigo, cultivar Mirante. Lages – SC, safra 2011 e 2012.

<b>Quadrado médio</b>								
<b>Fonte de variação</b>	<b>Alt (cm)</b>	<b>NEE</b>	<b>NGE</b>	<b>G&gt;1.75 (%)</b>	<b>MGE (g)</b>	<b>MMG (g)</b>	<b>PH kg 100L-1</b>	<b>RG (Kg/ha)</b>
<b>Safra (S)</b>	1836,79*	471,00*	635,67*	53,00*	0,48*	2332,00*	74,00*	130974255*
<b>Nitrogênio (N)</b>	21,00	15,91*	413,72*	1,33	1,11*	60,51*	129,00*	66925
<b>Redutores (R)</b>	526,04*	1,61	3,55	3,14	0,06	1,50	3,97	234283
<b>Dose redutor (DR)</b>	7,55	12,27*	0,21	39,95	0,13	4,78	3,85	5541142*
<b>S x N</b>	132,00	18,56*	73,05*	1,23	0,04	2,84	6,64	1864228
<b>S x R</b>	53,66	0,24	9,60	1,62	0,01	3,48	3,56	1045629
<b>N x DR</b>	1,04	3,17	65,03*	11,29	0,04	0,01	8,58	1931908
<b>N x R</b>	41,91	1,90	45,30*	3,95	0,08	4,02	1,81	303565
<b>DR x R</b>	12,56	4,28	32,05	2,86	0,01	2,90	4,65	603405
<b>S x N x R</b>	33,88	1,79	22,25	2,36	0,01	0,74	4,52	1162548
<b>N x DR x R</b>	16,74	8,70	58,66*	6,65	0,01	4,11	7,19	1569879
<b>Resíduo</b>	20,45	1,49	15,20	3,74	0,03	4,00	7,34	897902
<b>Média Geral</b>	73,58	13,65	31,54	97,64	1,62	42,13	74,54	3502,00
<b>CV (%)</b>	6,14	8,96	12,36	1,98	11,00	4,75	3,63	27,05

\* significativo a  $P < 0,05$ ; ns não significativo a  $P > 0,05$ .

FONTE: produção do próprio autor.

### 3.5.1 Altura de plantas

O etil-trinexapac, independente da dose que foi aplicado, em ambas as safras, foi o produto que apresentou menor altura das plantas (Tabela 2). O Proexadione-Ca na safra de 2011 quando aplicado o dobro da dose recomendada, junto com etil-trinexapac foram os que proporcionaram menor altura das plantas. No entanto na safra de 2012 o Proexadione-Ca se comportou de maneira diferente, quando aplicado a dose recomendada do redutor mais N na fase vegetativa e reprodutiva e quando aplicado o dobro da dose recomendada com N apenas na fase vegetativa apresentou plantas de menor altura se comportando de maneira semelhante ao etil-trinexapac. Na média geral dos dois anos de cultivo todos os redutores utilizados apresentaram menor altura de plantas diferindo estatisticamente da testemunha, sendo que o Proexadione-Ca e o etil-trinexapac apresentaram os menores valores de altura de plantas. Reduções na altura de plantas também foram observados por (BERTI; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; ESPINDULA et al., 2010b; MATYSIAK, 2006; PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010; ZAGONEL et al., 2002).

A aplicação de N no estágio vegetativo mais reprodutivo associada à aplicação de redutores de crescimento provocou efeito positivo na redução da altura das plantas na safra de 2011, tal fato pode ter ocorrido por que a segunda época de aplicação de N foi após a aplicação dos redutores de crescimento, e as plantas que receberam N no estágio vegetativo mais reprodutivo receberam o dobro da dose recomendada dos redutores contribuindo para que estas plantas apresentassem menor altura. Porém na safra de 2012 a aplicação de N não provocou efeito na altura das plantas (Tabela 2). Este resultado pode ter ocorrido em função das plantas já terem alcançado sua máxima altura, ou seja, após o total alongamento do colmo principal (pós-fecundação das flores), a aplicação de N não provoca a retomada do crescimento em altura das plantas (ROSA FILHO, 1999).

Tabela 2 – Altura de plantas de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC

Altura (cm)																					
Safra 2011					Safra 2012																
Tratamento	1N+1R		2N+2R		1N+1R		1N+2R		2N+1R		2N+2R		média								
Testemunha	82,3	ab	87,0	a	74,0	a	75,8	a	80,5	a	74,5	a	<b>79,0</b>	<b>a</b>							
C. mepiquate	80,0	b	78,5	b	73,0	a	73,0	ab	75,5	ab	73,3	a	<b>75,5</b>	<b>b</b>							
C. chlormequate	82,5	ab	81,5	ab	68,8	ab	71,5	ab	71,5	b	71,8	a	<b>74,6</b>	<b>b</b>							
C. clorocolina	80,5	b	81,3	ab	72,8	a	72,8	ab	70,5	bc	74,3	a	<b>75,3</b>	<b>b</b>							
E.trinexapac	*	69,8	c	*	62,5	c	*	65,8	b	*	66,3	c	*	62,8	c	*	63,3	b	*	<b>65,0</b>	<b>d</b>
Proexadione-Ca		78,8	b	*	67,0	c		69,7	ab	*	65,8	c	*	69,0	cb	67,3	ab	*	<b>69,6</b>	<b>c</b>	
Etefom		85,3	a		78,8	b		73,8	a		70,5	cb		73,3	ab	73,8	a		<b>75,8</b>	<b>b</b>	
<b>Média</b>	<b>A</b>	<b>79,9</b>	<b>B</b>	<b>76,6</b>	<b>71,1</b>		<b>70,8</b>		<b>71,9</b>		<b>71,1</b>										
DMS		5,0		8,7		7,1		6,4		10,5		10,7								<b>9,2</b>	
CV (%)		3,1		5,7		5,1		4,5		7,3		7,5								<b>6,5</b>	

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

1R = dose única do redutor recomendada aplicado no estágio 31.

2R = o dobro da dose recomendada do redutor aplicado de forma sequencial nos estádios 31 e 32.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Médias antecedidas por letra diferente maiúscula, na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett;  $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.

### 3.5.2 Acamamento

Embora, tenha havido redução de altura das plantas de trigo em função do uso de redutores de crescimento, não foi observado acamamento de plantas, em nenhum dos tratamentos, pois as condições climáticas não favoreceram sua ocorrência, principalmente por não terem ocorridos vendavais, bem como ocorrência de períodos prolongados de chuva, particularmente durante o amadurecimento dos grãos (Figura 3). A precipitação pluviométrica acumulada, durante o cultivo do trigo, na safra 2011 foi 896 mm com velocidade máxima de ventos de  $7\text{ms}^{-1}$ , e na safra 2012, de 434 mm e  $6,5\text{ m s}^{-1}$ , respectivamente (INMET, 2013). Porém em diversos trabalhos foi observado menor percentual de plantas acamadas após o uso de redutores de crescimento. O menor percentual de acamamento se deve à menor altura de plantas (BERTI; ZAGONEL; FERNANDES, 2007; MATYSIAK, 2006; PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009; ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

### 3.5.3 Grãos maiores que 1,75 mm

Segundo a Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010, denominada “Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Trigo” (BRASIL, 2010), grãos chochos, triguilhos e quebrados são os grãos inteiros ou pedaços de grãos que vazarem através da peneira de crivos oblongos de 1,75 mm x 20,00 mm. Neste experimento de forma geral o percentual de  $G > 1,75\text{ mm}$  não foi influenciado pelos redutores de crescimento (Tabela 3) e pela adubação nitrogenada em cobertura (Tabela 4).

Tabela 3 – Grãos maiores que 1,75 mm ( $G > 1,75$ ), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC.

<b>G &gt; 1.75 (%)</b>														
<b>Safra 2011</b>					<b>Safra 2012</b>									
<b>Tratamento</b>	<b>1N+1R</b>		<b>2N+2R</b>		<b>1N+1R</b>		<b>1N+2R</b>		<b>2N+1R</b>		<b>2N+2R</b>		<b>média</b>	
Testemunha	98,6	ns	99,0	ns	95,8	ab	97,7	ns	97,7	ns	97,4	ns	<b>97,7</b>	ns
C. mepiquate	98,7		98,8		94,5	ab	96,5		98,7		96,7		<b>97,3</b>	
C. clormequate	97,2		98,0		94,0	b	99,0		97,1		97,4		<b>97,1</b>	
C. clorocolina	97,8		98,5		96,7	ab	98,5		96,8		97,0		<b>97,5</b>	
E. trinexapac	98,4		98,6		97,2	ab	98,6		95,6		97,8		<b>97,7</b>	
Proexadione-Ca	98,9		99,0		98,2	a	98,1		96,3		98,7		<b>98,2</b>	
Etefom	97,9		98,7		98,0	a	98,6		96,8		97,9		<b>97,9</b>	
<b>Média</b>	98,2		98,7		B 96,3		A 98,1		AB 97,0		AB 97,6			
DMS	2,8		1,6		4,5		4,0		4,2		3,2		<b>3,8</b>	
CV (%)	1,4		0,8		2,4		2,0		2,1		1,7		<b>2,0</b>	

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

1R = dose única do redutor recomendada aplicado no estádio 31.

2R = o dobro da dose recomendada do redutor aplicado de forma sequencial nos estádios 31 e 32.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Médias antecedidas por letra diferente maiúscula, na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett;  $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.

Tabela 4 – Altura de plantas, grãos maiores que 1,75 mm ( $G > 1,75$ ), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MMG), peso hectolitro (PH) e rendimento de grãos (RG) de trigo cv. Mirante em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura. Safra 2011 e 2012, Lages, SC.

Tratamento	Altura (cm)		G > 1.75 (%)		NEE		NGE		MGE (g)		MMG (g)		PH (kg.100L <sup>-1</sup> )		RG (kg.ha <sup>-1</sup> )	
Safra 2011																
1N	79,9	a	98,2	ns	16,2	a	33,6	ns	1,6	b	46,6	b	74,3	b	4581	ns
2N	76,6	b	98,7		15,8	b	34,9		1,8	a	48,0	a	76,6	a	4918	
Safra 2012																
1N	70,9	ns	97,2	ns	11,9	b	28,1	b	1,5	b	38,9	b	73,3	b	2929	ns
2N	71,5		97,3		13,0	a	32,2	a	1,7	a	40,0	a	74,8	a	2819	
Média geral																
1N	75,4	ns	97,7	ns	14,0	ns	30,8	b	1,55	b	42,7	b	73,8	b	3755	ns
2N	74,1		98,0		14,4		33,5	a	1,75	a	44,0	a	75,7	a	3868	

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.

### 3.5.4 Número de espiguetas por espiga

O NEE, de forma geral, não foi influenciado pelos redutores de crescimento, exceto na safra de 2012, que quando utilizado o dobro da dose recomendada dos redutores associada à aplicação de N no estágio vegetativo mais reprodutivo (2N+2R), neste tratamento com o etil-trinexapac o NEE apresentou o menor valor, diferindo estatisticamente da testemunha (Tabela 5). Algumas pesquisas não observaram efeito do etil-trinexapac sobre o número de espiguetas por espiga (NEE), como por exemplo, em três cultivares de trigo (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Porém em outras se verificaram efeito positivo do etil-trinexapac no NEE (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009; ZAGONEL et al., 2002).

O NEE respondeu de forma diferente à adubação nitrogenada em cobertura. Na safra de 2011, a aplicação de N na fase vegetativa propiciou maior NEE, o contrario foi observado na safra de 2012 onde a aplicação de N na fase vegetativa mais reprodutiva apresentou maior NEE. No entanto, na média geral a adubação com N não provocou efeito no NEE (Tabela 4). Na transição da fase vegetativa para reprodutiva ocorre à diferenciação do primórdio floral, caracterizada pela transformação de meristema vegetativo em uma inflorescência. É nesta fase que é definido o número máximo de flores que uma planta poderá ter e por consequência o número potencial de grãos. A partir da diferenciação do primórdio floral a viabilização destas flores em grãos irá depender das condições ambientais e da nutrição recebida anteriormente. Sendo assim, a adubação nitrogenada no estágio reprodutivo não provocou efeito sobre o NEE.

Tabela 5 – Número de espiguetas por espiga (NEE), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC.

NEE														
Tratamento	Safra 2011				Safra 2012									
	1N+1R		2N+2R		1N+1R		1N+2R		2N+1R		2N+2R		média	
Testemunha	16,5	ns	16,0	ns	11,8	ns	10,8	ns	13,8	ns	13,3	a	13,7	ns
C. mepiquate	16,3		16,5		11,3		12,3		13,5		14,0	a	14,0	
C. cloromequate	15,8		15,8		11,3		13,0		13,5		12,3	ab	13,6	
C. clorocolina	16,8		15,5		11,3		12,5		14,0		12,3	ab	13,7	
E. trinexapac	15,8		15,5		11,3		12,3		13,8	*	10,5	b	13,2	
Proexadione-Ca	16,5		15,8		14,3		10,5		14,0		12,8	a	14,0	
Etefom	15,8		16,0		14,0		11,0		12,0		12,5	a	13,5	
<b>Média</b>	A	16,2	B	15,9	AB	12,1	B	11,8	A	13,5	AB	12,5		
DMS		1,4		0,9		3,9		3,1		1,8		2,4		
CV (%)		4,3		3,3		16,3		13,3		6,7		9,6		10,3

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

1R = dose única do redutor recomendada aplicado no estágio 31.

2R = o dobro da dose recomendada do redutor aplicado de forma sequencial nos estádios 31 e 32.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Médias antecedidas por letra diferente maiúscula, na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett;  $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.



### 3.5.5 Número de grãos por espiga

O NGE apresentou-se de forma diferente nos dois anos agrícolas (Tabela 6). Na safra de 2011, quando utilizado os redutores na dose recomendada mais o N sendo aplicado somente na fase vegetativa, os redutores cloreto de mepiquate, Proexadione-Ca e etefom apresentaram maiores valores de NGE. Na safra de 2012 a aplicação dos redutores na dose recomendada mais N no estágio vegetativo e reprodutivo influenciou de forma negativa o NGE. Em geral nos dois anos de cultivo os redutores de crescimento não provocaram efeito sobre o NGE. Em um estudo feito com etil-trinexapac não foi observado efeito no número de grãos por espigas em trigo (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009). O cloreto de clorocolina também não provocou efeito no número de grãos por espiga em diferentes cultivares de trigo (RODRIGUES et al., 2003).

A adubação com N provocou efeito no NGE (Tabela 4). Na safra de 2012 e na média geral, o N quando aplicado no estágio vegetativo mais reprodutivo apresentou maior NGE. Da mesma forma que o NEE, a aplicação de N no estágio reprodutivo não pode ser responsável por este aumento, pois, nesta fase, já está definido o número de flores e, por consequência, o número potencial de grãos que a planta poderá ter.

Tabela 6 – Número de grãos por espiga (NGE), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC.

NGE														
Safra 2011				Safra 2012										
Tratamento	1N+1R		2N+2R		1N+1R		1N+2R		2N+1R		2N+2R		média	
Testemunha	38,0	a	32,5	ns	24,8	ns	34,8	a	30,8	ab	30,8	ns	<b>31,9</b>	ns
C. mepiquate	32,8	abc	36,0		25,3		30,0	b	36,3	a	31,3		<b>31,9</b>	
C. cloromequate	31,8	bc	36,5		24,3	*	28,8	b	35,8	a	32,5		<b>31,6</b>	
C. clorocolina	32,0	bc	34,3		28,5	*	28,5	b	33,0	ab	32,5		<b>31,5</b>	
E. trinexapac *	30,3	c	35,0		27,8	*	28,5	b	35,0	a	28,3		<b>30,8</b>	
Proexadione-Ca	36,5	ab	34,3		29,7	*	22,8	c	33,0	ab	32,5		<b>31,5</b>	
Etefom	34,3	abc	36,0		31,3	*	29,0	b	26,5	b	32,5		<b>31,6</b>	
<b>Média</b>	33,6		34,9		C 27,3	BC	28,9	A	32,9	AB	31,5			
DMS	6,8		7,9		11,1		3,3		9,3		6,7		<b>5,8</b>	
CV (%)	10,3		11,1		20,5		5,8		14,1		10,6		<b>12,4</b>	

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

1R = dose única do redutor recomendada aplicado no estádio 31.

2R = o dobro da dose recomendada do redutor aplicado de forma sequencial nos estádios 31 e 32.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Médias antecedidas por letra diferente maiúscula, na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett;  $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.

### 3.5.6 Massa de grãos por espiga

Os redutores de crescimento, independente da dose de aplicação, em combinação com o N aplicado no estágio vegetativo mais reprodutivo, nas duas safras, afetaram a MGE (Tabela 7). Nas duas safras o Proexadione-Ca e o etefom foram os que apresentaram a maior MGE. O etil-trinexapac foi o que apresentou menor valor de MGE.

A adubação com N nos estádios vegetativo e reprodutivo promoveu aumento na MGE nas duas safras de cultivo (Tabela 4). Resultado diferente foi obtido avaliando-se o efeito da adubação nitrogenada em cobertura sobre o desempenho produtivo de genótipos de trigo, no qual se constatou que a massa de grãos por espiga não foi significativamente afetada pelas doses de N testadas em cobertura até emborrachamento (COSTA; ZUCARELI; RIEDE, 2013).

Tabela 7 – Massa de grãos por espiga (MGE), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC.

MGE (g)														
Safra 2011					Safra 2012									
Tratamento	1N+1R		2N+2R		1N+1R		1N+2R		2N+1R		2N+2R		média	
Testemunha	1,85	a	1,67	ns	1,52	ab	1,52	ab	1,57	ns	1,62	ns	<b>1,63</b>	<b>abc</b>
C. mepiquate	1,60	bc	1,82		1,40	b	1,55	ab	1,70		1,75		<b>1,63</b>	<b>abc</b>
C. cloromequate	1,55	bc	1,77		1,35	b	1,55	ab	1,67		1,77		<b>1,61</b>	<b>abc</b>
C. clorocolina	1,57	bc	1,70		1,37	b	1,50	ab	1,60		1,62		<b>1,56</b>	<b>bc</b>
E. trinexapac *	1,45	c	1,70		1,32	b	1,40	b	1,72		1,65		<b>1,54</b>	<b>c</b>
Proexadione-Ca	1,75	ab	1,77		1,63	a	1,65	a	1,60		1,70		<b>1,68</b>	<b>a</b>
Etefom	1,67	abc	1,82		1,47	ab	1,60	ab	1,72		1,70		<b>1,66</b>	<b>ab</b>
<b>Média</b>	B	1,6	A	1,8	C	1,4	B	1,5	A	1,7	A	1,7		
DMS	0,3		0,4		0,2		0,3		0,4		0,5		0,4	
CV (%)	9,4		11,2		8,5		8,5		12,1		13,5		<b>11,0</b>	

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

1R = dose única do redutor recomendada aplicado no estádio 31.

2R = o dobro da dose recomendada do redutor aplicado de forma sequencial nos estádios 31 e 32.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Médias antecedidas por letra diferente maiúscula, na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett;  $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.

### 3.5.7 Massa de mil grãos

A MMG, de forma geral, não foi afetada pelos redutores de crescimento, exceto na safra de 2012 onde o cloreto de mepiquate quando aplicado na dose recomendada associado ao N no estágio vegetativo mais reprodutivo apresentou menor valor de MMG (Tabela 8). Resultado semelhante foi obtido avaliando-se o efeito do redutor de crescimento etil-trinexapac sobre a massa de mil grãos no qual se verificou que a massa de mil grãos não foi significativamente afetada pelo redutor de crescimento (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010). No entanto, o etil-trinexapac provocou efeito negativo sobre a massa de mil grãos de trigo (DEGRAF; ZAGONEL; FERNANDES, 2008).

A MMG foi influenciada positivamente pela aplicação de N no estágio vegetativo mais reprodutivo (Tabela 4). A MMG é uma medida que apresenta forte controle genético, mas também é afetada pelas condições de temperatura e de umidade durante a fase de maturação no campo. A adubação nitrogenada realizada no emborrachamento, no trigo, propicia maior massa de mil grãos em relação às antecipadas (YANO; TAKAHASHI; WATANABE, 2005). Silva et al. (2001) observaram que a aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na fase de emborrachamento promoveu aumento na massa de mil sementes de aveia-preta. O aumento da massa de grãos de trigo, normalmente, está associado a uma disponibilidade maior de N durante a fase de floração e início do enchimento de grãos (SANGOI et al., 2007).

Tabela 8 – Massa de mil grãos (MMG), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC.

MMG (g)														
Safra 2011					Safra 2012									
Tratamento	1N+1R		2N+2R		1N+1R		1N+2R		2N+1R		2N+2R		média	
Testemunha	47,3	ns	48,3	ns	38,5	ns	39,5	ns	41,3	a	40,0	ns	<b>42,5</b>	ns
C. mepiquate	46,5		48,5		39,3		37,8	*	38,3	c	39,8		<b>41,7</b>	
C. cloromequate	47,0		48,8		38,0		39,3		39,3	abc	41,5		<b>42,3</b>	
C. clorocolina	47,8		48,0		38,5		40,5		38,8	bc	39,3		<b>42,1</b>	
E. trinexapac	42,3		47,5		39,5		39,3		39,8	abc	41,5		<b>42,1</b>	
Proexadione-Ca	47,0		47,8		39,0		39,5		40,5	abc	39,3		<b>42,3</b>	
Etefom	45,5		48,5		38,5		38,5		40,8	ab	40,0		<b>42,0</b>	
<b>Média</b>	B	46,6	A	48,2	B	38,7	AB	39,2	AB	39,8	A	40,2		
DMS		3,2		4,8		3,7		4,1		2,9		3,8		<b>2,9</b>
CV (%)		3,1		4,7		5,0		5,3		3,6		4,7		<b>4,8</b>

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

1R = dose única do redutor recomendada aplicado no estágio 31.

2R = o dobro da dose recomendada do redutor aplicado de forma sequencial nos estádios 31 e 32.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Médias antecedidas por letra diferente maiúscula, na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett;  $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.

### 3.5.8 Peso hectolitro

O PH de forma geral não foi influenciado pelos redutores de crescimento, exceto na safra de 2012 quando aplicado o dobro da dose recomendada dos redutores associado ao N no estágio vegetativo mais reprodutivo provocou aumento no PH, onde os produtos etil-trinexapac e Proxadione-Ca apresentaram os maiores valores (Tabela 9). Em estudo realizado com o etil-trinexapac e doses de nitrogênio sobre a qualidade industrial do trigo foi verificado que o redutor de crescimento não afetou o peso hectolitro da cultivar de trigo Avante, no entanto, na cultivar BRS 177 o etil-trinexapac provocou efeito positivo sobre o peso hectolitro (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010). Em outra pesquisa com o etil-trinexapac foi relatado uma redução no valor do PH com o uso do etil-trinexapac (DEGRAF; ZAGONEL; FERNANDES, 2008). O PH é utilizado como medida de comercialização em vários países e expressa indiretamente atributos de qualidade dos grãos, estando mais associado às características genéticas do material, lembrando que problemas na lavoura (bióticos e abióticos) que afetem o enchimento de grão do trigo podem abaixar os valores de PH (GUARIENTI, 1993).

Devido ao maior peso de grãos nos tratamentos que receberam N no estágio vegetativo mais reprodutivo, o PH também apresentou valores maiores nesses tratamentos correspondentes (Tabela 4). De acordo com a Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010, denominada “Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Trigo” (BRASIL, 2010). Segundo esta legislação e, em base o PH, os lotes comerciais de trigo são distribuídos em quatro tipos: Tipo 1 ( $\text{PH} > 78 \text{ kg.hL}^{-1}$ ), tipo 2 ( $\text{PH} > 75 \text{ kg.hL}^{-1}$ ), tipo 3 ( $\text{PH} > 72 \text{ kg.hL}^{-1}$ ) e fora de tipo ( $\text{PH} < 72 \text{ kg.hL}^{-1}$ ). Com base nesta classificação e com base apenas no PH o trigo que recebeu N apenas no estágio vegetativo foi classificado como tipo 3, já o trigo que recebeu N no estágio vegetativo mais reprodutivo foi classificado como tipo 2 com um PH superior a  $75 \text{ kg.hL}^{-1}$ . Na cultivar Safira foi verificado aumento do PH com a elevação da dose de N, ocorrido devido a maior disponibilidade de assimilados durante o período de enchimento de grãos, no entanto, a cultivar Ônix não apresentou resultados significativos (GUTKOSKI et al., 2011).

Tabela 9 – Peso hectolitro (PH), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC.

PH (kg.hL <sup>-1</sup> )														
Safra 2011					Safra 2012									
Tratamento	1N+1R		2N+2R		1N+1R		1N+2R		2N+1R		2N+2R		média	
Testemunha	74,0	ns	77,8	ns	72,0	ns	73,3	ns	75,0	ns	73,0	b	<b>74,2</b>	ns
C. mepiquate	75,0		75,8		71,3		74,8		75,5		73,8	ab	<b>74,3</b>	
C. cloromequate	72,3		77,0		71,8		73,8		74,8		74,5	ab	<b>74,0</b>	
C. clorocolina	74,0		75,5		74,5		73,3		76,3		74,8	ab	<b>74,8</b>	
E. trinexapac	75,5		75,5		72,5		74,3		74,5	*	76,3	a	<b>74,8</b>	
Proexadione-Ca	74,3		77,0		74,0		73,5		73,3		75,8	a	<b>74,7</b>	
Etefom	75,3		78,0		74,3		73,8		75,0		75,0	ab	<b>75,2</b>	
<b>Média</b>	B	74,3	A	76,6	B	72,9	AB	73,8	A	74,9	A	74,7		
DMS		7,0		4,6		5,4		5,1		4,6		3,2		<b>3,8</b>
CV (%)		4,7		3,1		3,8		3,4		3,1		2,1		<b>3,6</b>

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

1R = dose única do redutor recomendada aplicado no estágio 31.

2R = o dobro da dose recomendada do redutor aplicado de forma sequencial nos estádios 31 e 32.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Médias antecedidas por letra diferente maiúscula, na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett;  $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.



### 3.5.9 Rendimento de grãos

O RG na média geral dos dois anos de cultivo não foi influenciado pelos redutores de crescimento (Tabela 10). Em trabalho realizado na Polônia, com trigo, utilizando diferentes doses de etil-trinexapac isolado ou em conjunto com cloreto de 2-cloro etil trimetil amônia (CCC) não provocou efeito no rendimento de grãos na safra 2002/03 (MATYSIAK, 2006). No Brasil, em trigo, foi observado efeito positivo sobre o rendimento de grãos da cultivar Avante com a aplicação do etil-trinexapac, porém na cultivar BRS 177, o emprego deste redutor não promoveu diferenças no rendimento de grãos (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010).

O RG não apresentou resposta significativa para a adubação nitrogenada no estágio vegetativo mais reprodutivo, mesmo com o aumento da massa de grãos (Tabela 4), resultado semelhante foi obtido por Yano; Takahashi; Watanabe (2005). Segundo Sangoi et al. (2007) grãos com maior massa não garantem necessariamente maior produtividade de grãos na cultura do trigo.

Tabela 10 – Rendimento de grãos (RG), de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação. Safra 2011 e 2012, Lages, SC.

		RG (kg.ha <sup>-1</sup> )												
Safra 2011				Safra 2012										
Tratamento	1N+1R	2N+2R		1N+1R	1N+2R	2N+1R	2N+2R	média						
Testemunha	4536,0	ab	5325,0	ns	2563,0	abc	2881,0	ns	3042,0	ns	2852,0	ab	<b>3533,0</b>	ns
C. mepiquate	5188,0	a	5357,0		1920,0	bc	3277,0		2640,0		2703,0	ab	<b>3514,0</b>	
C. cloromequate	4944,0	ab	4859,0		1843,0	c	3638,0		2866,0		3283,0	ab	<b>3572,0</b>	
C. clorocolina	5100,0	ab	4542,0		2195,0	bc	3477,0		3086,0		2925,0	ab	<b>3554,0</b>	
E. trinexapac	3934,0	b	4996,0		2946,0	abc	3528,0		2561,0		1994,0	b	<b>3326,0</b>	
Proexadione-Ca	4263,0	ab	4578,0		3713,0	a	3006,0		2441,0		3800,0	a	<b>3630,0</b>	
Etefom	4098,0	ab	4771,0		3069,0	ab	3149,0		2450,0		2824,0	ab	<b>3393,0</b>	
<b>média</b>	<b>4581,0</b>		<b>4918,0</b>		<b>2566,0</b>		<b>3279,0</b>		<b>2726,0</b>		<b>2912,0</b>			
DMS	1451,0		2183,0		1569,0		1421,0		1464,0		1949,0		<b>1389,0</b>	
CV (%)	15,8		22,2		30,5		21,7		26,8		33,4		<b>27,1</b>	

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

1R = dose única do redutor recomendada aplicado no estágio 31.

2R = o dobro da dose recomendada do redutor aplicado de forma sequencial nos estádios 31 e 32.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Médias antecedidas por letra diferente maiúscula, na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett;  $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.

### 3.5.10 Correlação

A análise de correlação de Spearman (Tabela11) permitiu verificar a associação positiva da altura com NGE ( $r= 0,88$ ) e correlação negativa com PH ( $r= -0,65$ ). O NEE correlacionou-se de forma positiva com o NGE ( $r= 0,64$ ), MGE ( $r= 0,94$ ) e com RG ( $r= 0,88$ ). A magnitude do valor de correlação deveu-se principalmente ao efeito direto da variável NEE o que mostra que ela é importante para o rendimento de grãos. O NGE apresentou correlação negativa com PH ( $r= -0,70$ ). A variável MMG correlacionou-se com o RG ( $r= 0,93$ ). Resultado semelhante foi obtido por Gondim et al. (2008). A resposta ou não dos componentes do rendimento aos redutores de crescimento pode ser explicada por fatores compensatórios em que os componentes podem se relacionar de forma negativa, propiciando o incremento de um e o decréscimo de outro, sendo o rendimento de grãos obtido pela melhor combinação entre os componentes do rendimento (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010).

Tabela 11 – Correlação de Spearman entre as variáveis estudadas Altura de plantas (Altura), grãos maiores que 1,75 mm (G>1.75), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MMG), peso hectolitro (PH) e rendimento de grãos (RG) de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e de diferentes redutores de crescimento em duas doses de aplicação, Lages – SC.

	Altura	G>1.75	NEE	NGE	MGE	MMG	PH	RG							
Altura	1														
G>1.75	-0.42	ns	1												
NEE	0.43	ns	0.30	ns	1										
NGE	0.88	**	-0.26	ns	0.64	**	1								
MGE	0.29	ns	0.41	ns	0.94	**	0.42	ns	1						
MMG	0.12	ns	0.15	ns	-0.19	ns	-0.15	ns	0.02	ns	1				
PH	-0.65	**	0.55	ns	-0.25	ns	-0.70	**	0.11	ns	-0.19	ns	1		
RG	0.54	ns	0.11	ns	0.88	**	0.53	ns	0.93	**	0.12	ns	-0.31	ns	1

ns: não significativo; \*\*: estatisticamente significativo pelo teste t (P<0,05).

FONTE: produção do próprio autor.

### 3.5.11 Safra

A produtividade do trigo, além de ser afetada pelo genótipo e pelo manejo, também é influenciada por fatores ambientes, como as condições meteorológicas prevalentes durante a permanência da cultura na lavoura. Os principais problemas climatológicos da triticultura brasileira são o excesso de umidade relativa do ar, em setembro-outubro, ocorrência de geadas no espigamento, chuvas na colheita e granizo (GUARIENTI et al., 2004). Na Figura 3 estão disponíveis os dados climatológicos durante o período de desenvolvimento da cultura nas safras de 2011 e 2012 respectivamente. Na Tabela 12 estão apresentados os dados das variáveis estudadas entre as safras. Todas as variáveis estudadas apresentaram valores superiores na safra de 2011, o que coincidiu com maior produtividade  $4749 \text{ kg.ha}^{-1}$  contra  $2874 \text{ kg.ha}^{-1}$  na safra de 2012.

A maior produtividade na safra de 2011 pode ser explicada pelo maior volume de chuvas e melhor distribuída ao longo do ciclo da cultura diferente da safra de 2012 onde houve um longo período sem chuvas no início do ciclo, e também temperaturas negativas próxima ao período de florescimento.

Tabela 12– Altura de plantas, grãos maiores que 1,75 mm ( $G > 1.75$ ), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MMG), peso hectolitro (PH) e rendimento de grãos (RG) de trigo cv. Mirante. Safra 2011 e 2012, Lages, SC.

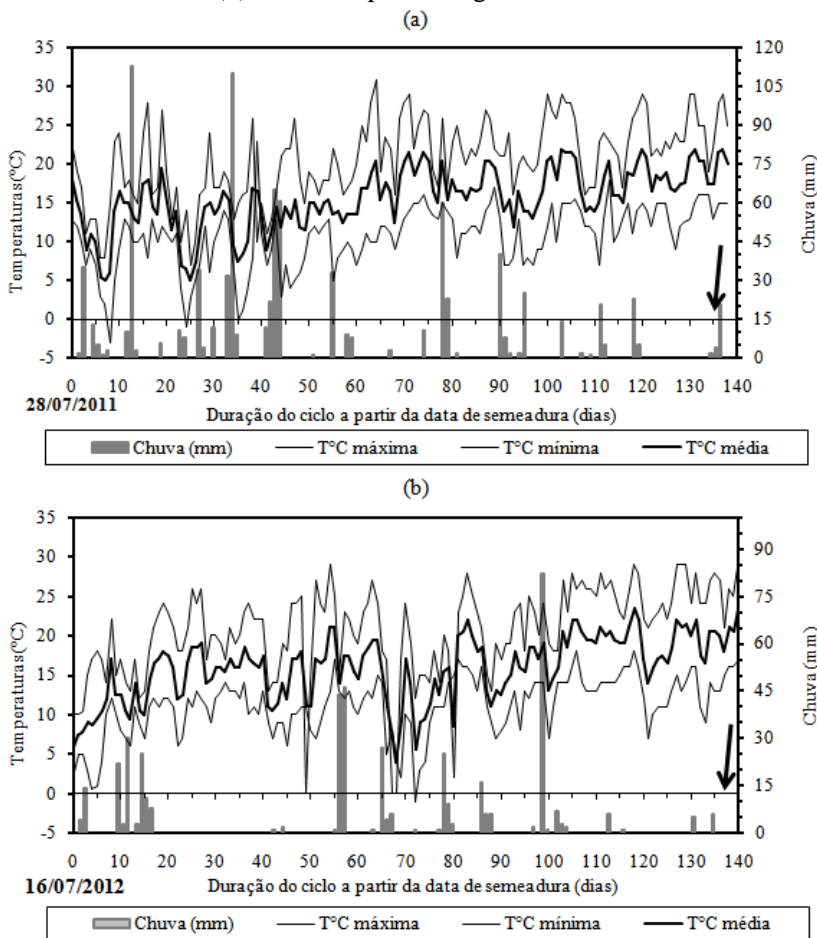
Safras	altura (cm)	G > 1.75 (%)	NEE	NGE	MGE (g)	MMG (g)	PH (kg 100L <sup>-1</sup> )	RG (kg ha <sup>-1</sup> )								
2011	78,3	a	98,4	a	16	a	34,3	a	1,7	a	47,4	a	75,5	a	4749	a
2012	71,2	b	97,2	b	12,5	b	30,2	b	1,6	b	39,5	b	74,1	b	2874	b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.

Figura 3 – Dados climáticos de temperatura máxima, média e mínima e de chuva nos meses de julho a dezembro de 2011 (a) e de julho a dezembro de 2012 (b) no município de Lages.



Setas indicam a data da colheita, em cada safra.

FONTE: produção do próprio autor; compilado do INMET (2013).

### 3.6 CONCLUSÕES

O uso de redutores de crescimento foi eficiente em reduzir a altura das plantas e manter o potencial produtivo. O etil-trinexapac e o proexadione-Ca foram os que promoveram plantas com menor altura. As variáveis, grãos maiores que 1,75 mm, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga, massa de mil grãos, peso hectolitro e rendimento de grãos não foram afetados pelos redutores de crescimento.

A adubação nitrogenada de cobertura, em diferentes momentos de aplicação, promoveu aumento na massa de grãos por espiga, massa de mil grãos e peso hectolitro, no entanto não afetou o rendimento de grãos.



## 4 NITROGÊNIO EM COBERTURA E ETIL-TRINEXAPAC NA QUALIDADE INDUSTRIAL DO TRIGO cv. MIRANTE.

### 4.1 RESUMO

O uso do nitrogênio na cultura do trigo contribui para aumentar a produtividade nas lavouras e melhorar a qualidade dos grãos, no entanto o uso excessivo desse nutriente aumenta a probabilidade de ocorrência do acamamento, o qual pode ser evitado com a aplicação de redutores de crescimento. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da adubação nitrogenada em cobertura na fase vegetativa e reprodutiva, associado ao emprego do redutor de crescimento etil-trinexapac sobre a qualidade industrial de trigo cv. Mirante. O experimento foi conduzido em campo, durante o ano agrícola de 2011 e 2012, em Lages, SC. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram utilizados dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura (estádio vegetativo) e (estádio vegetativo+reprodutivo) e o redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação (100 e 200 g i.a. ha<sup>-1</sup>), o qual foi aplicado via pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, com uma vazão equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. O uso do etil-trinexapac afetou a tenacidade, extensibilidade, relação tenacidade/extensibilidade e o número de queda, de maneira dependente da dose e de safra de cultivo. A aplicação de N em dois diferentes momentos de aplicação (vegetativo+reprodutivo) propiciou um aumento na extensibilidade, teor de proteína, glúten úmido, glúten seco e na força do glúten. O trigo cultivado na safra de 2012 apresentou, de maneira geral, melhor qualidade industrial em comparação com os produzidos na safra 2011.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum* L., Redutor de crescimento, Qualidade da farinha.

## 4.2 ABSTRACT

## EFFECT OF NITROGEN AND ETIL-TRINEXAPAC IN INDUSTRIAL QUALITY OF WHEAT CV. MIRANTE

The use of nitrogen in wheat contributes to increasing the grain yield of the crop plants and improving the quality of the grains, however excessive rate of the nitrogen increases the probability of lodging, which can be avoided by applying plant growth retardant. The objective of this work was to evaluate the effects of N application on vegetative and vegetative plus reproductive phases, associated with spraying of the plant growth retardant etil-trinexapac on industrial quality of wheat grain cv.Mirante. The experiment was carried out at field conditions during the growing season 2011 and 2012, in Lages, SC. The experimental design was a randomized block with four replications. Were used two times of application of nitrogen (vegetative and vegetative plus reproductive stage) and growth reducer etil-trinexapac in two application rates (100 and 200 g a.i. ha<sup>-1</sup>), which was applied by sprayer with CO<sub>2</sub>, at a rate equivalent to 200 L ha<sup>-1</sup>. The use of etil-trinexapac affected in a dependent manner the tenacity, extensibility, extensibility and falling number. Applying N at reproductive stage of wheat led to an increase in sedimentation, extensibility, protein content, wet gluten, dry gluten and gluten strength. The wheat grown in the crop of 2012 showed grain and flour with highest industrial quality than 2011 growing season.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., Plant growth retardant, Flour quality.

### 4.3 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*, L) é o segundo cereal mais consumido no mundo. O consumo de trigo no Brasil é de 60 kg per capita ano. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria cada brasileiro em média, consome, 27 kg de pão ano<sup>-1</sup>, o que equivale a 1,5 pãozinho de 50 g ao dia (ABIP, 2013). O restante do trigo é consumido através de massas, biscoitos, grãos integrais e outros usos. A produção nacional de trigo tem oscilado ao redor dos cinco milhões de toneladas por ano com um consumo de aproximadamente 10 milhões de toneladas, sendo o país um grande importador do grão. As condições ambientais influenciam no comportamento dos genótipos e nas características dos grãos de trigo e de sua farinha. Historicamente a falta de incentivo à produção, os baixos tetos de rendimento são fatores que contribuem para o déficit anual na produção brasileira de trigo (ROSSI et al., 2004).

A produção final da cultura do trigo é definida em função da cultivar, da quantidade de insumos utilizada e das técnicas de manejo empregadas (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009). Entre as técnicas de manejo destacasse a adubação nitrogenada em razão do nitrogênio ser um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pela cultura, pois o mesmo é o nutriente que mais comumente limita o rendimento e o de maior efeito sobre a qualidade do grão de trigo (FAGERIA; BALIGAR; CLARCK, 2006), uma vez que o N esta ligado à formação da proteína, constituindo um dos mais importantes elementos no enriquecimento dos grãos deste cereal. Portanto a concentração de proteínas nos grãos de trigo é um dos fatores determinantes da qualidade da farinha. Para a síntese de proteína nos grãos de trigo, o N é translocado dos tecidos (folhas) para a espiga durante a fase de enchimento dos grãos e desta maneira convertido a N-proteico (DIDONET et al., 2000).

A grande parte do N usado para sintetizar proteína no grão é absorvido antes da floração. Sendo assim, a quantidade de N armazenado nos tecidos da planta no momento da floração é que define o N disponível para sintetizar compostos nitrogenados na planta e para a formação de proteína nos grãos. A adubação nitrogenada no estágio reprodutivo (florescimento, estágio 51 da escala de Zadoks) (ZADOKS; CHANG; KONZAK, 1974) aumenta a disponibilidade de N justamente antes do enchimento de grãos, permitindo que maiores quantidades de proteína sejam sintetizadas. A aplicação de N em cobertura durante a

fase reprodutiva pode ser eficaz na produção de grão com alto teor de proteína (ALTENBACH et al., 2011). Na falta de N, a planta diminui a síntese de proteínas no grão e aumenta a síntese de amido, gerando grãos com baixa concentração de proteína (ROSA FILHO, 2010). As características reológicas da farinha dependem da quantidade e da qualidade das proteínas presentes nos grãos. Para avaliar a qualidade dos grãos e da farinha de trigo, entre outras análises físicas, o peso hectolítrico e a massa de mil grãos, físico-químicas – o teor de proteínas, o teste de e o número de queda a as análises tecnológicas de alveografia, cujas principais medidas são a extensibilidade, a tenacidade e a força do glúten (MIRANDA; DE MORI; LORINI, 2006).

Porém, a busca por melhor qualidade e alto potencial de rendimento de grãos, está ligado ao maior uso de insumos, sendo que o uso excessivo do N pode resultar em acamamento de plantas de trigo um fenômeno que compromete a produtividade e qualidade dos grãos (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Quando o acamamento ocorre na fase de enchimento de grãos, compromete a produtividade, por limitar a fotossíntese e a translocação de fotoassimilados. Na maturação, as plantas acamadas deixam as espigas mais próximas do solo, em ambiente mais úmido, o que acarreta diminuição do peso hectolítrico, aumentará a germinação na espiga e a deterioração do grão, além de dificultar a colheita mecanizada (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Entre as estratégias para o uso de altas doses de nitrogênio visando obter um maior rendimento e melhor qualidade dos grãos, sem a ocorrência de acamamento está no uso de substâncias sintéticas, denominadas redutores de crescimento. Estas substâncias atuam como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas. Normalmente, ligam-se a receptores localizados na membrana celular e desencadeiam uma série de mudanças celulares, as quais podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos (ESPINDULA et al., 2010a). O etil-trinexapac atua nas plantas reduzindo a alongação dos entrenós no estágio vegetativo. Sua ação bioquímica consiste na interferência no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico pela inibição da enzima  $3\beta$ -hidroxilase reduzindo o nível do ácido giberélico ativo GA1 e, assim, aumentando acentuadamente seu precursor biossintético imediato GA20 (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2009). A queda no nível do ácido giberélico ativo GA1 é a provável causa da inibição do crescimento das plantas (ZAGONEL et al., 2002). O efeito do redutor de crescimento depende de vários fatores, tais como a dose e a época de

aplicação, a época de semeadura, as condições do ambiente, o estado nutricional e fitossanitário da cultura (RODRIGUES et al., 2003). O momento correto de aplicação do etil-trinexapac é entre o primeiro e o segundo nó perceptível, na dose de 100 a 125 g i.a. ha<sup>-1</sup>, mas essa recomendação é ampla e não distinta em relação ao porte das cultivares, que podem responder de maneira diferencial em relação à dose do produto (REUNIÃO..., 2013; ZAGONEL et al., 2007).

Considerando as hipóteses que: i) boa parte do trigo produzido no Brasil não apresenta boa qualidade industrial para panificação, nossa maior demanda; ii) a aplicação de nitrogênio em cobertura (estádio vegetativo mais estágio reprodutivo) melhora a qualidade industrial do trigo; iii) as condições climáticas do sul do Brasil são favoráveis para a ocorrência do acamamento em plantas de trigo contribuindo para que haja redução na qualidade industrial; iv) altas doses de nitrogênio aplicado em cobertura nas plantas de trigo provoca aumento em estatura; v) a aplicação de etil-trinexapac reduz a estatura de planta e diminui risco de acamamento e pode contribuir para uma melhor qualidade industrial. Objetivou-se com esse trabalho verificar a influência do N associado ao emprego de etil-trinexapac sobre qualidade industrial de trigo cv. Mirante.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo, na área experimental da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, nos anos agrícolas de 2011 e 2012, em Lages município localizado no Planalto Sul de Santa Catarina. As coordenadas geográficas deste município são 27°52'30'' de latitude sul e 50°18'20'' de longitude oeste, com altitude média de 930m. No inverno o clima é bastante frio, atingindo temperaturas abaixo de zero com frequente ocorrência de geadas e com chuvas bem distribuídas (EPAGRI, 2006).

As sementes de trigo utilizadas foram da cultivar Mirante, na densidade de 350 sementes aptas por m<sup>2</sup>, na safra de 2011 a semeadura foi realizada sobre a resteva de soja, no dia 28/07/2011, e na safra de 2012 a semeadura foi realizada sobre a resteva de feijão, no dia 16/07/2012. Em ambos os experimentos a semeadura foi realizada por uma semeadora de parcelas (Embrapa-Semeato, modelo Sêmima), as parcelas foram compostas de 5 fileiras de 10 m de comprimento, espaçadas de 0,20 m entre si e 0,5 m entre cada parcela. A correção da acidez do solo e a adubação seguiram as recomendações para a cultura

do trigo, para uma expectativa de rendimento de grãos de 4 t ha<sup>-1</sup> descrita pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (CQFS-RS/SC, 2004). A adubação de base constituiu-se da aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na sementeira. O controle de plantas daninhas, de doenças e de pragas foi feito de acordo com as necessidades, utilizando-se os produtos químicos recomendados para a cultura.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. O N em cobertura foi aplicado em dois diferentes momentos, estágio vegetativo (afilhamento) e estágio vegetativo+reprodutivo (afilhamento+florescimento). A dose de N aplicada em cada estágio fenológico correspondeu a 30 kg ha<sup>-1</sup>, sendo utilizada uréia como fonte de N, aplicado a lanço no afilhamento e na fase reprodutiva a uréia foi diluída em água (5% p/v) e aplicada via foliar. Na fase, reprodutiva, a dose de nitrogênio foi subdividida em seis aplicações espaçadas sete dias entre si, sendo que a primeira aplicação foi realizada quando as plantas se encontravam no florescimento, considerado estágio 51 (ZADOKS; CHANG; KONZAK, 1974), e a última coincidindo quando os grãos se encontravam no estágio 81 (grão pastoso). O redutor de crescimento utilizado foi o etil-trinexapac (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>), o qual foi aplicado via pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, com uma vazão equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. As duas doses de redutores de crescimento aplicadas foram à recomendada, aplicada quando as plantas estavam no estágio 31, e o dobro desta aplicadas, duas vezes, uma no estágio 31 e a segunda no estágio 32 (primeiro e segundo nós visíveis no colmo da planta, respectivamente). Sendo assim, na safra de 2011 as plantas que receberam N na fase vegetativa receberam uma dose de etil-trinexapac aplicado no estágio 31 de Zadoks, e as plantas que receberam N na fase vegetativa+reprodutiva receberam duas doses de etil-trinexapac aplicados nos estádios 31 e 32 de Zadoks. Já na safra de 2012 foram seis tratamentos dispostos em esquema fatorial 2 x 3.

A colheita foi realizada no dia 13/12/2011 (safra 2011) e no dia 03/12/2012 (safra 2012). Após o beneficiamento realizou-se a junção dos grãos de cada repetição de campo para obtenção da amostra de trabalho da seguinte forma: separou-se 500g de grãos da parcela útil de cada bloco (amostra simples), e misturou-as para obtenção da amostra composta. Dessa retirou-se uma amostra de 1000g (amostra média) a qual deu origem a amostra de trabalho.

As análises foram realizadas no laboratório de cereais do Centro de Pesquisa em Alimentação – CEPA, da Universidade de Passo Fundo

– UPF e na empresa Biotrigo Genética, conforme metodologias descritas a seguir. A moagem das amostras de grãos foi realizada em moinho piloto da marca Chopin, de acordo com o método número 26-10 da American Association of Cereal Chemists (AACC, 1999).

### Alveografia

As características viscoelásticas da farinha de trigo foram determinadas no alveógrafo marca alveo-consitógrafo Chopin, modelo NG (Villeneuve-la-Garenne Cedex, França) utilizando o método n° 54-30 da AACC (1999), através da pesagem de 250 gde farinha e volume de 129,4 mL de água, corrigido na base de 14% de umidade. Os parâmetros determinados foram: Força de glúten (W), que representa o trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura, é expresso em  $10^{-4}$ J; Tenacidade (P), que representa a pressão máxima necessária para expandir a massa, expressa em mm; Extensibilidade (L), que indica a capacidade máxima de extensão da massa, sem que ela se rompa, expresso em mm; Relação tenacidade/extensibilidade (P/L), que expressa o equilíbrio da massa (adimensional).

### Teor de glúten úmido e seco

Para determinar o teor de glúten úmido (GU) e glúten seco (GS), foi utilizado o equipamento Glutomatic, utilizando o método 38-12 da AACC (1999). O total de glúten úmido é expresso em percentual, o glúten seco foi obtido após a secagem do glúten úmido.

### Número de queda da farinha

O número de queda (NQ) foi determinado através do aparelho Falling Number modelo 1500, com base no método 56-81B da AACC (1999). Este método baseia-se na habilidade da enzima  $\alpha$ -amilase em hidrolisar o gel de amido. A atividade da enzima é medida pelo NQ, definido como o tempo total em segundos contado a partir da imersão de um tubo viscosimétrico em banho-maria, necessário para acionar um agitador viscosimétrico e lhe permitir atravessar uma distancia fixa, caindo em gel aquoso de farinha que esta sofrendo liquefação.

### Teor de proteína

O teor de proteína total (TP) foi determinado através de espectrofotometria de reflectância no infravermelho proximal (NIR), em amostras de 500g de grãos de cada tratamento. Todas as amostras, constituídas por grãos inteiros, foram lidas em um aparelho Infratec modelo 1241 para os comprimentos de onda de 700 a 2.500 nm, região do infravermelho proximal.

### Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Devido ao uso de uma testemunha (sem emprego de redutor), o teste Dunnett ( $p < 0,05$ ) também foi empregado como teste de comparação entre as doses de etil-trinexapac e a testemunha. Os dados referentes a contagens e valores em percentagem foram previamente transformados pelo arco seno  $(x + 0,5)^{0,5}$  apenas para ANOVA; além disso, foi realizada a correlação de Spearman entre as variáveis estudadas ( $p < 0,05$ ). As análises foram realizadas via programa computacional SAS (SAS, 2003).

## 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Tabela 13) evidenciou efeito significativo de safra (S) para todas as variáveis exceto para força do glúten (W). O efeito simples de nitrogênio (N) foi observado em todas as variáveis estudadas. A tenacidade (P), a relação tenacidade extensibilidade (P/L), o número de queda (NQ) e o glúten úmido (GU) foram influenciados significativamente pelo redutor de crescimento (R). A interação entre os fatores S x N foi observado para as variáveis L, P/L e NQ. Para a P, P/L, W e GU houve influência da interação entre safra e redutor de crescimento (R). A interação N x R apresentou diferença em L, P/L, GU e GS.

Os desdobramentos das interações foram procedidos para dose de N x R, dentro de cada safra (Tabela 14 e 15). Desdobramento da interação S x N (Tabela 16 e 17). Bem como o desdobramento de dose de R x S (Tabela 18 e 19).



Tabela 13 – Resumo da análise de variância, quadrado médio do resíduo referente à aplicação de nitrogênio (N) em cobertura associado ao redutor de crescimento (R) etil-trinexapac em diferentes doses de aplicação para os caracteres tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade extensibilidade (P/L), força do glúten (W), número de queda (NQ), glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e teor de proteína (TP) de trigo, cultivar Mirante. Lages – SC, safra 2011 e 2012.

<b>Quadrado médio</b>									
<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>P (mmH<sub>2</sub>O)</b>	<b>L (mm)</b>	<b>P/L</b>	<b>W (10<sup>-4</sup> J)</b>	<b>NQ (S)</b>	<b>GU (%)</b>	<b>GS (%)</b>	<b>TP (%)</b>
<b>Safra (S)</b>	1	1973,00*	3554*	1.82*	882,77	1744,96*	146,65*	22,06*	9,72*
<b>Nitrogênio (N)</b>	1	117,00*	1511*	0,21*	24104,06*	1836,06*	172,49*	22,80*	10,37*
<b>S x N</b>	1	0	84,5*	0,11*	4,5	2346,12*	1,36	0,01	0,18
<b>Redutor de crescimento (R)</b>	2	100,77*	25,6	0,03*	847	185,19*	4,08*	0,33	0,4
<b>S x R</b>	2	207,00*	40,62	0,02*	1798,81*	127,81	5,31*	0,37	0,06
<b>N x R</b>	2	42	568*	0,04*	981,08	8,33	3,86*	0,61*	0,46
<b>Resíduo</b>		5,13	16,82	0	282,31	37,35	0,89	0,14	0,39
<b>Média Geral</b>		88,4	96,05	1,02	252,2	320,9	31,92	10,79	14,16
<b>CV (%)</b>		2,56	4,27	5,52	6,66	1,9	2,96	3,44	4,39

\* significativo a  $P < 0,05$ ; ns não significativo a  $P > 0,05$ .

FONTE: produção do próprio autor.

#### 4.5.1 Teor de proteína

Nos dois anos de cultivo, foi verificado aumento no percentual de proteína total nos grãos provenientes das plantas que foram submetidas à adubação com N no estágio vegetativo+reprodutivo. Na safra de 2011, os grãos provenientes das plantas que receberam N em dois momentos (vegetativo + reprodutiva) e sem a aplicação do redutor de crescimento apresentaram o valor mais alto para o teor de proteína– TP (Tabela 15). Na safra agrícola de 2012, os grãos provenientes de plantas que receberam N em dois diferentes momentos de aplicação, mais a dose recomendada do redutor, foram as que expressaram maior valor de TP, diferindo estatisticamente da testemunha, seguido das plantas que receberam N em dois diferentes momentos de aplicação, mais o dobro da dose recomendada do redutor (Tabela 15). Entretanto, com base no maior valor do QMR, a adubação com N foi a que mais contribuiu para os resultados. Na safra de 2011, os grãos provenientes das plantas que foram submetidas apenas a um único momento de aplicação de N (vegetativo) apresentaram 12,4% de proteína, contra 13,8% dos grãos provenientes das plantas que receberam N em dois diferentes momentos. Na safra de 2012 obteve-se resultado semelhante, 13,9% de proteína para os grãos provenientes das plantas que receberam N, em apenas um momento, contra 15,9% dos grãos provenientes de plantas que receberam N em dois momentos. Na média geral, o teor de proteínas nos grãos provenientes das plantas que receberam N em dois diferentes momentos foram superiores aos grãos que receberam N em momento único de aplicação (Tabela 16). A época de aplicação de N em cobertura altera a proteína, quando aplicado N no emborrachamento (YANO; TAKAHASHI; WATANABE, 2005) e na pós-antese (ALTENBACH et al., 2011) propiciou aumento na produção de proteínas nos grãos de trigo.

A dose de etil-trinexapac não influenciou no teor de proteína dos grãos (Tabela 19).

O teor de proteínas do grão de trigo varia em função de fatores agrônômicos e ambientais (RIBEIRO, 2009). Neste trabalho, o teor de proteína nos grãos apresentou-se de maneira distinta entre os anos agrícolas.

#### 4.5.2 Glúten úmido

O teor de glúten úmido (GU) na farinha, independente da dose do redutor de crescimento, nas duas safras de cultivo nas plantas que receberam N em dói momentos (vegetativo+reprodutivo) apresentaram valores superiores ao tratamento com N apenas no estágio vegetativo (Tabela 15). Na média dos dois anos de cultivo, os grãos oriundos das plantas tratadas com N em dois momentos de aplicação apresentaram aumento (+ 10,7%) no teor de glúten úmido comparado ao tratamento com época única de aplicação de N (Tabela 16). O efeito do redutor de crescimento pode ser observado apenas no ano agrícola de 2011, onde as plantas que receberam o dobro da dose recomendada do produto apresentaram maior valor diferindo estatisticamente dos outros tratamentos (Tabela 19).

Como o glúten é formado pelas proteínas gliadinas e gluteninas, o aumento na quantidade de nitrogênio disponível para as plantas de trigo influencia diretamente no aumento do conteúdo destas proteínas que irão formar o glúten. Quando o conteúdo proteico é superior a 11%, o valor do glúten úmido pode variar entre 18% e 38%, e isto dependerá do total de proteínas presentes no grão de trigo (RIBEIRO, 2009). Em um estudo realizado com o etil-trinexapac e dose de nitrogênio sobre a qualidade industrial do trigo, foi verificado que o etil-trinexapac não tem efeito sobre a qualidade industrial do trigo, já o aumento da dose de N promoveu incremento no nível de glúten úmido na cultivar BRS 177 (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010). A faixa de 24% a 36% de glúten úmido é a faixa recomendada para as farinhas destinadas à panificação(LIMA, 2007). Em Lages, destaca-se que a cv. Mirante apresentou farinha com valores do glúten úmido dentro dos valores recomendados para a panificação.

#### 4.5.3 Glúten seco

Na safra de 2011, os grãos provenientes das plantas que receberam N, em dois momentos de aplicação, sem o redutor de crescimento foram as que apresentaram farinha com maior percentual de glúten seco (GS) (Tabela 15). Na safra de 2012, as plantas que receberam N em dois momentos de aplicação associado à dose recomendada e com o dobro da dose de etil-trinexapac foram as que apresentaram farinha com maior percentual de GS respectivamente. Indiferente do ano agrícola e avaliando apenas a época de aplicação de

N, as plantas que receberam N em dois momentos de aplicação produziram grãos com maior percentual de GS (Tabela 16). Na média geral do redutor de crescimento na safra de 2011, as plantas que receberam o dobro da dose recomendada do produto produziram grãos com maior percentual de GS, na safra de 2012, o redutor não provocou efeito sobre o percentual de GS nos grãos de trigo (Tabela 19).

O aumento da dose de N promoveu um aumento no nível de glúten seco da cultivar BRS 177; entretanto, o etil-trinexapac não teve efeito sobre o percentual de glúten seco (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010). Em um trabalho semelhante também verificou-se que com o aumento na dose de nitrogênio há efeito positivo sobre o percentual de glúten úmido e seco em grãos de trigo (PINNOW et al., 2013).

#### 4.5.4 Força do glúten

Na safra de 2011, a força do glúten (W) variou entre 212 e 279 x 10<sup>4</sup>J (Tabela 15). As plantas que receberam N em dois diferentes momentos de aplicação sem o redutor de crescimento foram as que deram origem à farinha com maior W. Na safra de 2012, oW variou entre 206 e 332 x 10<sup>4</sup>J, sendo que as plantas que receberam N em dois momentos, independente da dose do redutor utilizado, foram as que apresentaram farinha com maiores valores de W, porém quando aplicado o redutor na dose recomendada mais o dobro desta, o W foi superior, diferindo da testemunha (Tabela 15). Na média dos dois anos de cultivo as plantas que receberam N em dois diferentes momentos de aplicação apresentaram W superior às plantas que receberam N apenas em um momento (vegetativo) (Tabela 16). O efeito do redutor foi verificado apenas na safra de 2011, onde as plantas que não receberam a dose do produto diferiram estatisticamente das demais, apresentando o maior valor de W, no entanto o mesmo efeito não foi verificado na safra de 2012 (Tabela 19). Em estudo feito com etil-trinexapac, foi verificado que a força do glúten para a cultivar Avante não sofreu influência do redutor, no entanto para a cultivar BRS 177 a aplicação sequencial do etil-trinexapac influenciou a força do glúten, resultando em maior valor de W (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010).

De acordo com a Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010, denominada “Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Trigo” (BRASIL, 2010), o trigo, para ser classificado como pão, deve apresentar força do glúten (W) igual ou superior a 220 x

$10^{-4}J$ , e para ser classificado como trigo Melhorador deve apresentar  $W \geq 300 \times 10^{-4}J$ , Doméstico  $W \geq 160 \times 10^{-4}J$ , Básico  $W \geq 100 \times 10^{-4}J$  e Outros Usos qualquer valor de  $W$ . Com base apenas neste critério de classificação, na safra de 2012, a aplicação de N em dois diferentes momentos (vegetativo+reprodutivo) em conjunto com a dose recomendada do redutor mais o dobro desta, proporcionou farinha com  $W$  superior a  $300 \times 10^{-4}J$ , sendo classificado como trigo melhorador, este pode ser usado em mesclas com outros trigos para aumentar a força do glúten. Na mesma safra com o N sendo aplicado apenas na fase vegetativa, sem o redutor de crescimento e com a dose recomendada do mesmo, o  $W$  foi inferior a  $220 \times 10^{-4}J$ , sendo classificado como doméstico.

A qualidade do glúten pode ser classificada de acordo com os dados de  $W$  do teste de alveografia. A farinha pode apresentar valores de  $W$  menor que  $50 \times 10^{-4}J$ , indicando glúten de qualidade muito fraco, entre 51 e  $100 \times 10^{-4}J$ , fraco, valores compreendidos entre 101 e  $200 \times 10^{-4}J$ , para glúten de força média, entre 201 e  $300 \times 10^{-4}J$ , para glúten de força média a forte, entre 301 e  $400 \times 10^{-4}J$ , glúten forte e acima de  $401 \times 10^{-4}J$ , glúten muito forte (ORTOLAN, 2006). No presente estudo, de maneira geral, as farinhas avaliadas apresentaram glúten de força média à forte e forte.

A adubação nitrogenada em dois diferentes momentos propiciou incremento na força do glúten nas duas safras de cultivo (Tabela 16). Na safra de 2012 com a aplicação de N apenas na fase vegetativa, com base na força do glúten, o trigo foi classificado como doméstico enquanto que com a aplicação de N no estágio vegetativo mais reprodutivo o trigo foi classificado como melhorador. Crescentes doses de N no início do espigamento proporcionam crescentes aumentos da porcentagem de proteína no grão e consequentemente aumento da força do glúten (ROSA FILHO, 1999).

#### 4.5.5 Tenacidade

Os valores obtidos para tenacidade (P), também conhecida como resistência da massa à deformação variaram de 89 a 112,5 mm e de 74 a 87,5 mm nas safras de 2011 e 2012 respectivamente. Na primeira safra, as plantas que receberam N apenas em um momento (estádio vegetativo) associado à aplicação do redutor de crescimento na dose recomendada apresentaram grãos que deram origem à farinha com maior valor de P, o mesmo efeito não foi verificado na safra de 2012,

pois nesta as plantas tratadas com N em dois diferentes momentos de aplicação mais o redutor de crescimento na dose recomendada e o dobro desta, apresentaram grãos que deram origem a uma farinha com maior valor de P, diferindo estatisticamente da testemunha (Tabela 14). Na média geral, dos dois anos de cultivo o N não provocou efeito sobre a variável P (Tabela 17). Avaliando apenas o efeito do redutor, em ambas as safras a aplicação do redutor, na dose recomendada proporcionou produção de farinha com maior valor de P (Tabela 18). No entanto o uso do redutor de crescimento etil-trinexapac não influenciou a tenacidade nas cultivares de trigo BRS 177 e Avante (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010).

#### 4.5.6 Extensibilidade

A extensibilidade (L) variou de 58 a 85,5 mm na safra de 2011 e de 101,5 a 125 mm, na safra de 2012. Para a variável L nas safras de 2011 e 2012, os maiores valores, foram obtidos com a aplicação de N em dois diferentes momentos de aplicação, sendo que o maior valor obtido foi na combinação entre N em dois momentos sem a aplicação do redutor de crescimento (Tabela 14). Na média geral a aplicação de N em dois momentos provocou aumento no valor de P (Tabela 17). Na safra de 2011, a aplicação do redutor de crescimento na dose recomendada reduziu o valor de L diferindo da testemunha, o mesmo efeito não foi verificado na safra de 2012 onde o redutor não interferiu na variável L (Tabela 18). (PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010), verificaram que o uso do redutor etil-trinexapac promoveu aumento na extensibilidade da cultivar BRS 177 e não provocou efeito na cultivar Avante.

Os dois grupos de proteínas que conferem propriedades especiais na qualidade do trigo são a glutenina, responsável pela elasticidade e a gliadina pela extensibilidade da massa. O incremento no conteúdo de proteína usualmente resulta em maior extensibilidade da massa e melhor potencial para fabricação de pão (TONON, 2010).

#### 4.5.7 Relação tenacidade/extensibilidade

Os valores obtidos para a variável tenacidade/extensibilidade (P/L) variaram de 1,10 a 1,90 e de 0,61 a 0,89, safra de 2011 e 2012 respectivamente. Na safra de 2011 a adubação com N apenas em um momento (vegetativo), sem o redutor de crescimento e com o redutor na

dose recomendada foram os que apresentaram maiores valores da relação P/L. Na safra de 2012 o maior valor da relação P/L foi obtido com o N sendo aplicado apenas no estágio vegetativo e sem o redutor de crescimento (Tabela 14). O N provocou efeito apenas na safra de 2011, onde a aplicação de N em dois diferentes momentos de aplicação reduziu o valor da relação P/L (Tabela 17). O redutor de crescimento quando aplicado na dose recomendada provocou acréscimo na relação P/L, porém, quando utilizado o dobro da dose este efeito foi negativo (Tabela 18). A relação P/L menor que 0,6 é classificada como glúten extensível, relação P/L de 0,6 a 1,2 como glúten balanceado, e relação P/L maior que 1,21 como glúten tenaz (GUARIENTI, 1993). Na safra de 2011 a aplicação de N em dois momentos reduziu a relação P/L da farinha quando comparado à testemunha (Tabela 17). De acordo com a classificação a farinha que antes era classificada como trigo tenaz, passou a ser classificada como balanceada. Massa tenaz resultará em pães de pequeno volume e duros (CAZETTA et al., 2008). Na safra de 2012, independente do tratamento, todos os valores da relação P/L ficaram classificados com glúten balanceado. Sendo que para a produção de pães com boa qualidade a farinha deve possuir valores de P/L entre 0,5 e 1,2. A elevada relação P/L pode ser provocada pelo elevado teor de gluteninas, que são proteínas com elevada elasticidade e baixa extensibilidade (CAZETTA et al., 2008). Por outro lado, a redução da redução P/L pode ser explicada pelo aumento do teor de gliadinas que são responsáveis pela baixa elasticidade do glúten.

#### 4.5.8 Número de queda

Para esta análise, os maiores valores de NQ são obtidos pelas farinhas que apresentam baixa atividade amilolítica e vice-versa. Na safra de 2011 os valores de NQ variaram de 274 a 351s, sendo que a testemunha seguida do tratamento com o N em dois diferentes momentos de aplicação associado ao redutor de crescimento na dose recomendada apresentaram os maiores valores de NQ. Na safra de 2012 os valores de NQ variaram de 323 a 330s não apresentando diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 14). O efeito de N foi observado apenas na safra de 2011, no qual, as plantas tratadas com N em dois momentos de aplicação deram origem a uma farinha com menor número de queda (Tabela 17). Na safra de 2012 a época de aplicação de N não influenciou o NQ. Em outras pesquisas, também já foi evidenciado que a adubação de cobertura com N pouco influencia o NQ (BOSCHINI et

al., 2011; CAZETTA et al., 2008). E isto, não ocorre porque o número de queda determina a atividade da enzima  $\alpha$ -amilase, esta enzima é responsável por hidrolisar o amido presente no grão de trigo durante o processo de germinação, em situações onde a umidade na pré-colheita, pode favorecer a germinação do grão na espiga inviabilizando a farinha para fins industriais.

O efeito do redutor de crescimento também foi observado apenas na primeira safra, onde os tratamentos sem o redutor de crescimento e com o redutor na dose recomendada apresentaram maiores valores de NQ (Tabela 18). Amostras de farinha de trigo que apresentam NQ abaixo de 250s são, geralmente, associadas altos teores de amido danificado, causado por grãos germinados, revelando assim alta atividade da enzima  $\alpha$ -amilase. Por outro lado, amostras de NQ acima de 400s são as que apresentam baixa atividade amilolítica. Segundo a Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010, denominada “Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Trigo” (BRASIL, 2010), o trigo para ser classificado como pão deve apresentar um NQ superior a 220s, para ser classificado como trigo Melhorador deve apresentar NQ superior a 250s, Doméstico NQ maior que 220s, Básico NQ superior a 200s e Outros Usos qualquer valor de NQ. Sendo assim na safra de 2011 e 2012 o trigo apresentou um valor de NQ superior a 250s com base neste critério o trigo pode ser classificado como trigo melhorador.

Ressalta-se que a cultivar Mirante, utilizada nesta pesquisa é considerada “pão”, quando cultivada na região 1 (fria, alta, úmida) sendo esta classificação baseada no resultado de 4 experimentos/amostras com frequência de 25, 25 e 50% como básico, doméstico e pão, respectivamente e  $W = 280$  (máxima), 225 (média) e 120 (mínima) (REUNIÃO..., 2013).



Tabela 14 – Tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e número de queda (NQ) da farinha de trigo (cv. Mirante) em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e do redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação, em Lages – SC.

Tratamentos	P (mmH <sub>2</sub> O)		L (mm)		P/L		NQ (Seg)	
Safrá 2011								
1N+0R (Testemunha 1)	104	b	59,5	c	1,7	a	351,5	a
1N+1R	* 112,5	a	58	c	1,9	a	329	b
2N+0R (Testemunha 2)	104,5	b	* 92,5	a	* 1,1	b	* 283	c
2N+2R	* 89	c	* 85,5	b	* 1,1	b	* 274	c
Média	102,5		73,9		1,46		309,6	
DMS	8		1,5		0,28		24	
CV (%)	1,8		0,5		4,62		1,8	
Safrá 2012								
1N+0R (Testemunha)	74	b	101,5	c	0,76	abc	330	ns
1N+1R	78,5	b	88,5	d	0,89	a	329	
1N+2R	74	b	* 119	ab	0,62	c	323	
2N+0R	74,5	b	* 121,5	ab	0,61	c	330	
2N+1R	* 85,5	a	* 125	a	0,68	cb	329	
2N+2R	* 87,5	a	109	bc	0,81	ab	328	
Média	79		110,8		0,73		328	
DMS	9,1		17,6		0,25		23,6	
CV (%)	3,2		4,4		9,41		2	
Efeito de Safrá								
Safrá 2011	102,5	A	73,9	B	1,5	A	309	B
Safrá 2012	79	B	110,8	A	0,7	B	328	A

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

R = redutor etil-trinexapac (0 = sem o redutor; 1 redutor na dose recomendada; 2 dobro da dose recomendada).

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett;  $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.

Tabela 15 – Teor de proteína (TP), glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e força do glúten (W) em função de dois diferentes

momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e do redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação, Lages – SC.

Tratamentos	TP (%)	GU (%)	GS (%)	W (10 <sup>-4</sup> J)
Safrá 2011				
1N+0R (Testemunha 1)	12,3 b	26,70 c	8,5 c	212,0 c
1N+1R	12,4 b	25,10 c	8,3 c *	231,5 b
2N+0R (Testemunha 2)	13,4 ab *	32,0 a *	10,4 a *	279,0 a
2N+2R	14,1 a *	29,90 b *	10,1 b *	229,0 b
Média	13,1	28,2	9,4	238,0
DMS	2,0	1,4	0,3	16,0
CV (%)	3,6	1,1	0,7	1,6
Safrá 2012				
1N+0R (Testemunha)	13,9 c	31,0 c	10,5 c	206,0 c
1N+1R	13,6 c	31,5 c	10,5 c	208,0 c
1N+2R	14,2 bc	30,5 c	10,2 c	239,5 cb
2N+0R	15,5 abc *	35,7 b *	12,4 b	276,0 ab
2N+1R	* 16,4 a *	39,9 a *	13,8 a *	332,0 a
2N+2R	15,8 ab *	38,1 ab *	13,3 ab *	309,0 a
Média	14,9	34,4	11,8	261,8
DMS	2,6	4,5	1,6	80,0
CV (%)	4,8	3,6	3,7	8,5
Efeito de Safrá				
Safrá 2011	13,1 B	28,1 B	9,3 B	237,9 ns
Safrá 2012	14,9 A	34,4 A	11,8 A	261,8

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

R = redutoretil-trinexapac (0 = sem o redutor; 1 redutor na dose recomendada; 2 dobro da dose recomendada).

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett; P<0,05).

ns = diferença não significativa de tratamento (P>0,05). DMS = diferença mínima.

FONTE: produção do próprio autor.

Tabela 16 – Teor de proteína (TP), glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e força do glúten (W) em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura em dois anos agrícolas, Lages – SC.

Tratamentos	TP		GU		GS		W	
	(%)		(%)		(%)		(10 <sup>4</sup> J)	
Safrá 2011								
1N	12,4	b	25,4	b	8,5	b	221,7	b
2N	13,8	a	39,9	a	10,2	a	254,0	a
Safrá 2012								
1N	13,9	b	31,0	b	10,4	b	217,8	b
2N	15,9	a	37,9	a	13,1	a	305,7	a
Média Geral								
1N	13,2	B	28,2	B	9,5	B	219,8	B
2N	14,9	A	38,9	A	11,7	A	279,8	A

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

ns = diferença não significativa de tratamento (P>0,05).

FONTE: produção do próprio autor.

Tabela 17 – Tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade/ extensibilidade (P/L) e número de queda (NQ) em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura em dois anos agrícolas, Lages – SC.

Tratamentos	P		L		P/L		NQ	
	(mmH <sub>2</sub> O)		(mm)				(Seg)	
Safrá 2011								
1N	108,3	a	58,7	b	1,8	a	340	a
2N	96,8	b	89,6	a	1,1	b	279	b
Safrá 2012								
1N	75,5	b	103,2	ns	0,8	ns	327	ns
2N	82,5	a	118,5		0,7		329	
Média Geral								
1N	91,9	ns	80,9	B	1,3	ns	333,5	ns
2N	89,7		104,1	A	0,9		304	

1N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa.

2N = nitrogênio aplicado na fase vegetativa + reprodutiva.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ).

FONTE: produção do próprio autor.

Tabela 18 – Tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e número de queda (NQ) em função do redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação, em Lages – SC.

Tratamentos	P		L		P/L		NQ	
	(mmH <sub>2</sub> O)		(mm)				(Seg)	
Safrá 2011								
0 Dose de etil-trinexapac	104,3	b	76	b	1,4	b	317	a
1 Dose de etil-trinexapac *	112,5	a	* 58	c	* 1,9	a	329	a
2 Dose de etil-trinexapac *	89	c	* 85	a	* 1	c	* 274	b
Safrá 2012								
0 Dose de etil-trinexapac	74,3	b	111,5	ns	0,7	ns	330	ns
1 Dose de etil-trinexapac	82	a	106,8		0,8		329	
2 Dose de etil-trinexapac	80,1	ab	114,2		0,7		326	
Média Geral								
0 Dose de etil-trinexapac	89,3	AB	93,8	A	1,1	AB	323,1	AB
1 Dose de etil-trinexapac	97,3	A	82,4	B	1,4	A	329	A
2 Dose de etil-trinexapac	84,6	B	99,6	A	0,9	B	300	B

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett; P<0,05).

ns = diferença não significativa de tratamento (P>0,05).

FONTE: produção do próprio autor.

Tabela 19 – Teor de proteína (TP), glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e força do glúten (W) em função do redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação, Lages – SC.

Tratamentos	TP	GU	GS	W
	(%)	(%)	(%)	(10 <sup>4</sup> J)
Safrá 2011				
0 Dose de etil-trinexapac	12,9 ns	28,8 b	9,5 b	245,0 a
1 Dose de etil-trinexapac	12,4 *	25,1 c *	8,4 c *	231,5 b
2 Dose de etil-trinexapac	14,1 *	29,9 a *	10,1 a *	229,0 b
Safrá 2012				
0 Dose de etil-trinexapac	14,7 ns	33,3 ns	11,4 ns	241,0 ns
1 Dose de etil-trinexapac	15,0	35,6	12,1	270,0
2 Dose de etil-trinexapac	15,0	34,3	11,7	274,0
Média Geral				
0 Dose de etil-trinexapac	13,8 ns	31,1 ns	10,5 ns	243,0 ns
1 Dose de etil-trinexapac	13,7	30,4	10,3	250,7
2 Dose de etil-trinexapac	14,6	32,1	10,9	251,5

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ ).

\* = diferença significativa entre os tratamentos comparada ao tratamento testemunha (Dunnett;  $P < 0,05$ ).

ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ).

FONTE: produção do próprio autor.

#### 4.5.9 Correlação

Com o objetivo de investigar as possíveis relações entre as variáveis estudadas, foi realizada a correlação entre os resultados obtidos. Os coeficientes de correlação entre as características da qualidade industrial do trigo estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Correlação de Spearman entre as variáveis estudadas teor de proteína (TP), glúten úmido (GU), glúten seco (GS), força do glúten (W), tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e número de queda (NQ) de trigo cv. Mirante, em função de dois diferentes momentos de aplicação de nitrogênio em cobertura e do redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação, Lages – SC.

	TP (%)	GU (%)	GS (%)	W (10 <sup>-4</sup> J)	P (mmH <sub>2</sub> O)	L (mm)	P/L	NQ (Seg)
TP	1							
GU	0,95 **	1						
GS	0,97 **	0,99 **	1					
W	0,81 **	0,83 **	0,82 **	1				
P	-0,56 ns	-0,50 ns	-0,50 ns	-0,02 ns	1			
L	0,86 **	0,84 **	0,83 **	0,61 **	-0,77 **	1		
P/L	-0,76 **	-0,76 **	-0,74 **	-0,38 ns	0,89 **	-0,94 **	1	
NQ	0,01 ns	-0,01 ns	0,03 ns	-0,07 ns	-0,12 ns	-0,03 ns	0,12 ns	1

ns: não significativo; \*\*: estatisticamente significativo pelo teste t (P<0,05).

FONTE: produção do próprio autor.

Foi verificada correlação positiva do TP com GU ( $r = 0,95$ ), GS ( $r = 0,97$ ), W ( $r = 0,81$ ) e L ( $r = 0,86$ ) e correlação negativa com P/L ( $r = -0,76$ ). Como o glúten é formado por proteínas (glutenina e gliadina) esta correlação positiva era esperada. O conteúdo de proteínas correlaciona-se fortemente com a força geral do glúten e teor de glúten (BRANLARD et al., 1991). Em outra pesquisa foi verificado que as amostras de trigo com baixos teores de proteínas (10 a 11%) apresentaram menores valores de W (ROSA FILHO, 1999). Entretanto nas amostras com altos teores de proteína bruta (13 a 14%) foram observados os maiores valores, chegando à força do glúten a  $290 \times 10^{-4}$  J. A correlação negativa com a relação P/L pode ser explicada pelo aumento do teor de gliadinas, que são responsáveis por baixa elasticidade e elevada extensibilidade do glúten. Gutkoski et al. (2002) estudaram a correlação entre as determinações físico-químicas e reológicas de amostras de grãos e de farinhas do cultivo de trigo Rubi, e identificaram correlação positiva entre a concentração de proteínas do grão e a força do glúten e correlação negativa com a relação P/L.

Em relação ao GU, este apresentou correlação positiva com GS ( $r = 0,99$ ), W ( $r = 0,83$ ) e L ( $r = 0,84$ ), além de se correlacionar negativamente com a relação P/L ( $r = -0,76$ ). O GS também apresentou correlação positiva com o W ( $r = 0,82$ ) e L ( $r = 0,83$ ), e correlacionou-se negativamente com a relação P/L ( $r = -0,74$ ). O W apresentou correlação com o L ( $r = 0,61$ ).

Em relação a P esta apresentou correlação negativa com a L ( $r = -0,77$ ), e positiva com a relação P/L. O aumento da relação P/L, com consequente acréscimo da elasticidade do glúten, pode ser provocado pela elevação do teor de gluteninas (CAZETTA et al., 2008). Essas proteínas apresentam elevada elasticidade e baixa extensibilidade. O L correlacionou-se de forma negativa com a relação P/L ( $r = -0,94$ ). A redução da relação P/L pode ser explicada pelo aumento do teor de gliadinas, que são responsáveis por baixa elasticidade e elevada extensibilidade do glúten. De acordo com os resultados apresentados a aplicação de N na fase reprodutiva promoveu elevação do teor das proteínas formadoras do glúten, no entanto, este incremento não ocorreu de forma igual entre as duas proteínas, onde provavelmente ocorreu um maior incremento no teor da proteína gliadina principalmente na safra de 2012; ou seja, independente de safra, com base na Tabela 17, se aumentar o fornecimento de N em cobertura (estádios de enchimento dos grãos) resulta em grão produzidos com maior TP, com consequente aumento da fração gliadina em relação a fração glutenina (aumenta L e



reduz P); resultados consistentemente evidenciados, para estas características da farinha, neste estudo de relações (Tabela 20).

#### 4.5.10 Safra

A qualidade industrial de trigo, além de ser afetada pelo genótipo e pelo manejo, também é influenciada por fatores ambientes, como as condições meteorológicas prevalentes durante a permanência da cultura na lavoura. Os principais problemas climatológicos da triticultura brasileira são o excesso de umidade relativa do ar, em setembro-outubro, ocorrência de geadas no espigamento, chuvas na colheita e granizo (GUARIENTI et al., 2004). A Figura 3 apresenta e ilustra o comportamento climatológico durante o período de desenvolvimento da cultura nas safras de 2011 e 2012 respectivamente. Na Tabela 14 e 15 estão apresentados os dados das variáveis estudadas que apresentaram interação com as safras. O efeito da safra foi observado em todas as variáveis exceto para a força do glúten. Os valores de L, NQ, TP, GU e GS foram superiores na safra de 2012; ressalta-se que este ano teve menor volume de chuvas (434 mm), apenas metade do volume observado na safra 2011 (896 mm). O aumento da precipitação pluvial, do excesso hídrico do solo e da umidade relativa do ar, em vários períodos que antecedem a colheita pode levar a redução no NQ (GUARIENTI et al., 2003). Na Figura 3 pode-se observar que na safra de 2011 houve um maior volume de chuvas também no período que antecedeu a colheita em comparação com 2012. O que pode ter contribuído para esse menor valor de NQ na safra de 2011. A germinação pré-colheita do trigo é induzida quando os grãos absorvem água a baixas temperaturas, e com isso, a enzima  $\alpha$ -amilase sintetizada na camada de aleurona do endosperma e no escutelo do embrião é responsável pela redução do número de queda e conseqüentemente redução da qualidade da farinha (GUARIENTI et al., 2003). A precipitação pluvial antes da maturação do trigo promove o aumento da atividade enzimática, estas sendo ativadas promovem alterações no amido e nas proteínas. Já para P e P/L os valores obtidos foram superiores na safra de 2011. O aumento da relação P/L, com conseqüente acréscimo da elasticidade do glúten, pode ser provocado pela elevação do teor de gluteninas. Essas proteínas apresentam elevada elasticidade e baixa extensibilidade. Por outro lado, a redução da relação P/L pode ser explicada pelo aumento do teor de gliadinas, que são responsáveis por baixa elasticidade e elevada extensibilidade do glúten. Temperaturas elevadas auxiliam na elevação de gluteninas (CAZETTA et al., 2008). Na safra de 2012 observaram-se temperaturas negativas próxima ao início do florescimento do trigo e também, menores volume

de chuva na comparação com a safra 2011. Isto, o que pode explicar, pelo menos em parte, o menor valor da relação P/L.

#### 4.6 CONCLUSÕES

O etil-trinexapac, afeta de maneira dependente, da dose utilizada e safra de cultivo, porém, levemente, a qualidade industrial do trigo e da farinha.

A adubação de cobertura com N em dois diferentes momentos de aplicação (estádio vegetativo + estágio reprodutivo) promove aumento do teor de proteínas, glúten úmido, glúten seco, força do glúten e extensibilidade e não afeta a tenacidade, relação tenacidade/extensibilidade e número de queda para a cultivar de trigo Mirante.

A qualidade industrial é influenciada pelo ano agrícola. Os valores de tenacidade e a relação tenacidade extensibilidade foram superiores na safra de 2011, já os valores de extensibilidade, número de queda, teor de proteína, glúten úmido, glúten seco e força de glúten foram superiores na safra de 2012.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os redutores de crescimento utilizados não afetaram o rendimento de grãos. Todos os redutores utilizados induziram redução na altura das plantas, o Etil-trinexapac e Proexadione-Ca foram os que promoveram plantas com menor altura.

O ano agrícola influenciou na produtividade e na qualidade industrial do trigo, de forma geral, na safra de 2011, houve um maior rendimento de grãos ( $4,75 \times 2,87 \text{ t ha}^{-1}$ ) parcialmente explicado pelo volume de chuvas ( $896 \times 434 \text{ mm}$ ) da safra 2011 x 2012, respectivamente. Na safra de 2012 os parâmetros da qualidade industrial foram superiores.

No Brasil ainda é recente os estudos com N no estágio reprodutivo para melhorar a qualidade industrial do trigo. A adubação nitrogenada no estágio reprodutivo apenas promove melhoria na qualidade industrial dos grãos, sendo potencialmente necessária em condições de manejo para tetos produtivos maiores para assegurar a qualidade industrial da farinha (aumentando TP, W e P – glutenina, com consequente aumento de P/L); porém não tendo efeito sobre o rendimento de grãos de trigo cv. Mirante.



## REFERÊNCIAS

AACC American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the AACC**. 8 ed. Saint Paul: 1999.

ABIP Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. **Desempenho do setor de panificação e confeitaria brasileiro 2012**. Brasília: ABIP.Online, Disponível em: <[http://www.abip.org.br/perfil\\_internas.aspx?cod=333](http://www.abip.org.br/perfil_internas.aspx?cod=333)>. Acesso em: 11 jun 2013.

ABITRIGO Associação Brasileira da Indústria do Trigo. **Estatísticas do Trigo**. Brasília: Disponível em: <[www.abitrigo.com.br](http://www.abitrigo.com.br)>. Acesso em: 18 jun 2013.

ALTENBACH, S. B.; TANAKA, C. K.; HURKMAN, W. J.; WHITEHAND, L. C.; VENSEL, W. H.; DUPONT, F. M. Differential effects of a post-anthesis fertilizer regimen on the wheat flour proteome determined by quantitative 2-DE. **Proteome Science**, United Kingdom, v. 9, n. 46, p. 1-13, 2011.

BELLIDO, L. L. **Cultivos Herbáceos - Cereales**. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 539 p.

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

BOSCHINI, A. P. M. **Produtividade e qualidade de grãos de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água no Distrito Federal**. 2010. 44 f. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Brasília.

BOSCHINI, A. P. M.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. D.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. P.; MIRANDA, M. Z.; FAGIOLI, M. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio

e lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 450-457, 2011.

BRANDÃO, S. S.; LIRA, H. D. L. **Tecnologia de panificação e confeitaria**. Recife: EDUFRPE, 2011. 148 p.

BRANLARD, G.; ROUSSET, M.; LOISEL, W.; AUSTRAN, J. C. Comparison of 46 technological parameters used in breeding for bread wheat quality evaluation. **Journal of Genetics and Breeding**, Rome, v. 45, n. 4, p. 263-280, 1991.

BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 38, de 30 de Novembro de 2010, Regulamento Técnico do Trigo**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2010. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Sala%20de%20Imprensa/Publica%20A7%20B5es/Politica%20Agricola%20Brasileira.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Sala%20de%20Imprensa/Publica%20A7%20B5es/Politica%20Agricola%20Brasileira.pdf)>. Acesso em 18 jun. 2013.

BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Política Agrícola Brasileira Para a Triticultura e Demais Culturas de Inverno**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2012. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Sala%20de%20Imprensa/Publica%20A7%20B5es/Politica%20Agricola%20Brasileira.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Sala%20de%20Imprensa/Publica%20A7%20B5es/Politica%20Agricola%20Brasileira.pdf)>. Acesso em 09 jul. 2013.

CARREIRA, R. L.; RAMOS, C. S.; SILVA, M. R.; JUNIOR, C. O. L.; SILVESTRE, M. P. C. Emprego de metodologia enzimática na obtenção de extratos protéicos de farinha de trigo. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 04, p. 919-922, 2009.

CAZETTA, D. A.; FILHO, D. F.; ARF, O.; GERMANI, R. Qualidade industrial de cultivares de trigo e triticales submetidos à adubação



nitrogenada no sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 03, p. 741-750, 2008.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (CQFS-RS/SC) **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10ª ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.

CONAB **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira - Décimo Levantamento, julho 2013**. Brasília: CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>> acesso em: 18 jun. 2013. 28 p.

COSTA, L.; ZUCARELI, C.; RIEDE, C. R. Parcelamento da adubação nitrogenada no desempenho produtivo de genótipos de trigo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 02, p. 215-224, 2013.

CRUZ, P. J.; CARVAHO, F. I. F.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; BARBIERI, R. L.; CARGNIN, A. 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.

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. **PUBLICATIO - Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 14, n. 02, p. 143-152, 2008.

DIDONET, A. D.; LIMA, O. S.; CANDATEN, A. A.; RODRIGUES, O. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido a inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 02, p. 401-411, 2000.

EPAGRI Atlas climatológico do estado de Santa Catarina. In: Florianópolis: Epagri. Disponível em: <<http://ciram.epagri.rct-sc.br>> Acesso em: 10 jun. 2006, 2006.

ESPINDULA, M. C.; CAMPANHARO, M.; ROCHA, V. S.; MONNERAT, P. H.; FAVARATO, L. F. Composição Mineral de Grãos de Trigo Submetidos a Doses de Sulfato de Amônio e Trinexapac-etil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 513-520, 2010a.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, L. T. D.; SOUZA, M. A. D.; GROSSI, J. A. S. Efeitos de reguladores de crescimento na alongação do colmo de trigo. **ActaScientiarum.Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 01, p. 109-116, 2010b.

FAGERIA, C. K.; BALIGAR, V. C.; CLARCK, R. B. **Physiology of crop production**. 1ª ed. Haworth Press, Incorporated, 2006. 45 p.

FISCHER, R. A. Selection traits for improving yield potential. **Application of Physiology in Wheat Breeding CIMMYT**, México, p. 148-159, 2001.

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

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

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA - CNPT (EMBRAPA - CNPT. Documentos, 8) disponível em:  
<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84059/1/CNPT-DOCUMENTOS-8-QUALIDADE-INDUSTRIAL-DE-TRIGO-FL-03233.pdf>> Acesso em: 20 maio. 2013, 1993. 27 p.

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R.; DUCA, L. J. A. D.; CAMARGO, C. M. O. Influência das temperaturas mínima e máxima em características de qualidade industrial e em rendimento de

grãos de trigo. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 505-515, 2004.

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

GUTKOSKI, L. C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; SILVA, A. C. T.; ELIAS, M. C. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 888-894, 2008.

GUTKOSKI, L. C.; KLEIN, B.; COLUSSI, R.; SANTETI, T. A. S. Efeito da adubação nitrogenada nas características tecnológicas de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 1-4, p. 116-122, 2011.

GUTKOSKI, L. C.; ROSA FILHO, O.; TROMBETTA, C. Correlação entre o teor de proteínas em grãos de trigo e a qualidade industrial das farinhas. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 20, n. 01, p. 29-40, 2002.

**IBGE Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Rendimento médio - Confronto das Safras de 2010 e 2011.** Brasília: IBGE. Disponível em:

<[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201104\\_6.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201104_6.shtm)> Acesso em: 20 maio 2013, 2011.

**INMET Boletim Agroclimatológico: observações e gráficos do Boletim Agroclimatológico.** Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php?lnk=Gráficos>> acesso em: 20 maio 2013.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

LIMA, C. C. **Aplicação das farinhas de linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) no processamento de pães com propriedades funcionais.** 2007. 157 f. Dissertação Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

MAGALHÃES, J. C. A. J. Calagem e adubação para trigo na região do Cerrado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 50, n. 01, p. 23-28, 1979.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba-SP: POTAFOS, 1989. 201 p.

MANDARINO, J. M. G. **Aspectos Importantes para a qualidade do Trigo.** Londrina: Embrapa – (Embrapa – CNPSo. Documentos, 60, 1993), 1993.32 p.

MATYSIAK, K. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. **Journal of Plant Protection Research**, Poland, v. 46, n. 02, p. 133-144, 2006.

MEGDA, M. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. M. C.; VIEIRA, M. X. 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, 2009.

MIRANDA, M. Z.; DE MORI, C.; LORINI, I. **Qualidade comercial do trigo brasileiro: safra 2006.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 112). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do112.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do112.htm)> acesso em: 08 jun. 2013., 2006. 49 p.

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

NASCIMENTO, I. S. B. **Partição de glutenina de farinha de trigo especial em sistemas aquosos bifásicos.** 2008. 55 f. Dissertação

(Mestrado) - Engenharia de Processos de Alimentos. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga.

ORTOLAN, F. **Genótipos de trigo do Paraná - safra 2004: Caracterização e fatores relacionados à alteração da cor da farinha.** 2006. 140 f. Dissertação Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

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. 68 p.

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.; 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. 06, p. 1492-1499, 2010.

PINNOW, C.; BENIN, G.; VIOLA, R.; SILVA, C. L. D.; GUTKOSKI, L. C.; CASSOL, L. C. Qualidade industrial do trigo em resposta à adubação verde e doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p. 20-28, 2013.

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

REUNIÃO... **Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Informações técnicas para trigo e triticale safra 2013.** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), 2013. 220 p.

RIBEIRO, A. C. **Estudo estrutural da gliadina.** 2012. 87 f. Dissertação Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

RIBEIRO, M. N. **Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha**. 2009. 79 f. Dissertação - Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; TEIXEIRA, M. C. C.; ROMAN, E. S. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18 p. (Circular Técnica Online; 14).

ROSA FILHO, O. Uso de Adubação Nitrogenada no Espigamento Para Melhorar a Qualidade Industrial do Trigo. **OR Melhoramento de Sementes**, Passo Fundo, v. CT 01, n. 01, p. 001-002, 1999.

ROSA FILHO, O. Introdução ao Manejo para Qualidade Industrial em Trigo. **Informativo Técnico Biotrigo**, Passo Fundo, v. 01, n. 01, p. 001-006, 2010.

ROSSI, R. M.; NEVES, M. F.; ZYLBERSZTAJN, D.; FERRAZ, R. M. M.; CASTRO, L. T.; MARINO, M. K.; MIZUMOTO, F. M.; CONEJERO, M. A.; FERREIRA, T. F.; ORATI, R. A. **Estratégias para o trigo no Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2004. 224 p. (ISBN 85-224-3686-X).

SANGOI, L.; BERNS, A. C.; ALMEIDA, M. L.; ZANIN, C. G.; SCHWEITZER, C. 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.

SAS **SASInstituteInc® 2003**. Cary, NC, USA, Licence UDESC: SAS InstituteInc, 2003.

SILVA, R. H.; ZUCARELI, C.; NAKAGAWA, J.; SILVA, R. A.; CAVARIANI, C. Doses e épocas de aplicação do nitrogênio na produção e qualidade de sementes de aveia-preta. revista brasileira de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 02, p. 51-55, 2001.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F.; NEDEL, J. L.; VASCONCELLOS, N. J. S.; CRUZ, P. J.; SIMIONI, D.; SILVA, J. A. G. Composição de subunidades de gluteninas de alto peso molecular (HMW) em trigos portadores do caráter “stay-green”. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 679 - 683, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720 p.

TONON, V. de **Herança genética e estabilidade de características relacionadas à qualidade dos grãos e da farinha do trigo**. 2010. 132 f. Tese Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

TORRES, G. A. M.; SIMIONI, A.; GAMBIM, E.; TOMAZIN, T. **Proteínas de reserva do trigo: gluteninas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo. Documentos Online, 117 disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do117.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do117.htm)> Acesso em: 27 maio. 2013., 2009. 11 p.

WEILER, E. W.; ADAMS, R. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163'935. **Brighton crop protection conference - weeds**, Switzerland, p. 1133-1138, 1991.

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**, Londrina, v. 26, n. 5, p. 141 - 148, 2005.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, Oxford, v. 14, n. 1, p. 415-421, 1974.

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

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de

crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

ZARDO, F. P. **Controle de qualidade da farinha de trigo: Análises laboratoriais**. 2010. 46 f. TCC - Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Campus de Bento Gonçalves. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Rio Grande do Sul. Bento Gonçalves.