

## A adubação nitrogenada durante o espigamento melhora a qualidade industrial do trigo (*Triticum aestivum* cv. Mirante) cultivado com regulador de crescimento etil-trinexapac

Stefen, Deivid Luis Vieira<sup>1</sup>; Clovis Arruda Souza<sup>2,4</sup>;  
Cileide Maria Medeiros Coelho<sup>2</sup>; Luiz Carlos Gutkoski<sup>3</sup>; Luis Sangoi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal/UDESC, Lages-SC, Brasil; <sup>2</sup>Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina(UDESC), Av. Luiz de Camões 2090; Lages-SC, Brasil; <sup>3</sup> Centro de Pesquisa em Alimentação, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo-RS, Brasil; <sup>4</sup>clovis.souza@udesc.br

Stefen, Deivid Luis Vieira; Clovis Arruda Souza; Cileide Maria Medeiros Coelho; Luiz Carlos Gutkoski; Luis Sangoi (2015) A adubação nitrogenada durante o espigamento melhora a qualidade industrial do trigo (*Triticum aestivum* cv. Mirante) cultivado com regulador de crescimento etil-trinexapac. Rev. Fac. Agron. Vol 114 (2): 161-169

O uso de nitrogênio na fase reprodutiva, mesmo em plantas adequadamente supridas de N durante o período vegetativo, pode influenciar positivamente na qualidade industrial do trigo. Entretanto, lavouras adequadamente nutridas podem exibir maior desenvolvimento vegetativo e em consequência disto maior predisposição ao acamamento de plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da adubação nitrogenada em cobertura, na fase reprodutiva, em plantas previamente tratadas com o redutor de crescimento etil-trinexapac sobre a qualidade industrial de trigo cv. Mirante. O experimento foi conduzido em campo, durante os anos agrícolas de 2011 e 2012, em Lages, SC. Foram utilizadas duas épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura, no afilhamento (estádio vegetativo) e no florescimento (estádio reprodutivo) e o redutor de crescimento etil-trinexapac em duas doses de aplicação, a recomendada (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>), aplicado quando as plantas estavam no estágio 31, e o dobro desta (100+100 g i.a. ha<sup>-1</sup>) aplicado de forma sequencial nos estádios 31 e 32 mais a testemunha. De modo geral o etil-trinexapac não influenciou na qualidade industrial do trigo. Entretanto, a aplicação de nitrogênio no estágio reprodutivo aumentou eficientemente o potencial de panificação da farinha de trigo quanto sua extensibilidade, teor de proteína, glúten úmido, glúten seco e força do glúten.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum*, Redutor de crescimento, Qualidade da farinha, Nutrição da planta, Adubação suplementar

Stefen, Deivid Luis Vieira; Clovis Arruda Souza; Cileide Maria Medeiros Coelho; Luiz Carlos Gutkoski; Luis Sangoi (2015) Nitrogen topdressing during heading improve the industrial quality of wheat (*Triticum aestivum* cv. Mirante) grown with plant growth regulator etyl-trinexapac. Rev. Fac. Agron. Vol 114 (2): 161-169

The use of nitrogen in the reproductive phase even in plants adequately supplied with N during the vegetative growing stages can positively influence the wheat industrial quality. However, adequately fertilized crops may exhibit greater vegetative development and in consequence higher incidence of plant lodging. The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen topdressing in the reproductive phase in plants pretreated with the ethyl-trinexapac on industrial quality of wheat grains cv. Mirante. The experiment was carried out in the field conditions at Lages, into 2011 and 2012 growing seasons. The nitrogen topdressing was at tillering (vegetative stage) and flowering (reproductive stage) and plant growth retardant (ethyl-trinexapac) applied at two doses, as commonly used (100 g a.i. ha<sup>-1</sup>), on plant shoot at stage 31, and applied twice sequentially in stages 31 plus 32 (100 +100 g a.i. ha<sup>-1</sup>). The results pointed that ethyl-trinexapac did not influence the wheat industrial quality. However, the N topdressing, particularly at the reproductive stage effectively increasing to the potential baking of wheat flour as its extensibility, protein content, wet gluten, dry gluten and gluten strength.

**Key words:** *Triticum aestivum*, Plant growth retardant, Flour quality, Plant nutrition, Late supplementary fertilizer

Recibido: 01/07/2014

Aceptado: 02/11/2015

Disponibile on line: 30/01/2016

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

## INTRODUÇÃO

O trigo tem grande importância alimentar e econômica para os brasileiros, pois são consumidas anualmente ao redor de sete milhões de toneladas de farinha, sendo que 55% destas destinadas para produção de pães e, portanto, está farinha deve ser de boa qualidade industrial, apresentando elevada força de glúten (Abip, 2013). No entanto, o cultivo de trigo no Brasil se estende da região Sul ao Centro Oeste, o que submete a produção a diferentes condições climáticas e, dificultam a manutenção da qualidade tecnológica estável (Costa et al., 2013).

Entre as práticas agrônômicas, a adubação nitrogenada é considerada um dos principais fatores que interferem na produtividade e também se relaciona com a qualidade dos grãos produzidos. O nitrogênio é de grande importância para a cultura do trigo, pela sua participação na constituição de substâncias determinantes da qualidade do grão, uma vez que parte do nitrogênio (N) é destinado à formação das proteínas constituintes do glúten, presente nos grãos deste cereal (Fageria et al., 2006). Portanto, é determinante para a qualidade da farinha.

A grande parte do N usado para sintetizar proteína no grão é absorvida até a 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 (Mendes et al., 2012; Gutkoski et al., 2011). A adubação nitrogenada no florescimento aumenta a disponibilidade de N, justamente, antes do enchimento de grãos, permitindo que maiores quantidades de proteínas sejam sintetizadas possibilitando uma melhoria na qualidade dos grãos para fins de panificação, pois, as características reológicas da farinha dependem da quantidade e da qualidade das proteínas presentes nos grãos. Em estudo prévio, Stefen et al. (2014) verificaram o aumento no teor de proteínas em grãos de trigo após a aplicação de N no estágio reprodutivo, no entanto, o N aplicado nesta fase não propiciou incremento na produtividade de trigo.

O uso excessivo do N pode resultar em acamamento de plantas de trigo e comprometer a produtividade e qualidade industrial dos grãos (Petroczi et al., 2008). Comprometer a produtividade, por limitar a fotossíntese e a translocação de fotoassimilados (Zagonel & Fernandes, 2007). Também, as espigas nas plantas acamadas ficam próximas do solo, em ambiente mais úmido, aumentando a germinação na espiga e a deterioração dos grãos, além de dificultar a colheita mecanizada (Espindula et al., 2010). Uma das alternativas utilizadas para contornar esse problema é a aplicação de reguladores de crescimento, dentre estes está o etil-trinexapac.

O etil-trinexapac só é eficaz se aplicado no início do processo de alongação dos entrenós; pois, 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 et al., 2009). A queda no nível do ácido giberélico ativo GA1 é a provável causa da

inibição do crescimento das plantas (Berti et al., 2007). Entretanto, os efeitos dessa tecnologia de manejo associada ao emprego de níveis adequados de nitrogênio em cobertura, no período vegetativo das plantas, e mais uma suplementação extra de nitrogênio durante o período reprodutivo, poderá aumentar a disponibilidade de fotossintatos (não estruturais) de maneira a favorecer sua alocação final para o enchimento de grãos, com possíveis reflexos positivos sobre a qualidade industrial do trigo, o que ainda não está devidamente esclarecido na literatura. Assim como, ainda não está suficientemente consolidado na literatura o que ocorre com os fotossintatos não empregados para o completo alongamento dos entrenós quando estes são induzidos a se manterem menores devido ao etil-trinexapac. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a influência da adubação nitrogenada no estágio reprodutivo e o emprego do etil-trinexapac sobre qualidade industrial de trigo cv. Mirante.

## METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em campo, na área experimental da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, nos anos agrícolas de 2011 e 2012, no município de Lages 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 (Radin et al., 2011). A análise inicial do solo apresentou teor de argila de 43,0%, matéria orgânica de 2,6%, CTC do solo a pH 7,0 de 15,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e pH em água de 6,7. Os teores iniciais dos nutrientes foram Ca= 8,01 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg= 5,46 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, P= 17,25 mg dm<sup>-3</sup>, K= 149 mg dm<sup>-3</sup>, H+Al= 1,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e Al= 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Na safra de 2011 foram 4 tratamentos: T1 – nitrogênio no afilhamento + 0 g de etil-trinexapac; T2 – nitrogênio no afilhamento + 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> de etil-trinexapac; T3 – nitrogênio no afilhamento+florescimento + 0 g de etil-trinexapac; T4 – nitrogênio afilhamento+florescimento + 100 + 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> de etil-trinexapac. Na safra de 2012 foram seis tratamentos dispostos em esquema fatorial 2 x 3, sendo duas épocas de aplicação de N (estádio vegetativo e reprodutivo, correspondentes aos estádios 21 e 51 (Zadoks et al., 1974)) e duas doses de etil-trinexapac (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>), aplicada quando as plantas estavam no estágio 31, e o dobro desta (100 + 100 g i.a. ha<sup>-1</sup>) aplicado nos estádios 31 e 32 mais a testemunha.

Nos dois anos de cultivo a dose de N aplicada em cada estágio fenológico correspondeu a 30 kg ha<sup>-1</sup>, sendo utilizada ureia como fonte de N, aplicado a lanço no estágio vegetativo e, no estágio reprodutivo a ureia foi diluída em água (equivalente a 5% de N p/v) e aplicada via foliar. Apenas no estágio reprodutivo (início do espigamento), a dose de nitrogênio foi subdividida em seis aplicações espaçadas sete dias entre si, iniciada quando as plantas se encontravam no florescimento, considerado estágio 51, e a última coincidindo quando os grãos se encontravam no estágio 81 (grão pastoso).

Essa subdivisão foi realizada a fim de potencializar a absorção de nitrogênio pelas plantas. Foram aplicadas duas doses do redutor de crescimento etil-trinexapac: à recomendada ( $100 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ), aplicada quando as plantas estavam no estágio 31, e o dobro desta ( $100 + 100 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) aplicada de forma sequencial, no estágio 31 e no estágio 32 (primeiro e segundo nós visíveis no colmo da planta, respectivamente) mais a testemunha (sem o redutor). O etil-trinexapac foi aplicado via pulverizador costal pressurizado com  $\text{CO}_2$ , para uma vazão equivalente a  $200 \text{ L ha}^{-1}$  de calda.

A semeadura foi realizada em 28/07/2011 e 16/07/2012. Foram utilizadas sementes de trigo da cultivar Mirante, na densidade de 350 sementes aptas por  $\text{m}^2$ , nos dois anos de cultivo. As parcelas foram compostas de 5 fileiras de 10 m de comprimento, espaçadas de 0,20 m entre si e 0,50 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  $4 \text{ t ha}^{-1}$ , descrita pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (CQFS-RS/SC, 2004). A adubação de base constituiu-se da aplicação de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio,  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de potássio na semeadura.

A colheita foi realizada no dia 13/12/2011 e no dia 03/12/2012, resultando em duração do ciclo de 138 e 140 dias, respectivamente. Após o beneficiamento se homogeneizou e reduziu a amostra da parcela útil de cada bloco para 500g de grãos, a qual foi utilizada para as análises laboratoriais.

As análises foram realizadas 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).

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 g de 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  $10^{-4}\text{J}$ ; 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).

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.

O número de queda (NQ) foi determinado em farinha de trigo através do uso do aparelho *Falling Number* modelo 1500, de acordo com o método 56-81B da AACC (1999), utilizando sete gramas de amostra, corrigido para 14% de umidade e realizado em

triplicata.

O teor de proteína total (TP) foi determinado através de espectrofotometria de reflectância no infravermelho proximal (NIR), em amostras de 500 g 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.

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 ( $x + 0,5$ )<sup>0,5</sup> 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, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão disponíveis as épocas em que foram realizados os tratamentos culturais, a escala fenológica em que as plantas se encontravam e os dados climatológicos durante o período de desenvolvimento da cultura nas safras de 2011 e 2012 respectivamente. Os dados de temperatura mínima, média e máxima foram expressos em médias decendiais e a precipitação pluvial foi expressa em mm acumulada no decêndio. Analisando os dados verificou-se que a precipitação pluvial no ano de 2011 foi superior a verificada na safra de 2012, 896 mm e 434 mm respectivamente. Mesmo a precipitação sendo superior na safra de 2011 as condições meteorológicas locais foram consideradas favoráveis ao desenvolvimento da cultura nos dois anos de cultivo.

A análise de variância (Tabela 2) evidenciou efeito significativo para todas as variáveis, na safra 2011. Na safra 2012, observou-se interação N x R para P, L e P/L.

Nos dois anos de cultivo, foi verificado aumento no teor de proteínas (TP) dos grãos provenientes das plantas que foram submetidas à aplicação de N no estágio reprodutivo. Na safra de 2011 e 2012, os grãos provenientes das plantas que receberam N no estágio reprodutivo independente da dose do etil-trinexapac apresentaram os valores mais altos para o TP (Tabela 3). Com base no maior valor do quadrado médio, a adubação com N, iniciada na fase de emergência da espiga, foi a que mais contribuiu para os resultados. Na safra de 2012, a aplicação de N no estágio reprodutivo aumentou o TP (Tabela 3). A época de aplicação de N em cobertura altera o teor de proteína, quando aplicado N no emborrachamento ocorre aumento na produção de proteínas nos grãos de trigo (Yano et al., 2005). Resultado semelhante foi obtido por Altenbach et al. (2011) que verificaram aumento na produção de proteínas nos grãos de trigo quando aplicado N na pós-antese.

Tabela 1. Tratos culturais, fenologia de cultivo e dados meteorológicos durante a estação de cultivo do trigo, cultivar Mirante. Lages – SC, safras 2011 e 2012. DAS – Dias após a semeadura; ZCK – Escala fenológica de Zadoks et al. (1974); Temp. Mín – Temperatura mínima; Temp. Méd – Temperatura média; Temp. Máx – Temperatura máxima; Chuva – mm de chuva ocorrida no decêndio; N - Cober. – Adubação nitrogenada em cobertura; 1ª aplic. E.T – Primeira aplicação de etil-trinexapac; 2ª aplic. E.T – Segunda aplicação etil-trinexapac; N - Repr. – Adubação nitrogenada durante os estádios reprodutivo.

DAS	Tratos culturais	Fenologia (ZCK)	Temp. Mín (°C)		Temp. Méd (°C)		Temp. Máx (°C)		Chuva (mm)	
			2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
0 - 10	Semeadura	0	6.5	5.3	10.8	10.1	15.0	14.9	59	40
11 - 20			10.8	9.4	15.5	13.3	20.2	17.2	132	80
21 - 30			6.8	10.4	10.8	15.9	14.7	21.4	69	0
31 - 40			9.1	12.2	12.9	16.5	16.8	20.7	151	0
41 - 50	N - Cober.	24	7.3	9.5	12.6	14.0	17.9	19.2	160	3
51 - 60	1ª aplic. E.T	31	10.0	11.4	14.1	16.8	18.2	22.2	51	91
61 - 70	2ª aplic. E.T	32	10.2	9.5	16.8	13.8	23.4	21.1	3	38
71 - 80			14.3	8.1	19.0	12.5	23.7	16.9	94	36
81 - 90	N - Repr.	60	12.4	13.5	17.8	16.5	23.1	19.4	42	31
91 - 100	N - Repr.	65	8.8	11.6	14.7	16.4	20.6	21.2	37	84
101 - 110	N - Repr.	70	13.6	13.4	19.1	18.6	24.6	23.8	17	13
111 - 120	N - Repr.	75	12.3	15.0	17.3	20.5	22.3	25.9	54	7
121 - 130			13.2	11.7	18.4	18.1	23.6	24.5	0	0
131 - 140	Colheita	92	14.9	14.2	20.3	20.0	25.7	25.8	27	11

Tabela 2. 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 para os caracteres 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, cultivar Mirante. Lages – SC, safras 2011 e 2012. \* significativo a ( $p < 0,05$ ); <sup>ns</sup> não significativo a ( $p > 0,05$ ).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio							
		TP (%)	GU (%)	GS (%)	W ( $10^{-4}$ J)	P (mmH <sub>2</sub> O)	L (mm)	P/L	NQ (S)
<b>Safra 2011</b>									
Tratamentos	3	1,42*	22,04*	2,14*	1653,45*	192,33*	627,12*	0,42*	2696,79*
Resíduo		0,21	0,10	0,01	14,45	3,50	0,13	0,01	32,12
<b>Safra 2012</b>									
Nitrogênio (N)	1	12,20*	141,45*	22,69*	23144,08*	147,00*	705,33*	0,01 <sup>ns</sup>	14,08 <sup>ns</sup>
Redutor de crescimento (R)	2	0,14 <sup>ns</sup>	5,44 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	1309,75 <sup>ns</sup>	69,25*	57,58 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	22,33 <sup>ns</sup>
N x DR	2	0,46 <sup>ns</sup>	3,86 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	981,08 <sup>ns</sup>	42,25*	568,00*	0,05*	8,33 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,51	1,51	0,19	493,00	6,33	23,60	0,01	42,55

Para o teor de glúten úmido (GU) e glúten seco (GS) na farinha, na safra de 2011, as plantas que receberam N no estágio reprodutivo sem o etil-trinexapac apresentaram maior valor (Tabela 3). Na safra de 2012, a adubação com N no estágio reprodutivo com o redutor de crescimento na dose recomendada e o dobro desta proporcionou aumento no GU e GS da farinha (Tabela 3). Isto demonstra que o N aplicado no estágio reprodutivo é o que mais contribui pelo aumento no GU e GS na farinha (Tabela 4). 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 protéico 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 (Sheuer et al., 2011). Em um estudo realizado com o etil-trinexapac e doses 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 e seco na cultivar BRS 177 (Penckowski et al., 2010). Pinnow et al. (2013) e Duric et al. (2010) também encontraram efeito positivo com o aumento da dose de N sobre o percentual de glúten úmido e seco em grãos de trigo. A faixa de 24% a 36% de glúten úmido é a faixa recomendada para as farinhas destinadas à panificação (Costa et al., 2008). Em Lages, a cv. Mirante apresentou farinha com valores do glúten úmido dentro dos valores recomendados para a panificação.

A força do glúten (W) na safra de 2011 foi superior quando aplicado N no estágio reprodutivo, sem o emprego do etil-trinexapac. Na safra de 2012 quando aplicado N no estágio reprodutivo, independente da dose do redutor utilizado, obteve-se farinha com maiores valores de W (Tabelas 3 e 4). Portanto, a aplicação de N no estágio reprodutivo propicia incremento na força do glúten. Crescentes doses de N no início do espigamento proporcionaram crescentes aumentos da porcentagem de proteína no grão e consequentemente aumento da força do glúten

(Gutkoski et al., 2011). 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 et al., 2010). Tais resultados de Penckowski et al. (2010) sugerem que a resposta de W é dependente da cultivar. Neste sentido, a cultivar Mirante não altera o W da farinha em consequência da aplicação de etil-trinexapac (Tabela 3).

A variável tenacidade (P) se comportou de maneira diferente nas safras de cultivo. Na safra de 2011, a aplicação de N no estágio vegetativo associado à aplicação do etil-trinexapac na dose recomendada apresentou farinha com maior valor de P (Tabela 5). Na safra de 2012, a aplicação de N no estágio reprodutivo mais o etil-trinexapac, independente da sua dose de aplicação, apresentaram farinha com maior valor de P (Tabelas 5 e 6). Segundo Guarienti et al. (2003) a tenacidade e a extensibilidade são afetadas pelo teor

*Tabela 3. Teor de proteína (TP), glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e força do glúten (W) em função de duas épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura e do redutor de crescimento etil-trinexapac em diferentes doses de aplicação, Lages – SC. 1N = nitrogênio aplicado apenas no estágio vegetativo. Referências: 2N = nitrogênio aplicado no estágio vegetativo e com suplementação também no reprodutivo. 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). \* = média antecedida de asterisco significa diferença entre o tratamento comparada à testemunha (Dunnnett: p<0,05). DMS = diferença mínima significativa.*

Tratamentos	TP (%)	GU (%)	GS (%)	W (10 <sup>-4</sup> J)
<b>Safra 2011</b>				
1N+0R (Testemunha)	12,3	26,7	8,5	212,0
1N+1R	12,4 b	25,1 c	8,3 c *	231,5 b
2N+0R	13,4 ab *	32,0 a *	10,4 a *	279,0 a
2N+2R	14,1 a *	29,9 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
<b>Safra 2012</b>				
1N+0R (Testemunha)	13,9	31,0	10,5	206,0
1N+1R	13,6 c	31,5 c	10,5 c	208,0 c
1N+2R	14,2 b	30,5 c	10,2 c	239,5 bc
2N+0R	15,5 ab *	35,7 b *	12,4 b	276,0 abc
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 ab
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

**Tabela 4.** Teor de proteína (TP), glúten úmido (GU), glúten seco (GS) e força do glúten (W) em função de duas épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Safra 2012, Lages – SC. 1N = nitrogênio aplicado no estágio vegetativo. 2N = nitrogênio aplicado no estágio vegetativo e com suplementação também no reprodutivo. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Tratamentos	TP (%)	GU (%)	GS (%)	W ( $10^4$ J)
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

das proteínas gliadinas e gluteninas, onde a glutenina é responsável pela tenacidade e a gliadina pela extensibilidade da massa. O aumento no teor das

proteínas nos grãos de trigo não ocorre necessariamente de forma equivalente, podendo ocorrer o incremento em apenas um dos grupos, portanto, na safra de 2011 a aplicação de N no estágio reprodutivo pode ter favorecido o incremento apenas das proteínas gliadinas que são responsáveis pela extensibilidade, e por isso, não houve incremento na tenacidade.

Para a variável extensibilidade (L) na safra de 2011, a aplicação de N no estágio reprodutivo sem o etil-trinexapac propiciou farinha com maior L (Tabela 5). Na safra de 2012, a aplicação de N no estágio reprodutivo, independente da dose do redutor utilizada apresentou farinha com maiores valores de L (Tabela 5).

Na safra de 2011 a aplicação de N no estágio vegetativo, independente da aplicação de etil-trinexapac, resultou em maiores valores da relação tenacidade/extensibilidade (P/L). Na safra de 2012 o maior valor da relação P/L foi obtido com o N aplicado no estágio vegetativo e com a aplicação do redutor de crescimento na dose recomendada (Tabela 5). A elevada relação P/L pode ser provocada pelo elevado teor de gluteninas, que são proteínas com elevada

**Tabela 5.** Tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e número de queda (NQ) da farinha de trigo (cv. Mirante) em função de duas épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura e do redutor de crescimento etil-trinexapac em diferentes doses de aplicação, em Lages – SC. 1N = nitrogênio aplicado no estágio vegetativo. 2N = nitrogênio aplicado no estágio vegetativo e com suplementação também no reprodutivo. 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 ( $p < 0,05$ ). \* = média antecedida de asterisco significa diferença entre o tratamento comparada à testemunha (Dunnnett;  $p < 0,05$ ). ns = diferença não significativa de tratamento ( $P > 0,05$ ). DMS = diferença mínima significativa.

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

Tabela 6. Tenacidade (P), extensibilidade (L), relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e número de queda (NQ) em função de duas épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Safra 2012, Lages – SC. 1N = nitrogênio aplicado no estágio vegetativo. 2N = nitrogênio aplicado no estágio vegetativo e com suplementação também no reprodutivo. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). ns = diferença não significativa de tratamento ( $p > 0,05$ ).

Tratamentos	P (mmH <sub>2</sub> O)	L (mm)	P/L	NQ (Seg)
1N	75,5 b	103,2 ns	0,8 ns	327,0 ns
2N	82,5 a	118,5	0,7	329,0

elasticidade e baixa extensibilidade (Cazetta et al., 2008). Por outro lado, a redução da relação P/L pode ser explicada pelo aumento do teor de gliadinas que são responsáveis pela baixa elasticidade do glúten. Para a produção de pães com boa qualidade a farinha deve possuir valores de P/L entre 0,5 e 1,2 (Borges et al., 2011). 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 2012, independente do tratamento, todos os valores da relação P/L ficaram classificados com glúten balanceado.

O número de queda (NQ) apresentou diferença apenas na safra de 2011, entre os tratamentos a combinação de N no estágio vegetativo com a dose recomendada do redutor de crescimento apresentou o maior valor (Tabela 5). Os tratamentos com a aplicação de N no estágio vegetativo apresentou farinha com maior valor de NQ (Tabela 5). Em outras pesquisas já foi evidenciado que a adubação de cobertura com N pouco influencia o NQ (Boschini et al., 2011; Cazetta et al., 2008). E isto, 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 há aumento no índice de umidade na pré-colheita, pode favorecer a germinação do grão na espiga inviabilizando a farinha para fins industriais. As possíveis relações entre as variáveis foram exploradas por correlação entre os resultados obtidos nas características da qualidade industrial do trigo (Tabela 7).

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, e 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 (Petroczi et al., 2008). Com a elevação no teor de proteínas nos grãos ocorreu aumento na tenacidade (P) e diminuição da extensibilidade (L), ocasionando menor relação P/L.

Tabela 7. 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 duas épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura e do redutor de crescimento etil-trinexapac, nas safras 2011 e 2012, Lages-SC. ns: não significativo; \*\*: estatisticamente significativo pelo teste t ( $p < 0,05$ ).

	TP (%)	GU (%)	GS (%)	W (10 <sup>-4</sup> J)	P (mmH <sub>2</sub> O)	L (mm)	P/L
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

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 ( $r=0,61$ ). A extensibilidade (L) apresentou correlação negativa com a tenacidade (P) ( $r=-0,77$ ) e com a relação P/L ( $r=-0,94$ ). A redução da relação P/L pode ser provocada pela elevação do teor de gliadinas (Cazetta et al., 2008). Essas proteínas apresentam elevada extensibilidade e baixa elasticidade. A tenacidade correlacionou-se de forma positiva com a relação P/L ( $r=0,89$ ).

Diante dos resultados desta pesquisa, particularmente com a aplicação de N no estágio reprodutivo, ocorreu a elevação do teor de proteínas formadoras do glúten, no entanto, este incremento não foi de forma igual entre as duas proteínas, onde provavelmente ocorreu maior incremento no teor de gliadina, principalmente, na safra de 2012. Com base na Tabela 3, se aumentar o fornecimento de N em cobertura (pós-antese) resulta em grãos produzidos com maior TP.

## CONCLUSÕES

A aplicação de N suplementar no estágio reprodutivo é viável para aumentar o 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.

O teor de proteínas e a força do glúten se correlacionam fortemente e de maneira positiva apresentando o coeficiente “r” maior que 0,8.

A qualidade industrial do trigo não foi influenciada pelo uso do etil-trinexapac.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, CNPQ e FAPESC-PAP pelo suporte financeiro à pesquisa.

## BIBLIOGRAFIA

**AACC. American Association of Cereal Chemists.** 1999. Approved methods of the AACC. 8 ed. AACC, Saint Paul. 1200 pp.

**ABIP. Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria.** 2013. Tendências do setor de panificação 2009 a 2017. Disponível em: <www.abip.org.br>. Acesso em: 11 jun 2013.

**Altenbach, S.B., C.K. Tanaka, W.J. Hurkman, L.C. Whitehand, W.H. Vensel & F.M. Dupont.** 2011. Differential effects of a post-anthesis fertilizer regimen on the wheat flour proteome determined by quantitative 2-DE. *Proteome Science* 9 (46): 1-13.

**Berti, M., J. Zagonel & E.C. Fernandes.** 2007. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. *Scientia Agraria* 8(2): 127-134.

**Borges, J.T.S., J.T.S. Borges, M.R. Pirozi, J.B.P. Chaves, R. Germani & C.D. Paula.** 2011. Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas de trigo e linhaça. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos* 29(2): 159-172.

**Boschini, A.P.M., C.L. Silva, C.A.S. Oliveira, M.P. Oliveira Júnior, M.Z. Miranda & M. Fagioli.** 2011. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15(5):450-457.

**Branlard, G., M. Rousset, W. Loisel & J.C. Autran.** 1991. Comparison of 46 technological parameters used in breeding for bread wheat quality evaluation. *Journal of Genetic and Breeding* 45(4): 263-280.

**Cazetta, D.A., D. Fornasieri Filho, O. Arf & R. Germani.** 2008. Qualidade industrial de cultivares de trigo e triticales submetidos à adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. *Bragantia* 67(3): 741-750.

**Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC (CQFS-RS/SC).** 2004. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10ª ed. SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, Porto Alegre. 400 pp.

**Costa, M.G., E.L. de Souza, T.L.M. Stamford & S.A.C. Andrade.** 2008. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 28(1): 220-225.

**Costa, I., C. Zucareli & C.R. Riede.** 2013. Parcelamento da adubação nitrogenada no desempenho produtivo de genótipos de trigo. *Revista Ciência Agronômica* 44(2): 215-224.

**Duric, V., A. Kondic-Spika, N. Hristov & J. Popov-Rajlic.** 2010. The effects of nitrogen nutrition and glutenin composition on the gluten quality in wheat genotypes. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly* 16(1): 73-78.

**Espindula, M.C., V.S. Rocha, M.A. de Souza, J.A.S. Grossi & L.T. de Souza.** 2010. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. *Ciência e Agrotecnologia* 34(6): 1404-1411.

**Fageria, C.K., V.C. Baligar & R.B. Clarck.** 2006. *Physiology of crop production*. 1ª ed. Haworth Press, Incorporated, New York. 2006. 45 pp.

**Guarienti, E.M.** 1993. Qualidade industrial de trigo. (Embrapa - CNPT. Documentos, 8), Embrapa-CNPT, Passo Fundo. 27 pp.

**Guarienti, E.M., C.F. Ciacco, G.R. da Cunha, L.J.A. del-Duca & C.M.O. Camargo.** 2003. Avaliação do efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial e no rendimento de grãos de trigo pelo emprego de análise de componentes principais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 23(3): 500-510.

**Gutkoski, L.C., O. Rosa Filho & C. Trombetta.** 2002. 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* 20(1): 29-40.

- Gutkoski, L.C., B. Klein, R. Colussi & T.A.S. Santeti.** 2011. Efeito da adubação nitrogenada nas características tecnológicas de trigo. *Revista Brasileira de Agrociência* 17(1-4): 116-122.
- Mendes, M.C., J.G. do Rosário, M.V. Faria, J.C. Zocche & A.L.B. Walter.** 2012. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* 4(3): 95-102.
- Penckowski, L.H., J. Zagonel & E.C. Fernandes.** 2009. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. *Acta Scientiarum. Agronomy* 31(3): 473-479.
- Penckowski, L.H., J. Zagonel & E.C. Fernandes.** 2010. Qualidade industrial do trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia* 34(6): 1492-1499.
- Petroczi, I.M., Z. Kovacs & L. Bona.** 2008. Influences of agronomical factors on the yield and quality of winter wheat. *Cereal Research Communications* 36(3): 1799-1802.
- Pinnow, C., G. Benin, R. Viola, C.L. da Silva, L.C. Gutkoski & L.C. Cassol.** 2013. Qualidade industrial do trigo em resposta à adubação verde e doses de nitrogênio. *Bragantia* 72(1): 20-28.
- Radin, B., C.R. Reisser Júnior & C. Pandolfo.** 2011. Atlas Climático da Região Sul do Brasil. Embrapa, Brasília. 336 pp.
- SAS Institute Inc®.** 2013. Licence UDESC: SAS Institute Inc, Cary, NC, USA.
- Scheuer, P.M., A. de Francisco, M.Z. de Miranda & V.M. Limberger.** 2011. Trigo: características e utilização na panificação-review. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* 13(2): 211-222.
- Stefen, D.L.V., C.A. Souza, C.M.M. Coelho, M.E. Tormen, P.R. Zanesco, R.T. Casa, L. Sangoi & F.R. Nunes.** 2014. Adubação nitrogenada associada ao emprego de reguladores de crescimento em trigo cv. Mirante. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 13(1): 30-39.
- Yano, G.T., H.W. Takahashi & T.S. Watanabe.** 2005. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. *Semina: Ciências Agrárias* 26(2): 141-148.
- Zadoks, J.C. T.T. Chang & C.F. Konzak.** 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14(1): 415-421.
- Zagonel, J. & E.C. Fernandes.** 2007. Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. *Planta Daninha* 25(2): 331-339.