

**MARIANA MENDES FAGHERAZZI**

**RESPOSTAS MORFO-AGRONÔMICAS DO MILHO À  
APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETHYL EM DIFERENTES  
ESTÁDIOS FENOLÓGICOS E DOSES DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Clovis Arruda de Souza

**LAGES, SC  
2015**

F154r Fagherazzi, Mariana Mendes  
Respostas morfo-agronômicas do milho à  
aplicação de trinexapac-ethyl em diferentes  
estádios fenológicos e doses de nitrogênio /  
Mariana Mendes Fagherazzi. - Lages, 2015.  
93 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Clovis Arruda de Souza

Inclui bibliografia.

Dissertação (mestrado) - Universidade do  
Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal, Lages, 2015.

1. Regulador de crescimento. 2. Tecnologia de  
produção. 3. Produtividade. 4. Características  
morfológicas. 5. Acamamento. 6. Altura de planta.  
I. Fagherazzi, Mariana Mendes. II. Souza, Clovis  
Arruda de. III. Universidade do Estado de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção  
Vegetal. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do  
CAV/ UDESC

**MARIANA MENDES FAGHERAZZI**

**RESPOSTAS MORFO-AGRONÔMICAS DO MILHO À  
APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETHYL EM DIFERENTES  
ESTÁDIOS FENOLÓGICOS E DOSES DE NITROGÊNIO**

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Mestre em Produção Vegetal, Área de concentração: fisiologia e manejo de plantas.

**Banca examinadora**

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

Coorientador: \_\_\_\_\_  
Dr. Luís Sangoi  
(UDESC/Lages - SC)

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

Membro externo: \_\_\_\_\_  
Dra. Maraisa Crestani Hawerth  
(Epagri, Caçador - SC)

**Lages SC, 13 de março de 2015.**



À minha filha, Luisa,  
razão do meu viver.



## AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre acompanhar e iluminar meus passos.

Aos meus pais Beatriz Maria Argenta Mendes e Veriano Mendes, pela educação e ensinamentos que foram dados desde o início da minha formação, onde hoje percebo que foram e são essenciais a cada dia de minha vida. As abdições pessoais que minha mãe fez para cuidar da Luisa quando era necessário. Ao meu irmão e grande amigo Rafael Mendes.

Ao meu marido Antonio, por todo amor e paciência nesses anos. À minha filha Luisa, por ter participado desde o início deste projeto, sempre me dando força, bastando apenas seu sorriso sincero de criança.

Ao grupo de pesquisa de plantas de lavouras, em especial ao professor orientador, Clovis Arruda de Souza.

Meus sinceros agradecimentos aos bolsistas e voluntários, Paulo, Jean, Marcelo, Marcos, Gustavo Junkes, Bruna, Lucas, Jhonatas e Gustavo Brandielli que com seus esforços, auxiliaram na construção dessa pesquisa.

Aos colegas da pós-graduação, Camila, Julhana, Márcio, Giselle, Deivid, Maira e Francisco, meus agradecimentos.

Aos meus amigos de vivência, Sarah de Oliveira, Alessandra e Luiz Rauber, pela amizade sincera.



“A ciência nunca resolve  
um problema sem criar  
pelo menos outros dez”.

George Bernard Shaw



## RESUMO

FAGHERAZZI, Mariana Mendes. **Respostas morfo-agronômicas do milho à aplicação de trinexapac-ethyl em diferentes estádios fenológicos e doses de nitrogênio.** 2015. 93f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2015.

O aumento da produção e produtividade no cultivo do milho nos últimos anos foi impulsionado pela demanda mundial em alimentos e pelos preços pagos ao agricultor. Para maximizar a produtividade do milho, adotam-se diferentes tecnologias de produção, entre elas o uso de elevadas doses de nitrogênio e o manejo do arranjo de plantas, as quais podem, em determinadas condições de cultivo, deixar as plantas mais suscetíveis ao acamamento. O uso de reguladores de crescimento vem sendo utilizado em diversas culturas na agricultura brasileira visando o manejo da altura de plantas e indiretamente o menor acamamento. Entretanto, na cultura do milho há poucos relatos sobre os efeitos desses reguladores, mais especificamente do ingrediente ativo trinexapac-ethyl (TE), um regulador de crescimento com ação na inibição da elongação celular. Diante do exposto, o objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito de diferentes concentrações do regulador de crescimento TE, em diferentes estádios fenológico na cultura do milho. As pulverizações foram realizadas em cultivos de milho conduzidos em casa de vegetação e a campo, ambos na Universidade do Estado de Santa Catarina no Centro de Ciências Agroveterinárias, localizado em Lages, no ano agrícola de 2013/2014. As cultivares avaliadas foram SCS 154 Fortuna, P30F53HR e P30R50H. O delineamento experimental e as variáveis analisadas estão divididas e apresentadas como capítulo: I, II e III. Sendo o capítulo I desenvolvido em casa-de-vegetação, com os tratamentos compostos por uma testemunha e doses sequenciais de TE aplicados de V2 a V7 e mais um



tratamento com dose única do mesmo ingrediente ativo. O capítulo II, consistiu de um experimento conduzido em campo e, com doses sequenciais de TE aplicadas nos estádios V4 a V7. E o capítulo III, com tratamentos compostos por aumento de doses de nitrogênio em cobertura associado ao uso de TE. Os principais resultados indicam que a altura de planta é alterada para todas cultivares avaliadas em função da dose de TE e de estádios fenológicos de milho. Há diferença de resposta entre a aplicação de dose única de TE com sua respectiva divisão e aplicação sequencial para as variáveis, altura de planta e altura de inserção de espiga nas cultivares SCS 154 Fortuna e para a cv. P30F53HR. A maior dose de TE aplicado no estágio fenológico de sete folhas completamente desenvolvidas, proporcionou a menor altura de planta. Quando avaliado doses de nitrogênio, não houve resposta positiva sobre produtividade com a maior dose do adubo aplicado em cobertura. Há relação direta entre altura de plantas com a redução do acamamento, mas reduções severas de altura afetam negativamente o potencial produtivo.

**Palavras-chave:** Regulador de crescimento. Tecnologia de produção. Produtividade. Características morfológicas. Acamamento. Altura de planta.



## ABSTRACT

FAGHERAZZI, Mariana Mendes. **Morpho agronomic response of maize to trinexapac-ethyl application on distinct phenologic stages and levels of nitrogen.** 2015. 93p. Dissertation (Master in Plant Production). Santa Catarina State University, Agroveterinary Sciences Center. Post Graduate Program in Plant Production, Lages, 2015.

The increased maize production and yield in recent years has been driven by global demand for food and the prices paid to the farmers. To maximize the yield of maize are used different production technologies, including the use of high doses of nitrogen and management plant arrangement, which make the plants more susceptible to lodging. The growth regulators has been used in many crops in Brazilian agriculture aimed at the management of plant shoot and indirectly the lowest lodging. However, in maize there are few reports on the effects of these regulators, specifically the trinexapac-ethyl (TE), which are a growth regulator with its action in arrest of cell elongation. Given the above, the objective of this research was to evaluate the effect of TE sprayed at different concentrations and to in different phenological maize stages. The product were sprayed on maize plants conducted in the greenhouse and in the field conditions, both at the Santa Catarina State University in Centro de Ciências Agroveterinárias, located in Lages, in the 2013/2014 growing season. Was used three cultivars: SCS 154 Fortuna, P30F53HR and P30R50H. The experimental design and procedures are presented as chapter: I, II and III. The chapter I was developed in greenhouse, with treatments consisting of a control and sequential doses of TE applied from V2 to V7, plus a treatment with a single dose applied at stage V5. The chapter II, consisted of an experiment carried out in the field, and with TE sequential doses applied from V4 to V7 stages. The chapter III, describe the effects of increasing nitrogen rates in sidedress associated with the use of TE. The main results indicate that plant height is changed for all cultivars as a function of the dose of TE and



phenological stage of maize plant. The split dose applied as a sequential manner is more effective than single application of TE, particularly in decreased plant height and ear insertion height of SCS 154 Fortuna and P30F53HR. The plant seven fully developed leaves stage (V7) treated with 800 g a.i. ha<sup>-1</sup> of TE provided the more shortest the plant height. About the nitrogen sidedressing, there was no positive response on yield with the highest dose of N fertilizer. There is a direct relationship between plant height with reduced lodging, but severe reductions in height adversely affect the grain yield.

**Keywords:** Growth regulator. Production technology. Yield. Crop Management. Lodging. Plant height.



**LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1 - Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média do ar no período de semeadura à colheita do experimento. Lages- SC, 2013/2014.... 57
- Figura 2 - Análise de correlação simples de Pearson entre as variáveis largura folha acima da espiga e comprimento da folha acima da espiga para a cv. P30F53HR e cv. P30R50H. Lages-SC, 2014. .... 68
- Figura 3 - Análise de correlação simples de Pearson entre as variáveis altura de plantas e índice de acamamento para as cultivares de milho híbrido P30R50HY e P30F53HR. Lages-SC, 2014..... 69
- Figura 4 - Fotografia ilustrativa do efeito do estresse hídrico sobre espiga de milho da cv. P30F53HR. Lages-SC, 2014..... 70
- Figura 5 - Temperaturas máxima, mínima e média do ar e precipitação pluviométrica ocorridas no período de semeadura à colheita do experimento. Lages- SC, safra 2013/2014..... 79
- Figura 6 - Comprimento da folha oposta a espiga, em função dos tratamentos avaliados da cultivar de milho P30R50H. Lages-SC, 2014..... 84







## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Escala fenológica proposta por Ritchie; Hanway; Benson (1993)..... 23
- Tabela 2 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de folhas por planta (NF), período de emergência ao florescimento masculino (PEFM) e matéria seca da parte aérea da planta (MS) da cultivar de milho P30F53HR, submetida a diferentes doses de regulador de crescimento nas safras 2013 e 2014. Lages-SC, 2014. .... 42
- Tabela 3 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de folhas por planta (NF), período de emergência ao florescimento masculino (PEFM) e matéria seca (MS) do genótipo de milho SCS 154 Fortuna, submetida a diferentes doses de regulador de crescimento nas safras 2013 e 2014. Lages-SC, 2014. .... 43
- Tabela 4 - Variáveis que apresentaram interação entre ano de avaliação e tratamento de diferentes doses de trinexapac-ethyl em diferentes estádios, nos genótipos de milho cv. P30F53HR e SCS 154 Fortuna, no ano de 2013 e 2014. Lages-SC, 2014..... 44
- Tabela 5 - Média dos tratamentos avaliados nos anos de 2013 e 2014, que não apresentaram interação entre o ano e as doses e épocas de aplicação de trinexapac-ethyl. Lages-SC, 2014. .... 45
- Tabela 6 - Média dos dois anos de avaliação para as variáveis altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de folhas por planta (NF), período de emergência ao florescimento masculino (PEFM) e matéria seca (MS) em dois genótipos de milho, submetidos à aplicação de

diferentes doses de trinexapac-ethyl em estádios fenológicos distintos. Lages-SC, 2014. .... 47

Tabela 7 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), comprimento (CFA), largura da folha acima a espiga (LFA), comprimento (CFO), largura da folha oposta a espiga (LFO), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG), espiga por planta (EP), produtividade de grãos (PG) e índice de acamamento (IA), da cultivar de milho P30F53HR, submetida a diferentes doses de regulador de crescimento. Lages-SC, 2014. .... 60

Tabela 8 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), comprimento (CFA), largura da folha acima a espiga (LFA), comprimento (CFO), largura da folha oposta a espiga (LFO), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG), espiga por planta (EP), produtividade de grãos (PG) e índice de acamamento (IA), da cultivar de milho P30R50H, submetida a diferentes doses de regulador de crescimento. Lages-SC, 2014. .... 61

Tabela 9 - Altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (mm), comprimento da folha acima a espiga(cm), largura da folha acima da espiga (LFA), comprimento da folha oposta a espiga (CFO) e largura da folha oposta a espiga (LFO), das cultivares de milho P30F53HR e P30R50H, em resposta ao trinexapac-ethyl. Lages-SC, 2014. .... 63

Tabela 10 - Número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG), espiga por planta (EP), produtividade e índice de acamamento (IA) das cultivares de milho P30F53HR e P30R50H, em resposta ao trinexapac-ethyl. Lages-SC, 2014. .... 66

Tabela 11 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE),

diâmetro de colmo (DC), comprimento (CFA), largura da folha acima a espiga (LFA), comprimento (CFO), largura da folha oposta a espiga (LFO), da cultivar de milho P30R50H, submetida a diferentes doses de nitrogênio em cobertura e uma aplicação de regulador de crescimento, como tratamentos (Trat). Lages-SC, 2014..... 82

Tabela 12 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres proteína bruta (PB), porcentagem de nitrogênio (N%), clorofila (Clf), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG), espiga por planta (EP), produtividade (Prod) e índice de acamamento da cultivar de milho P30R50H, submetida a diferentes doses de nitrogênio em cobertura e uma aplicação de regulador de crescimento, como tratamentos (Trat). Lages-SC, 2014. .... 82





## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>21</b>
2.1 A CULTURA DO MILHO .....	21
2.2 FENOLOGIA DO MILHO .....	22
2.3 ESCALA FENOLÓGICA DE DESENVOLVIMENTO DO MILHO .....	22
2.3.1 Estádios Vegetativos.....	23
2.3.2 Estádio VT (pendoamento) .....	24
2.3.3 Estádios reprodutivos (R1-R6).....	24
2.4 NITROGÊNIO.....	25
2.5 ALTAS DENSIDADES DE CULTIVO.....	26
2.6 ACAMAMENTO.....	27
2.7 REGULADOR DE CRESCIMENTO.....	28
2.7.1 Trinexapac-ethyl.....	29
2.8 REFERÊNCIAS.....	31
<b>3 CAPÍTULO I - ESTÁDIO FENOLÓGICO DA APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETHYL PARA REDUÇÃO DA ALTURA DE PLANTA EM MILHO CONTRASTANTE GENETICAMENTE SOB CULTIVO EM CASA DE VEGETAÇÃO .....</b>	<b>37</b>
3.1 RESUMO.....	37
3.2 INTRODUÇÃO .....	38
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
3.5 CONCLUSÃO.....	49
3.6 REFERÊNCIAS.....	49

<b>4 CAPÍTULO II - RESPOSTA DA APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETHYL NO CULTIVO DE MILHO EM CONDIÇÕES DE CAMPO .....</b>	<b>54</b>
4.1 RESUMO.....	54
4.2 INTRODUÇÃO .....	55
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	59
4.5 CONCLUSÃO.....	72
4.6 REFERÊNCIAS .....	72
<b>5 CAPÍTULO III - NITROGÊNIO EM COBERTURA SOBRE CARACTERÍSTICAS MORFO-AGRONÔMICAS DO MILHO CV. P30R50H. ....</b>	<b>76</b>
5.1 RESUMO.....	76
5.2 INTRODUÇÃO .....	76
5.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	78
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	81
5.5 CONCLUSÃO.....	86
5.6 REFERÊNCIAS .....	87
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>93</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais commodities produzidas no Brasil, exercendo importante papel socioeconômico para o país. Esse cereal é insumo básico para a avicultura e suinocultura, dois setores competitivos em nível internacional, e geradores de receitas por meio da exportação da carne (MAPA, 2007). Cerca de 70% a 80% do milho produzido nacionalmente é destinado ao consumo animal, e estima-se que 51% desse total são direcionados ao setor avícola, 33% à suinocultura, 11% à pecuária, principalmente a leiteira, e 5% é usado para fazer ração para os outros animais. Já para o consumo humano esses valores se reduzem a 3% da produção, ou seja, 1,8 milhão de toneladas (ABIMILHO, 2014).

A demanda mundial de milho vem crescendo no decorrer dos anos. Nas últimas cinco safras, o consumo médio de milho aumentou 12%, o que representa 93 milhões de toneladas em valores absolutos (USDA, 2012). Um dos países responsáveis pelo incremento da demanda é a China, que na última safra importou 5 milhões de toneladas de milho. A previsão é que na safra de 2023/24 a China passe a importar 22 milhões de toneladas, uma vez que a demanda crescente por proteínas de origem animal amplia a demanda doméstica por rações, devido ao país chinês ser o maior consumidor de carne suína no mundo (USDA, 2013).

Para aumentar a produtividade da cultura do milho, uma das estratégias de produção é elevar a densidade de plantas, pois é uma forma de maximizar a interceptação de radiação solar. Entretanto, o aumento da densidade pode ter resultado negativo quanto à produtividade, pois pode proporcionar auto sombreamento, reduzindo a atividade fotossintética das plantas, diminuindo a conversão de fotoassimilados em produção de grãos. A escolha de manejar a lavoura com cultivos mais adensados para almejar maiores tetos produtivos dependerá de diversos fatores, como: genótipo da cultivar, o ambiente e o manejo da cultura.

O nitrogênio é um dos nutrientes que proporcionam os efeitos mais significativos no aumento da produção de grãos na cultura do milho, como constituinte de moléculas de proteínas,

enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila (BULL, 1993). No entanto, com o aumento da população de plantas e da dose de nitrogênio, conseqüentemente ocorre aumento da estatura e da altura de inserção das espigas, tornando as plantas mais suscetíveis ao acamamento (ZAGONEL et al., 2013).

São estimadas perdas anuais de 5 a 20% em conseqüência do acamamento e do quebramento do colmo no cultivo do milho (INSTITUTO FNP, 2011). O acamamento pode ser definido como um estado permanente de modificação da posição do colmo em relação à posição original, o que resulta em plantas recurvadas, ou até mesmo na quebra de colmos. Segundo Pinthus (1973), existe uma correlação positiva entre o primeiro e o segundo entrenó, da porção basal do colmo com maior comprimento, com a predisposição ao quebramento, em comparação a genótipos com entrenós basais de menor comprimento.

Para possibilitar o uso de altas densidades de cultivo associado a elevadas doses de nitrogênio deve-se utilizar estratégias que possibilitem a eficácia do estande de plantas, atingindo a produtividade almejada. Entre essas se encontra o uso de reguladores de crescimento, que são substâncias químicas naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas diretamente nos vegetais para alterar os processos vitais ou estruturais, por meio de modificação no balanço hormonal das plantas (ESPINDULA et al., 2010). Entre os reguladores de crescimento de plantas, o ingrediente ativo trynexpac-ethyl (TE) têm mostrado efeitos hormonais em diversas espécies pertencentes à família poaceae (FIALHO et al., 2009). Esse ingrediente ativo altera o balanço de giberelinas, GA1 e GA20 na planta, sendo essa a possível causa da redução do comprimento dos entrenós. Todavia, para a cultura do milho não há regulador de crescimento registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, e estudos nesse âmbito são insipientes.

Considerando as hipóteses: i) O uso do regulador de TE diminui o vigor vegetativo das plantas de milho; ii) a redução do vigor vegetativo é dependente da dose de TE; iii) a redução do vigor reduz a ocorrência do acamamento; iv) o uso de regulador de crescimento possibilita emprego de maior quantidade de nitrogênio na adubação de cobertura.

Nesse contexto, o presente trabalho está estruturado em capítulos e visa fornecer embasamento técnico-científico para a utilização do regulador de crescimento trinexapac-ethyl na cultura do milho, os quais são:

CAPÍTULO I: Estádio fenológico da aplicação de TE e sensibilidade para redução da altura de planta em milho contrastante geneticamente

CAPÍTULO II: Resposta da aplicação de TE no cultivo de milho em condições de campo.

CAPÍTULO III: Resposta da aplicação de nitrogênio em cobertura associado a aplicação de TE sobre as características morfo-agronômicas da cv. P30R50H.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A CULTURA DO MILHO

O milho é o cereal de maior volume de produção no mundo, com aproximadamente 960 milhões de toneladas. Estados Unidos, China e Brasil são os maiores produtores, representando 32%, 24% e 9% da produção global, respectivamente (FAOSTAT, 2014). Os EUA e a China se destacam por também serem os maiores consumidores desse cereal, respondendo por 55% do consumo mundial.

Nesse cenário, o Brasil é o terceiro maior produtor, com 82 milhões de toneladas colhidas na safra agrícola de 2013/2014 em 15,12 milhões de hectares, resultando na produtividade média de  $5,07 \text{ t ha}^{-1}$  (CONAB, 2014). Na última década, o Brasil produzia 30 milhões de toneladas numa área cultivada de 12,3 milhões de hectares com produtividade média de  $3,40 \text{ t ha}^{-1}$ . Logo, verificou-se um aumento de produção de 52 milhões de toneladas num acréscimo de 2,82 milhões de hectares. Isso demonstra o crescimento da qualidade tecnológica de produção da cultura do milho no Brasil, através da adoção de tecnologias como sementes melhoradas, plantio direto e outras práticas de manejo (PEIXOTO, 2014). Entretanto, a produtividade nacional do milho tem potencial para ser aumentada, qualificando as estratégias de manejo para que as cultivares possam expressar o máximo potencial produtivo.

O milho é cultivado em todo território nacional, sendo a produção concentrada, principalmente, nas regiões Centro-Oeste (36,8%), Sul (36,2%) e Sudeste (16,4%) (AGRIANUAL, 2013). Os estados do Mato Grosso (23,5%), Paraná (22,9%) e Minas Gerais (9,5%) são os maiores produtores de milho (CONAB, 2014).

No estado de Santa Catarina o milho é o cereal mais consumido, principalmente para a fabricação de rações para alimentar as criações de suínos, aves e bovinos. A produção na safra de 2013/2014 foi de 3,2 milhões de toneladas, obtida em 456 mil hectares, com uma produtividade média de  $7,38 \text{ t ha}^{-1}$ . No entanto, essa produção não é suficiente para suprir a

demanda do estado, que importa anualmente dois milhões de toneladas (EPAGRI, 2013).

## 2.2 FENOLOGIA DO MILHO

A fenologia é a parte da botânica que estuda vários fenômenos periódicos das plantas, como brotação, floração e frutificação, definidas, caracterizadas através de escalas fenológicas (ODUM; BARRETT, 2007). Essas escalas utilizam características morfológicas que são facilmente identificadas para determinar o estágio de desenvolvimento em que se encontra a planta, associando a morfologia com eventos fisiológicos.

O milho é uma planta de ciclo vegetativo variado, evidenciando desde genótipos extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias. Contudo, nas condições de cultivo no Sul do Brasil, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 180 dias, em função da característica dos genótipos (superprecoce, precoce, normal) período compreendido entre a semeadura e a colheita (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

## 2.3 ESCALA FENOLÓGICA DE DESENVOLVIMENTO DO MILHO

A escala fenológica de desenvolvimento das plantas de milho foi inicialmente desenvolvida nos Estados Unidos, pelos pesquisadores Ritchie; Hanway; Benson (1993). Essa é uma das mais utilizadas no Brasil, devido a estabilidade das características morfológicas observadas em diferentes ambientes (Tabela 1). Essa escala divide o crescimento e o desenvolvimento da planta em estádios vegetativos, representados pela letra "V" e reprodutivos, representados pela letra "R".

Tabela 1 - Escala fenológica proposta por Ritchie; Hanway; Benson (1993).

<b>Vegetativo</b>	<b>Reprodutivo</b>
VE, emergência	R1, Embonecamento
V1, 1ª folha desenvolvida	R2, Bolha d`água
V2, 2ª folha desenvolvida	R3, Leiteoso
V3, 3ª folha desenvolvida	R4, Pastoso
V4, 4ª folha desenvolvida	R5, Formação de dente
V(n), nª folha desenvolvida	R6, Maturidade fisiológica
VT, pendoamento	

Fonte: produção do próprio autor

No estágio vegetativo a letra é seguida por um número, que significa o total de folhas completamente desenvolvidas, ou seja, onde é possível a visualização das aurículas e a lígula na região do colar. O número total de folhas pode variar de 18 à 24, sendo que, de acordo com Sangoi et al. (2007), quanto mais precoce o híbrido, menos folhas ele produz e menor é o valor final de folhas para alcançar o estágio de VT (pendoamento). O primeiro estágio vegetativo é seguido pela letra “E” que significa, emergência. A partir do pendoamento inicia o estágio reprodutivo da planta, referenciado pela letra “R” seguida de um número, que varia de 1 a 6, indicando o estágio de desenvolvimento dos grãos.

### 2.3.1 Estádios Vegetativos

No estágio de VE, referente à emergência das plântulas, define-se o número de plantas por hectare. Isso ocorre devido ao milho possuir baixa capacidade de compensar falhas no número e na distribuição de plantas (WEISMANN, 2007).

O estágio V2 é caracterizado pela transição de uma planta com características heterotrófica, dependente das reservas do endosperma, para uma planta denominada autotrófica, capaz de suprir as necessidades vitais através da produção de fotoassimilados. Durante o estágio V4, o ponto de crescimento da cultura se encontra abaixo da superfície do solo. É durante esse período que ocorre a diferenciação foliar. No

estádio de cinco folhas completamente desenvolvidas, V5, o colmo do milho inicia o processo de alongação celular. O meristema apical passa a localizar-se acima da superfície do solo. Essa fase é caracterizada pela transformação de meristema apical num primórdio da inflorescência masculina (SANGOI et al., 2007).

Durante o estágio V10 a V12 ocorre a definição do número de fileiras de grãos por espiga, influenciado pela característica genética da cultivar. O estresse hídrico nessa fase pode inibir a alongação das células em desenvolvimento, afetando o comprimento dos internódios do caule e, com isso diminuindo a sua capacidade de armazenagem de açúcares no colmo. O déficit de água também resulta em colmos mais finos, plantas de menor porte e menor área foliar (WEISMANN, 2007).

No estágio de V13 ao V18 segunda fase do desenvolvimento da espiga. Período de grande expansão longitudinal da futura espiga, no qual o número de óvulos por fileira está sendo determinado.

### 2.3.2 Estádio VT (pendoamento)

O estágio VT inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e antes dos estilos-estigmas serem visíveis. O estágio VT começa aproximadamente dois-três dias antes da emergência do estilo-estigma, período durante o qual a planta de milho atingirá quase que sua altura total e começará a polinização (WEISMANN, 2007).

### 2.3.3 Estádios reprodutivos (R1-R6)

O primeiro estágio da fase reprodutiva da cultura do milho, o R1, inicia a partir do momento que qualquer estilo-estigma é visível fora da palha. Na fase R1 determina-se o número de óvulos que serão fertilizados (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

No estágio R2, o amido se acumula no endosperma aquoso onde os grãos estão em um período de rápido e constante acúmulo de matéria seca ou de enchimento de grãos. Na fase reprodutiva R3 o aspecto dos grãos é pastoso, com

cerca de 80% de umidade. Já na fase R4 os grãos apresentam característica de farináceo. No estágio R5 os grãos são caracterizados pelo aspecto de farináceo-duro, apresentando 55% do teor de umidade. Se ocorrer estresse nesse estágio haverá redução da produção devido à redução da massa dos grãos. O estágio R6, caracterizado também pela maturidade fisiológica, é atingido quando todos os grãos da espiga tiverem atingido seu máximo peso de matéria seca. O teor de umidade médio do grão é de 30 à 35%; porém, pode variar consideravelmente entre híbridos e depende das condições ambientais.

## 2.4 NITROGÊNIO

Sendo o nutriente mais exigido pelo milho, o nitrogênio (N) é responsável pelo desenvolvimento vegetativo e o verde intenso das folhas. O suprimento inadequado de N é considerado um dos principais fatores limitantes a produção de grãos do milho, pois este exerce importante função nos processos bioquímicos da planta, principalmente como constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila (CANTARELLA, 1993).

O milho é uma cultura que extrai grandes quantidades de N do solo, e usualmente requer o uso de adubação nitrogenada, aplicado parte no momento da semeadura e uma maior parte, em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se desejam produtividades elevadas. Estima-se que a necessidade de N para produção de uma tonelada de grãos varie de 20 a 28 kg ha<sup>-1</sup> (CANTARELLA, 1993). O aumento da produtividade de grãos proporcionado pelo nitrogênio pode ser atribuída, também, aos seus efeitos sobre o crescimento do sistema radicular, sobre o aumento do comprimento da espiga e do número de espigas por planta (BALKOO et al., 1980).

O nitrogênio, para ser adequadamente absorvido pela planta, é recomendável o parcelamento de sua aplicação. Primeiramente na semeadura, pois a absorção de nutrientes ocorre rapidamente durante as primeiras fases do ciclo das plantas de milho. O cuidado em relação ao restante do nitrogênio deve ser aplicado em cobertura, evitando excesso de sais no sulco de semeadura e, principalmente, perdas de nitrogênio por

lixiviação de nitrato ou por volatilização de  $\text{NH}_3$ . O estágio fenológico da planta para aplicação do nitrogênio em cobertura é essencial para determinar os ganhos de produtividade almejados. No estágio V5 ocorre a diferenciação do primórdio floral. Já durante os estádios V7 a V8 ocorre a definição do número de linhas de grãos na espiga e, por volta da 12<sup>a</sup> folha desenvolvida é determinado o tamanho da espiga (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

## 2.5 ALTAS DENSIDADES DE CULTIVO

A produtividade média mundial na safra de 2012/2013 foi de 5,19 t ha<sup>-1</sup> de grãos. Apesar de o Brasil ser o terceiro produtor mundial de milho, a produtividade brasileira na safra 2013/2014 alcançou 5,07 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014). Um dos fatores que influenciam essa baixa produtividade é a fragmentação da produção nacional. No Brasil, evidencia-se um elevado número de pequenos estabelecimentos produzindo pouca quantidade de milho.

As maiores produtividades têm relação direta com o incremento no manejo das lavouras, pelo controle mais eficiente dos fatores de produção. Alterações da densidade de cultivo têm demonstrado resultado direto no rendimento de grãos (SANGOI et al. 2011). Cruz et al. (2012), avaliando dez cultivares de milho com quatro densidades, constataram que todas as cultivares responderam ao aumento da densidade de plantas de forma quadrática. Essa resposta está associada ao fato de que, diferentemente de outras espécies da família *Poaceae*, o milho não possui um mecanismo de compensação de espaços eficiente em baixas densidades, pois há baixa emissão de perfilhos por planta, e quando ocorre o perfilhamento geralmente não há formação de espiga, e possui baixa prolificidade (SANGOI; SILVA, 2006). Essas características são oriundas da seleção genética realizada durante a evolução do teosinto, priorizando a dominância apical, reduzindo o número de ramificações laterais e concentração de toda a energia da planta no colmo principal (DOEBLEY, 2004, SANGOI et al., 2011).

A resposta positiva ao adensamento de plantas está relacionada às características das diferentes cultivares utilizadas, fertilidade do solo, manejo da cultura e ao grau de competição

intraespecífica por água, nutrientes e radiação solar incidente. A disponibilidade de água é, provavelmente, o principal fator que afeta a escolha da densidade ótima de plantas. Segundo Silva et al. (2006) a época mais crítica da planta à deficiência hídrica situa-se no período entre duas e três semanas em torno do espigamento, quando a demanda hídrica da cultura pode chegar a 8 mm de água por dia, períodos estes compreendidos entre V17 e R1, na escala de Ritchie; Hanway; Benson (1993) (Tabela 1).

O adensamento de plantas pode aumentar a suscetibilidade das plantas ao acamamento. Segundo Salisbury; Ross (1992), a planta quando submetida a altas densidades, diminui a oxidação das auxinas, ocorrendo a alongação celular. Com isso, os entrenós do colmo se tornam mais longos, aumentando a estatura da planta e a altura de inserção de espigas. Além disso, a maior competição intra-específica por luz, o aumento da dominância apical e o estiolamento das plantas favorecem a redução no diâmetro do colmo, tornando-as susceptível ao acamamento e ou ao colapso dos entrenós (SANGOI et al., 2005).

## 2.6 ACAMAMENTO

O acamamento pode ser definido como um estado permanente de modificação da posição do colmo em relação à sua posição original, resultando em plantas recurvadas, ou até mesmo na quebra de colmos (PINTHUS, 1973).

O quebramento e o acamamento são fenômenos complexos, e sua expressão depende de fatores genéticos, inter-relacionados com fatores do clima, do solo, bem como, das práticas culturais adotadas (CRUZ et al., 2003) e de danos causados por pragas e doenças. Segundo Fahn (1975), o acamamento muitas vezes envolve a ruptura dos tecidos, desconectando a vascularização do colmo e, portanto, impedindo a recuperação da planta. Além disso, 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 (ZANATTA; OERLECKE, 1991). Em cereais e outras culturas anuais graníferas, além de prejudicar o rendimento e a

qualidade dos grãos, esse fenômeno dificulta a colheita do grão de forma mecanizada (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

O colmo do milho, além de suportar as folhas e partes florais, serve também como órgão de reserva acumulando sacarose (MAGALHÃES et al., 1995). Essa estrutura vegetativa contém uma grande reserva de fotoassimilados que podem ser translocados para os grãos quando a fonte de fotoassimilados não é suficiente, situação essa verificada especialmente durante o período de senescência da planta, podendo acarretar o enfraquecimento do colmo, tornando-o susceptível ao quebramento (CRUZ et al., 1996).

Em estudo de Brachtvogel et al. (2010), avaliando a cultivar DOW 2B587 em diferentes densidades de semeadura: 30, 45, 60, 75, 90 e 105 mil plantas ha<sup>-1</sup>, verificaram incremento acentuado da porcentagem de plantas acamadas e quebradas com o aumento da população.

Cruz et al. (2003), avaliando dois genótipos de trigo, observaram a diminuição no rendimento de grãos, onde o acamamento artificial realizado no estádio de antese determinou a redução do rendimento de grãos, do peso do hectolitro e a massa média de grão na cultivar Embrapa 40.

De modo geral, o acamamento tem sido controlado mediante a combinação de menor população de plantas, restrição da aplicação de fertilizantes nitrogenados e com uso de cultivares resistentes, por exemplo, na cultura do trigo (BUZETTI et al., 2006). No entanto, o problema também pode ser solucionado pela utilização de reguladores de crescimento.

## 2.7 REGULADOR DE CRESCIMENTO

Para Rajala; Peltonen-Sainio (2001) redutores de crescimento são compostos químicos, aplicados exogenamente, que regulam o alongamento da haste, com a inibição da biossíntese das giberelinas ou liberação de etileno, sem diminuição da produtividade. Esses compostos podem interferir na morfofisiologia das plantas e nas características anatômicas de órgãos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2004). De acordo com Castro; Melotto (1989), a aplicação destes produtos pode ser feita via foliar, tratamento de sementes, estacas ou, ainda, via

solo, de maneira que as substâncias sejam absorvidas e possam exercer sua atividade.

Segundo Casillas et al. (1986), essas substâncias são eficientes quando aplicadas em baixas doses, favorecendo o bom desempenho dos processos vitais da planta, permitindo a obtenção de melhores colheitas, além de garantir rendimentos satisfatórios em condições ambientais adversas, como ocorrência de rajadas de ventos. O efeito do regulador de crescimento depende de vários fatores, como dose e época de aplicação, condições do ambiente, estado nutricional e fitossanitário da cultura. Além desses fatores, o risco de acamamento associado às boas perspectivas de rendimento de grãos deve orientar a decisão de se aplicar o produto (RODRIGUES et al., 2003).

O uso do regulador de crescimento data desde a década de 50, (KAHLIL, 1955 apud CASTRO et al., 1987). Na década de 70, Mitidieri et al. (1974) avaliando a aplicação de giberelinas na cultivar de milho “Piranão” constataram que há um aumento significativo da altura de plantas.

Vários redutores de crescimento foram utilizados em cereais de inverno. O cloreto de cloromequate, 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, cevada e cana-de-açúcar, o regulador de crescimento com nome comercial de Moddus, com ingrediente ativo trinexapac-ethyl.

### 2.7.1 Trinexapac-ethyl

O trinexapac-ethyl (TE) é uma ciclohexadiona de absorção foliar que atua como regulador de crescimento em plantas, no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico (RAJALA; PELTONEN-SAINIO, 2001) através da inibição da enzima  $3\beta$ -hidroxilase (NAKAYAMA et al., 1990),

reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA1), resultando no aumentando de seu precursor biossintético imediato GA20 (DAVIES, 1987). O declínio do teor do ácido giberélico ativo (GA1) é a provável causa da inibição do crescimento das plantas (WEILER; ADAMS, 1991). Aplicações desse regulador de crescimento se destacam no mercado nacional nas culturas de trigo, cana de açúcar e em gramados.

Freitas et al. (2002) verificaram relações diretas entre o aumento das doses de TE e o período de controle do crescimento vegetativo e do florescimento de *Paspalum notatum*.

O emprego do trinexapac-ethyl na cultura da cana de açúcar tem por finalidade a maximização da colheita e do aproveitamento agroindustrial, diminuindo o período de maturação e aumentando o teor de sacarose no colmo. Em experimento realizado na Usina Santa Elisa, Zillo (2003) avaliou os efeitos de vários maturadores na variedade SP80-1816 e verificou que o TE contribuiu para a melhoria dos parâmetros tecnológicos da cana, especialmente o teor de sólidos solúveis, teor de sacarose, pureza do caldo, fibra e percentagem de cana bruta aos 44 e 65 dias após a aplicação, sendo superado apenas em resultados pelo glyphosate.

Recentemente, Zagonel et al. (2013) avaliaram diferentes doses desse regulador de crescimento e épocas de aplicação em dois híbridos de milho, obtendo diferenças apenas para aumento da largura e diminuição do comprimento das folhas, sem efeitos substanciais nos componentes da produção e na produtividade. Zagonel; Fernandes (2007) também verificaram que o TE promoveu na cultura do trigo aumento de produtividade devido às mudanças morfológicas causadas pelo produto, e que ao diminuir a altura das plantas, as deixam com uma arquitetura mais adequada para aproveitar os recursos do meio, especialmente a radiação solar, e produzir mais, sendo a arquitetura diferente em relação a cultivar e à dose do TE.

## 2.8 REFERÊNCIAS

BALKO, L.G.; RUSSELL, W.A. Response of maize inbred kines to N fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n.5, p.723-732, 1980.

BRACHTVOGEL, E.L. **População de plantas e uso de piraclostrobina na cultura do milho: alterações agronômicas e fisiológicas**. 2010. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, 2010. 133p. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0503.pdf>>. Acesso em 5 de fev. 2015.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, p.63-145, 1993.

BUZETTI, S. et al. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de clormequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p.1731-1737, 2006.

CASILLAS, J. et al. Análisis cuantitativo de la aplicación de cuatro bioestimulantes en el cultivo del rabano (*Raphanus sativus* L.). **Acta Agronomica**, Palmira, v.36, n.2, p.185-195, 1986.

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

CASTRO, P. et al. Efeitos de reguladores e estimulantes vegetais no desenvolvimento do milho (*Zea mays* L. cv. C- 525). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v. XLV, p.1079-1105. 1987.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BUL, L.T.; CANTARELLA, H. (Eds). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, p.147-198, 1993.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento, safra 2013/14, v.1, n. 11, 2014. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_08\\_07\\_08\\_59\\_54\\_boletim\\_graos\\_agosto\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_08_07_08_59_54_boletim_graos_agosto_2014.pdf)>. Acesso em: 08 set. 2014.

CRUZ, C.J. et al. Avaliação de Dez Híbridos Simples de Milho em Altas Densidades de Plantio. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Sete lagoas: ABMS, 2012. p 2249-2256.

CRUZ, C.J. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2.ed. Brasília: Embrapa-CNPMS; Embrapa-SPI, 1996. 204 p.

CRUZ, P. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.1, p.5-8, 2003. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/viewFile/494/481>>. Acesso em: 12 de nov. 2014.

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

DOEBLEY, J. The genetics of maize evolution. **Annual Review of Genetics**, v.38, n.1, p.37-59, 2004.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA – EPAGRI. Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2012/2013. Disponível em: <[http://cepa.epagri.sc.gov.br/publicacoes/Sintese\\_2010/sintese%202010\\_inteira.pdf](http://cepa.epagri.sc.gov.br/publicacoes/Sintese_2010/sintese%202010_inteira.pdf)>. Acesso em: 09 de jul. 2014.

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

ESPINDULA, M.C. et al. 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, 2010.

FAHN, A. **Plant anatomy**. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1975. 643 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAOSTAT. **All data**. [Rome]: FAO, 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/default.aspx>>. Acesso em: 2 mar. 2014

FIALHO, C.M.T. et al. Caracteres morfoanatômicos de *Brachiaria brizantha* submetida à aplicação de trinexapac-ethyl. **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n.3, p.533-539, 2009.

FREITAS, F.C.L. et al. Efeitos do trinexapac-ethyl sobre o crescimento e florescimento da grama-batatais. **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, n.3, p.477-486, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v20n3/20.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

INSTITUTO FNP. **AGRIANUAL 2011**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2011. 482p.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃO, F.O.M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 1995. (Circular técnica, n° 20).

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Cadeia Produtiva do Milho**. Série Agronegócios, v.1, p.1-110. 2007.

MITIDIERI, J. et al. Efeitos da aplicação de reguladores de crescimento e características do milho (*Zea mays* L. cv. 'Piranão'). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. XXXI, n.1, p.51-64, 1974.

NAKAYAMA, I. et al. Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell free systems derived from immature seeds. **Plant and Cell Physiology**, v.31, n.8, p.1183-1190, 1990.

ODUM, E.P.; BARRETT, G.W. **Fundamentos de Ecologia**. 5.ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 612p.

PEIXOTO, C.M. O milho no Brasil, sua importância e evolução. **Informativo Pioneer**. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/Media-Center/Pages/Detalhe-do-Artigo.aspx?p=165&t=O+milho+no+Brasil%2c+sua+import%u0e2ncia+e+evolu%u0e7%u0e3o>>. Acesso em: 10 fev 2015.

PENCKOWSKI, L. H. **Utilizando regulador de crescimento na cultura de trigo**: Aspectos importantes para garantir bons resultados. 3 ed. Castro: Fundação ABC, 2009. 68p.

PINTHUS, M.J. Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures. **Advances in Agronomy**, New York, v.25, n.1, p.208-263, 1973.

RAJALA, A. et al. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.5, n.93, p.936-943, 2001.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).

RODRIGUES, O. et al. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003.18p. (circular Técnica Online;14). Disponível em: <[http://www.cnpq.embrapa.br/biblio/ci/-p\\_ci1-4.htm](http://www.cnpq.embrapa.br/biblio/ci/-p_ci1-4.htm)>. Acesso em: 15 ago. 2013.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant Physiology**. 4.ed. Belmont: Wadsworth Publishing, 681p. 1992

SANGOI, L. et al. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas.

**Bragantia**, Campinas, v. 61, n.2, p.101-110, 2002. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052002000200003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052002000200003&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03 dez. 2015.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da. Densidade e arranjo populacional em milho. 2006. Disponível em:  
<[http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/Densidade/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Densidade/Index.htm)> . Acesso em: 9 set. 2014.

SANGOI, L. et al. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.6, p.609-616, 2011.

SANGOI, L. et al. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2007. 95p.

SILVA, P.R.F. da et al. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 63p. 2006.

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

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **World Agricultural Production**: Relatório de 14/03/2014. Disponível em:  
<<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> . Acesso em: 09 jul. 2014.

WEILER, E.W.; ADAMS, R. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163`935. In: **Brighthon crop protection conference – Weeds**. Proceedings. Switzerland: Cida Geigy, 1991. p.1133-1138.

WEISMANN, M. **Fases de desenvolvimento da cultura do milho**. Tecnologia e Produção- Culturas: Safrinha e Inverno. Fundação MS, 2007. Disponível em:

<<http://www.atividaderural.com.br/artigos/4fb3e56aa8c56.pdf>>.  
Acesso em: 18 set. 2014.

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.; FERREIRA, C. Doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento em híbridos de milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v.31, n.2, p.395-402, 2013.

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

ZILLO, H. **Acompanhamento e comparação dos parâmetros tecnológicos com índices de maturação da cana-de-açúcar (var. SP80-1816) submetida à aplicação de maturadores químicos**. Monografia (Graduação em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2003.

### **3 CAPÍTULO I - ESTÁDIO FENOLÓGICO DA APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETHYL PARA A REDUÇÃO DA ALTURA DE PLANTA EM MILHO CONTRASTANTE GENETICAMENTE SOB CULTIVO EM CASA DE VEGETAÇÃO**

#### **3.1 RESUMO**

O uso de reguladores de crescimento vem sendo utilizado em diversas culturas na agricultura brasileira com a finalidade de alterar a altura de plantas, entretanto, na cultura do milho há poucos relatos sobre os efeitos desses reguladores, mais especificamente da molécula trinexapac-ethyl (TE). Esse estudo teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes doses do redutor de crescimento TE em diferentes estádios fenológicos da cultura do milho, utilizando a variedade SCS 154 Fortuna e o híbrido simples P30F53HR. Os testes foram realizados em casa de vegetação na Universidade do Estado de Santa Catarina, no Centro de Ciências Agroveterinárias, no ano de 2013 e 2014. Foram utilizados vasos com capacidade para 5 L, preenchido com 75% de solo (Cambissolo húmico alumínico) e 25% de substrato comercial e com uma planta de milho por vaso. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de doses sequenciais do regulador de crescimento TE aplicado a partir do estágio fenológico V2 até o V7, ou seja, de duas até sete folhas completamente desenvolvidas, com as seguintes doses sequenciais: (T1) testemunha (sem aplicação de redutor); (T2) aplicação em V2 (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>); (T3) aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3; (T4) aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4; (T5) única aplicação de 300 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4; (T6) aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 + V5; (T7) aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 + V5 + V6; (T8) aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7. Os genótipos de milho P30F53HR e SCS 145 Fortuna tiveram alteradas suas características morfológicas em resposta ao uso de diferentes doses de TE. A partir do estágio V4 as plantas de milho apresentam sinais de sensibilidade ao redutor

de crescimento, sendo que em V7 que acumulou 600 g i.a. ha<sup>-1</sup> de TE, as plantas foram mais sensíveis ao regulador de crescimento.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L. Regulador de crescimento. Características morfológicas.

### 3.2 INTRODUÇÃO

O milho é o cereal mais cultivado no mundo, com produção superior a 900 milhões de toneladas, cultivado em 175 milhões de hectares e com produtividade de 5,19 t ha<sup>-1</sup> de grãos, referentes à safra 2012/2013 (FAO, 2014).

Nas últimas cinco safras o consumo médio mundial de milho aumentou 12%, o que representa 93 milhões de toneladas em valores absolutos (USDA, 2014). No parâmetro nacional, o Brasil produziu 82 milhões de toneladas de milho na safra 2012/2013, número superior às 72 milhões de toneladas da safra 2010/2011 (CMA, 2014). Atualmente, a média brasileira de rendimento é de 5,07 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014).

O aumento de produtividade é um desafio constante na cadeia produtiva do milho, e pode-se chegar a patamares maiores quando modificadas algumas práticas de manejo. Nos estudos realizados por Assis et al. (2006) e Schimitt et al. (2012), esses autores verificaram produtividades de 19,11 e 18,56 t ha<sup>-1</sup> de grãos de milho, respectivamente. Entre as práticas e técnicas empregadas para a obtenção de maior produtividade, a escolha do arranjo espacial de plantas na área é uma das mais importantes (ALMEIDA et al., 2000). Entre as formas de manipulação do arranjo de plantas, a densidade populacional é a que tem maior efeito no rendimento de grãos de milho, já que pequenas alterações na população implicam modificações relativamente grandes no rendimento final (SILVA et al., 2006).

O milho é uma das espécies mais eficientes na conversão de energia solar em fitomassa (SANGOI et al., 2007). Propiciar à comunidade de plantas de uma lavoura o máximo aproveitamento da radiação incidente é uma estratégia para incrementos de produtividade de grãos. Conceitualmente, uma ótima utilização da radiação solar é conseguida com a adoção de altas densidades de plantas e redução no espaçamento entre

linhas para captar a radiação incidente, bem como manter a captação constante por longo período.

O uso de altas densidades de plantas no cultivo de milho é limitada pela tendência da cultura se tornar suscetível ao acamamento e ao alto sombreamento entre as folhas. O uso de cultivares de milho com menor altura de plantas e com folhas menores e mais eretas podem minimizar tais problemas. Contudo, esse ideotipo de planta não predomina entre os atualmente disponibilizados aos agricultores, o que exige a adoção de técnicas opcionais de manejo, como o uso de reguladores de crescimento.

Os redutores vegetais atuam na fisiologia da planta, a fim de alterar características da arquitetura foliar e reduzir a altura do caule com o objetivo de facilitar tratos culturais, reduzir a propensão ao acamamento, maximizar a absorção da radiação solar e assim, aumentar a produtividade. Para possibilitar o uso de alta densidade de plantas no cultivo de milho deve-se utilizar estratégias de manejo que possibilitem ao estande de plantas alcançar produtividade acima de  $200 \text{ sc ha}^{-1}$ , entre essas se destacam o maior emprego de insumos, como adubação, particularmente nitrogenada, controle de pragas e doenças (SCHMIDT et al., 2012), e mais recentemente a possibilidade do uso de reguladores de crescimento (ZHANG et al., 2014).

Estudos vêm sendo gerados na cultura do trigo com o objetivo de diminuir a altura de plantas através do emprego do regulador de crescimento, especificamente com TE. Esse regulador atua nas plantas reduzindo a elongação celular no estágio vegetativo e obstruindo a biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002) aumentando acentuadamente seu precursor biossintético imediato GA20 (DAVIES, 1987).

A provável causa da inibição do crescimento das plantas pela aplicação do TE é a queda do nível do ácido giberélico ativo GA1 que atua na elongação dos internódios (WEILER; ADAMS, 1991). Zagonel; Fernandes (2007) destacam que o TE foi eficiente na redução da estatura das plantas e melhoria da arquitetura foliar de trigo. A causa provável para o excessivo crescimento em estatura das plantas de milho pode estar associada à alta concentração de giberelina na época de alongamento do colmo.

A utilização do redutor de crescimento na cultura do milho ainda é recente e há carência de informações básicas sobre o

comportamento das estruturas vegetativas da planta de milho em decorrência da aplicação de TE.

Visando obter maiores informações sobre o comportamento das plantas de milho em resposta ao uso do TE, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de TE aplicadas em diferentes estádios fenológicos, em características morfológicas e acúmulo de fitomassa em dois genótipos de milho avaliados em casa de vegetação.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram implantados, no mês de julho de 2013 e julho de 2014, em casa de vegetação da Universidade do Estado de Santa Catarina, no Centro de Ciências Agroveterinárias localizado no município de Lages, região do planalto sul de Santa Catarina, sob coordenadas geográficas de 27°47' Latitude Sul e 50°18' Longitude Oeste e numa altitude média de 930 m.

Foram utilizados dois genótipos de milho, o híbrido simples P30F53HR de ciclo precoce, desenvolvido pela empresa Pioneer, caracterizado por plantas com altura e inserção de espiga de 260 e 110 cm, respectivamente; e a variedade de polinização aberta (VPA) SCS 154 Fortuna, de ciclo precoce, desenvolvida pela EPAGRI, que possui a altura média de plantas de 230 cm e inserção da espiga de 120 cm, adaptada às mesorregiões oeste e planalto norte de Santa Catarina (GRUPO CULTIVAR DE PUBLICAÇÕES, 2012). As sementes foram semeadas em vasos plásticos com dimensões de 23cm de diâmetro por 23 cm de altura e com capacidade para 5 L, preenchido com 25% de substrato (AgroCerro) e 75% de solo, classificado como Cambissolo húmico alumínico.

A mistura substrato+solo foi analisada quimicamente. Na análise inicial a mistura apresentou teor de argila de 51,0%, matéria orgânica de 3,0%, CTC do solo a pH 7,0 de 18,2  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e pH em água de 5,6. Os teores iniciais dos nutrientes foram Ca = 6,20  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , Mg = 3,13  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , P = 37,9  $\text{mg dm}^{-3}$ , K = 75  $\text{mg dm}^{-3}$ , H+Al = 8,70  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e Al = 0,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ . A mistura substrato+solo foi corrigida seguindo as normas do Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-

RS/SC (2004) visando obter produtividade de 12 t ha<sup>-1</sup> de grãos de milho.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 8 tratamentos e 4 repetições. Em cada vaso foram semeadas 4 sementes e quando as plantas estavam no estágio V3 foi realizado o desbaste mantendo apenas uma planta por vaso e a cada 15 dias os vasos foram alterados de posição sobre a bancada. Cada cultivar consistiu num experimento e foi analisado separadamente, por visto que a tendência para obter indicações mais precisas de manejo pelo uso dos insumos agrícolas durante o cultivo do milho, é associado a recomendação específica por cultivar, por exemplo, densidade de semeadura.

O regulador de crescimento TE foi aplicado a partir do estágio fenológico V2 até o V7, ou seja, de duas até sete folhas completamente desenvolvidas, com as seguintes doses sequenciais, conforme o avanço fenológico da cultura: (T1) testemunha (sem aplicação de redutor); (T2) aplicação em V2 (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>); (T3) aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3; (T4) aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4; (T5) única aplicação de 300 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4; (T6) aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 + V5; (T7) aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 + V5 + V6; (T8) aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7.

A aplicação do TE foi realizada com o auxílio de pulverizador costal, à pressão constante de 30 lb pol<sup>-2</sup>, pressurizado por CO<sub>2</sub>. Foram utilizadas pontas com bicos de jato plano “leque” XR 110-015, calibrado para volume de calda proporcional a 200 L ha<sup>-1</sup>. Durante a aplicação, o jato foi dirigido para o cartucho de cada planta.

Quando as plantas estavam no estágio de pendoamento, foram avaliadas as variáveis: altura de planta, do solo até a base do limbo da última folha; inserção da espiga, do solo até a base do limbo da folha índice. As aferições de estatura foram realizadas com o auxílio de uma trena métrica. Foi avaliado diâmetro de colmo no segundo internódio acima do solo, com auxílio do paquímetro digital; o número de folhas completamente desenvolvidas por contagem direta sobre as plantas; e a massa de matéria seca da parte aérea por planta, obtido após a secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 60 °C, até a obtenção de massa constante.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F, em nível de 5% de probabilidade de erro. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a cultivar P30F53HR, as variáveis: altura de planta, altura de inserção de espiga, período de emergência ao florescimento masculino e massa seca, foram os parâmetros que apresentaram interação entre o ano de avaliação e os tratamentos submetidos a diferentes doses de TE (Tabela 2).

Tabela 2 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de folhas por planta (NF), período de emergência ao florescimento masculino (PEFM) e matéria seca da parte aérea da planta (MS) da cultivar de milho P30F53HR, submetida a diferentes doses de regulador de crescimento nas safras 2013 e 2014. Lages-SC, 2014.

FV	GL	AP (cm)	AIE (cm)	DC (mm)	NF (un)	PEFM (un)	MS (g)
Ano (A)	1	10353,06**	4795,56**	28,62*	72,25**	248,06**	172017,56**
Trat (T)	7	4373,30**	2393,92**	14,31*	1,52*	15,11 **	3553,74 **
A x T	7	1035,52**	808,88 **	6,98 ns	0,78 ns	6,49 **	3103,45 **
<b>Média Geral</b>		133,43	87,06	21,68	17,4	76,56	142,4
<b>CV %</b>		8,58	11,75	10,34	4,76	1,87	20,53

\*\* e \* = diferem estatisticamente pelo teste F a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ , respectivamente; ns: não significativo; F.V. = fontes de variação; G.L.= graus de liberdade; CV% = coeficiente de variação.

Fonte: produção próprio autor.

Na variedade de polinização aberta SCS 154 Fortuna, as variáveis que apresentaram interação entre o ano e os tratamentos foram: período de emergência ao florescimento masculino e matéria seca (Tabela 3).

Tabela 3 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de folhas por planta (NF), período de emergência ao florescimento masculino (PEFM) e matéria seca (MS) do genótipo de milho SCS 154 Fortuna, submetida a diferentes doses de regulador de crescimento nas safras 2013 e 2014. Lages-SC, 2014.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>AP (cm)</b>	<b>AIE (cm)</b>	<b>DC (mm)</b>	<b>NF (un)</b>	<b>PEFM (un)</b>	<b>MS (g)</b>
Ano (A)	1	20700,01**	9776,26**	35,55**	90,25**	31,64 ns	264453,06**
Trat (T)	7	7274,22**	2819,62**	38,59**	2,25 ns	49,85 **	4001,24 **
A x T	7	566,87 ns	552,69 ns	5,50 ns	0,82 ns	34,28 **	4149,09 **
<b>Média Geral</b>		145,26	93,35	21,61	17,81	78,45	162,28
<b>CV %</b>		11,71	17,39	10,08	6,58	3,82	18,25

\*\* e \* = diferem estatisticamente pelo teste F a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ , respectivamente; ns: não significativo; F.V. = fontes de variação; G.L.= graus de liberdade; CV% = coeficiente de variação.

Fonte: produção próprio autor.

As maiores reduções de altura foram observadas no tratamento 8 para a cultivar P30F53HR, e o segundo ano de avaliação apresentou menores valores para altura de planta quando comparado com o primeiro ano (Tabela 3).

Quando as plantas de milho continuaram a serem tratadas com o regulador de crescimento, os tratamentos 7 e 8 da cultivar P30F53HR, foram observadas as maiores reduções na altura de plantas e inserção de espiga, nos dois anos de avaliação (Tabela 4). A sensibilidade à redução de altura e inserção de espiga, nos dois anos de avaliação foi observado a partir do tratamento 7 para a cv. P30F53HR (Tabela 4).

Tabela 4 – Desdobramento da interação entre ano de avaliação e doses de trinexapac-ethyl aplicadas em diferentes estádios fenológicos, nos genótipos de milho cv. P30F53HR e SCS 154 Fortuna, no ano de 2013 e 2014. Lages-SC, 2014.

P30F53HR									
FV	Ano	T1 <sup>2/</sup>	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
AP <sup>2/</sup> (cm)	2013	189,5 aA	144,7 aB	149,7 aB	150,0 aB	160,2 aB	140,5 aB	138,0 aB	96,5 aC
	2014	141,5 bA	145,0 aA	137,0 aA	119,2 bB	101,5 bC	146,2 aA	99,7 bC	75,5 bD
AIE (cm)	2013	130,0 aA	88,7 aB	109,5 aA	97,0 aB	111,7 aA	83,0 aB	89,7 aB	56,0 aC
	2014	89,2 bA	94,0 aA	98,2 aA	78,2 aB	63,0 bB	90,0 aA	65,5 bB	49,0 aC
PEFM (un)	2013	79,5aB	77,2 aC	77,7 aC	77,0 aC	77,5 aC	79,5 aB	78,0 aC	81,7 aA
	2014	73,0 bB	73,5 bB	73,0 bB	73,5 bB	75,2 bA	74,5 bB	77,2 aA	76,7 bA
MS (g)	2013	178,7 aB	176,0 aB	205,0 aB	165,0 aB	290,0 aA	179,2 aB	187,5 aB	172,5 aB
	2014	96,2 bA	92,5 bA	95,0 bA	87,5 bA	92,5 bA	93,7 bA	86,2 bA	80,7 bA
SCS 154 Fortuna									
FV	Ano	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
PEFM (un)	2013	79,7 aB	79,2 aB	79,0 aB	76,5 aB	81,0 aA	76,5 aB	77,2 bB	84,0 aA
	2014	75,2 bB	74,2 bB	80,2 aA	74,0 aB	74,5 bB	78,0 aB	83,2 aA	82,5 aA
MS (g)	2013	241,2 aB	230,0 aC	215,0 aC	183,2 aC	310,0 aA	255,0 aB	203,0 aC	175,0 aC
	2014	106,5 bA	81,2 bA	98,7 bA	90,0 bA	91,2 bA	105,0 bA	120,0 bA	91,2 bA

<sup>1/</sup> T1 testemunha (0); (T2) V2 (100 g i.a. ha<sup>-1</sup>); (T3) de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3; (T4) 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4; (T5) 300 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4; (T6) 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 +V5; (T7) 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 + V5 +V6; (T8) 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7.

<sup>2/</sup> AP = altura de planta; AIE = altura de inserção de espiga, PEFM = período entre a emergência e o florescimento masculino e MS = massa seca total da parte aérea das plantas.

Diferentes letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Fonte: produção do próprio autor.

Comparando os resultados entre os tratamentos 5 e 4, os quais caracterizados pela mesma dose, 300 g i.a<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl aplicado no estágio fenológico de V4, sendo o T4 aplicado em forma sequencial e o T5 aplicado em dose única, apresentou diferença para a cultivar P30F53HR no segundo ano de

avaliação para a variável altura de planta. Destacando que a maior eficiência de redução encontrou-se no tratamento 5, e quando comparado os dois anos, o experimento de 2014 foi o mais responsivo em reduzir AP e AIE (Tabela 4).

Para a variedade de polinização aberta, as médias dos tratamentos dos dois anos de avaliação, o T5 diferenciou entre o T4 para a AP, não diferenciando para a variável AIE (Tabela 5).

Tabela 5 - Média dos tratamentos avaliados nos anos de 2013 e 2014, que não apresentaram interação entre o ano e as doses e épocas de aplicação de trinexapac-ethyl. Lages-SC, 2014.

P30F53HR			SCS 154 Fortuna				
Trat	DC <sup>1/</sup> (mm)	NF (un.)	Trat	AP (cm)	AIE (cm)	DC (mm)	NF (un)
<b>T1</b>	21,4 b	17,5 a	<b>T1</b>	162,5 b	110,8 a	20,9 c	17,9 a
<b>T2</b>	20,6 b	16,5 a	<b>T2</b>	165,8 b	109,1 a	19,9 c	17,3 a
<b>T3</b>	20,4 b	17,3 a	<b>T3</b>	183,0 a	115,9 a	20,1 c	17,1 a
<b>T4</b>	21,2 b	17,8 a	<b>T4</b>	155,3 b	89,6 b	20,8 c	17,6 a
<b>T5</b>	22,6 a	18,0 a	<b>T5</b>	132,8 c	81,4 b	21,1 c	18,6 a
<b>T6</b>	20,7 b	17,4 a	<b>T6</b>	154,5 b	100,0 a	20,2 c	17,5 a
<b>T7</b>	22,5 a	17,5 a	<b>T7</b>	120,1 c	77,9 b	23,7 b	18,3 a
<b>T8</b>	24,3 a	17,4 a	<b>T8</b>	88,3 d	62,3 c	26,2 a	18,3a

T1 testemunha (0); (T2) V2 100 g i.a. ha<sup>-1</sup>; (T3) de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3; (T4) 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4; (T5) 300 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4; (T6) 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 + V5; (T7) 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 + V5 + V6; (T8) 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7.

<sup>1/</sup>DC = diâmetro do colmo, NF = número de folhas por planta, AP = altura de planta; AIE = altura de inserção de espeiga.

Diferentes letras minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0.05).

No tratamento 3, da VPA, visualiza-se uma promoção de crescimento de 0,20 m em relação à testemunha (Tabela 5). Fato esse explicado por um provável desbalanço hormonal ocasionado pela aplicação do TE (200 g i.a. ha<sup>-1</sup>) no estágio fenológico de V3. Sabe-se que neste estágio vegetativo da planta os níveis de giberelina endógena, todavia, são baixos quando comparados com estádios vegetativos a partir de V5, caracterizado pela iniciação da alongação celular. Devido a esse

possível ajuste hormonal, aos 49 dias após aplicação do regulador de crescimento, o T3 resultou em aumento de altura de planta, entretanto, o mesmo comportamento não foi evidenciado para o mesmo genótipo na segunda safra.

No segundo ano de avaliação para o híbrido simples, a aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> a mais aplicado em V6, reduziu a altura de planta 0,47 m e 24,5 m respectivamente entre o T7 e o T6 (Tabela 4).

No trabalho de Souza et al. (2012) testando seis redutores de crescimento com seis híbridos de milho, a menor estatura de planta foi obtida com a aplicação do redutor de crescimento cloreto de mepiquate e dentre os híbridos a cv. P30F53 foi o que obteve menor estatura.

A redução de AP através do uso do TE é possível porque este produto atua nas plantas reduzindo a alongação celular, neste caso foi aplicado visando inibir diretamente a alongação dos entrenós do colmo da planta. Tal inibição da alongação dos entrenós, se deve à obstrução a biossíntese do ácido giberélico ativo (GA1) por inibir a enzima GA20 3 beta hidroxilase (NAKAYAMA et al., 1990). Desta forma a inibição do crescimento da planta é decorrente da redução apenas do alongamento celular e não da divisão celular (ERVIN et al., 2002).

Segundo Santos (2004,) o crescimento e desenvolvimento das plantas são regulados por fatores endógenos e ambientais. Os fatores endógenos são controlados a nível celular e molecular, assim como por meio de hormônios vegetais que têm a função de manutenção do organismo como um todo. A importância ecológica dos hormônios vegetais está em função de substância transdutora, pois segue a percepção dos estímulos ambientais e então todos os pontos da planta são informados sobre a situação de outra parte por meio de síntese ou de mudanças de concentração de um ou mais fitohormônios.

Tabela 6 - Média dos dois anos de avaliação para as variáveis altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de folhas por planta (NF), período de emergência ao florescimento masculino (PEFM) e matéria seca (MS) em dois genótipos de milho, submetidos à aplicação de diferentes doses de trinexapac-ethyl em estádios fenológicos distintos. Lages-SC, 2014.

<b>P30F53HR</b>						
<b>Ano</b>	<b>AP (cm)</b>	<b>AIE (cm)</b>	<b>DC (mm)</b>	<b>NF (un)</b>	<b>PEFM (un)</b>	<b>MS (g)</b>
2013	146,15 a	95,71 a	22,35 a	16,34 b	78,55 a	194,25 a
2014	120,71 b	78,40 b	21,02 b	18,46 a	74,59 b	90,56 b
<b>SCS 154 Fortuna</b>						
2013	163,25 a	105,72 a	22,36 a	16,62 b	79,16 a	226,56 a
2014	127,28 b	81,00 b	20,86 b	19,00 a	77,75 a	98,00 b

Diferentes letras minúsculas na coluna, por cultivar, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0.05$ ).

No segundo ano de avaliação, a aplicação de TE reduziu a altura de inserção de espiga, para o híbrido P30F53HR (Tabela 4) uma diferença de 65,78 cm entre o tratamento que acumulou 600 g i.a<sup>-1</sup> e a testemunha. Os menores valores também foram observados entre o tratamento 5, 7 e 8 do híbrido simples e para o tratamento 8 da VPA, no segundo ano de experimento. Sangoi et al. (2002) ressalta que plantas com menor AP e AIE, permite um centro de gravidade mais equilibrado, baixo índice de acamamento e quebra de colmos favorecendo a absorção de nutrientes à produção de grãos.

Para a variável diâmetro de colmo, o primeiro ano de avaliação houve um acréscimo para essa variável quando comprado com o segundo ano, em ambos genótipos avaliados (Tabela 6). Os maiores valores de diâmetro de colmo foram observados nos tratamentos 5, 7 e 8 para o híbrido simples, e para a VPA, destacou-se o tratamento 8 que aumentou aproximadamente 6 mm em relação à testemunha. Em estudo realizado por Nardino et al. (2013) houve interação entre doses de redutor de crescimento (TE) e cultivares de trigo, sendo a cv. Abalone diminuiu o diâmetro de colmo e a cv. RBS Guaramirm aumentou o diâmetro com a aplicação do

reductor, evidenciando que a resposta das cultivares em razão do uso do reductor de crescimento é dada de forma diferencial. Experimentos realizados na Fundação ABC (PENCKOWSKI et al., 2007) concluíram que o efeito do regulador de crescimento (TE), sobre as medidas de diâmetro na cultura do trigo, depende da cultivar, do manejo da cultura, condições climáticas.

A massa seca da parte aérea das plantas de milho, no primeiro ano de avaliação, os tratamentos 6,7 e 8 do híbrido simples e os tratamentos 7 da SCS 154 Fortuna, apresentaram os menores valores para essa variável, e quando comparado com o segundo ano não houve diferença entre os tratamentos. Entretanto, o segundo ano de avaliação teve menor massa seca que o primeiro ano (Tabela 4).

O número de folhas completamente expandidas foi alterado pelo uso do regulador em ambos genótipos, segundo dados da Anova (Tabela 3 e 4). Entretanto, visualiza-se que o segundo ano de avaliação, diferenciou mais folhas para os dois genótipos que o primeiro ano de pesquisa (Tabela 6). Pricinotto et al. (2014) estudando o efeito do TE no híbrido simples Status Viptera, sobre diferentes doses em diferentes estádios fenológicos da cultura, também não observaram diferença significativa entre os tratamentos.

Verifica-se que a maior dose de TE atrasou a floração para a cv. P30F53HR e VPA em 2 e 4 dias respectivamente no experimento de 2013 (Tabela 2). No segundo ano de avaliação para a VPA foi observado atraso de 7 dias, não havendo diferença para o híbrido simples (Tabela 3). Resultados de atraso de floração também foram encontrados no trabalho de Estevo (2013), avaliando a cultivar de arroz IRGA 422 CL submetido a diferentes doses de TE em três diferentes épocas, e conclui que conforme aumentou a dose do TE aumentou o ciclo da cultivar, sendo que a dose de 150 g i.a. ha<sup>-1</sup> do produto comercial resultou num atraso de 16 dias para a floração. Redução do crescimento, devido a redução da alongação celular com consequente prolongamento do período vegetativo, são consequências do uso de TE e foi verificado em gama zoyisiagrass “Meyer” (ERVIN; KOSKI, 2002). Pois, a inibição do crescimento da planta é decorrente da redução apenas do alongamento celular e não da divisão celular devido ao TE resultar em baixo nível de GA1 como consequência da

diminuição acentuada da enzima GA20 3-beta-hidroxilase (ADAMS et al., 1992; ERVIN et al., 2002)

Mais estudos são necessários para se aproximar os parâmetros na busca de recomendação técnica.

### 3.5 CONCLUSÃO

Aplicações de diferentes doses de trinexapac-ethyl, alteram as características morfológicas das plantas de milho avaliadas.

As maiores doses do regulador de crescimento proporcionam os menores valores de altura de plantas, inserção de espiga e aumenta o período vegetativo da planta de milho.

### 3.6 REFERÊNCIAS

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

ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L.; ENDER, M. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.23-29, 2000.

ASSIS, J.P. et al. Simulação estocástica de atributos do clima e da produtividade potencial de milho utilizando-se distribuição triangular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.539-543, 2006.

CMA Consultoria, Métodos, Assessoria e Mercantil S/A. Safras e Mercado. Disponível em: <<http://www.safras.com.br/index.asp>>. Acesso em: 2 mar. 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento, safra 2013/14, v.1, n. 11, 2014. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_08\\_07](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_08_07)>

\_08\_59\_54\_boletim\_graos\_agosto\_2014.pdf>. Acesso em: 08 set. 2014.

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

ESTEVO, P.A. **Efeito do regulador de crescimento trinexapac-ethyl em cultivares de arroz irrigado**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia). Universidade Federal de Santa Maria, 2013. 74p Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgagrobio/AnaPaulaEstevo.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

ERVIN E.H. et al. Trinexapac-ethyl restricts shoot growth and progress stand density of 'Meyer' zoysiagrass fairway under shade. **HortScience**, Alexandria, v.37, n.3, p.502-505, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAOSTAT. **All data**. [Rome]: FAO, 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/default.aspx>>. Acesso em: 2 mar. 2014.

GRUPO CULTIVAR DE PUBLICAÇÕES. Cultivar Grandes culturas, Pelotas, n. 159, agosto 2012, p.44. Disponível em: <[http://www.grupocultivar.com.br/site/revistas/cultura/GC\\_2012\\_Agosto.pdf](http://www.grupocultivar.com.br/site/revistas/cultura/GC_2012_Agosto.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2015.

HECKMAN, N, L. et al. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison, v.42, n.1, p.423-427, 2002. Disponível em: <<https://www.crops.org/publications/cs/articles/42/2/423>>. Acesso em: 21 nov. 2014.

NAKAYAMA, I. et al. Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cellfree systems derived from immature seeds. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v.31, n.8, p.1183-1190, 1990.

NARDINO, M. et al. Resposta de cultivares de trigo a doses de nitrogênio e à aplicação de redutor de crescimento. **Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v.19, n.2, p.73-81, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/3185/2653>>. Acesso em: 20 dez. 2015.

PRICINOTTO, L. F. et al. Trinexapac-ethyl no desenvolvimento vegetativo de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30, 2014, Salvador. **Anais...**: Sete lagoas: ABMS, 2014.

SANGOI, L. et al. Bases morfo-fisiológicas para a maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.2, p.101-110, 2002.

SANTOS, C.M.; VIEIRA, E.L. Efeito de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial do algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v.17, n.3, p.124-130, 2005.

SCHMITT, A. et al. Densidade de plantas como estratégia para aumentar o rendimento de grãos de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Sete lagoas: ABMS, 2012. p.2009-2015.

SILVA, P.R.F. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 63p. 2006.

SOUZA, C.A. et al. Efeito de redutores de crescimento sobre atributos morfológicos da planta e componentes do rendimento em milho. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22, 2012, Lages. **Anais...** Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, 2012. p.58, 2012.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **World Agricultural Production**: Relatório de 14/03/2014. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2014.

WEILER, E.W.; ADAMS, R. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163'935. In: Brighton Crop Protection Conference-Weeds, 1991, Switzerland. **Proceedings...** Switzerland: Ciba Geigy, p.1133-1138, 1991.

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.

ZHANG, Q. et al. Maize yield and quality in response to plant density and application of a novel plant growth regulator. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.164, n.4, p.82-89, 2014.



## **4 CAPÍTULO II - RESPOSTA DA APLICAÇÃO DE TRINEXAPAC-ETHYL NO CULTIVO DE MILHO EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

### **4.1 RESUMO**

O cultivo de milho em altas densidades predispõe as plantas ao estiolamento e conseqüentemente ao acamamento. Os reguladores de crescimento vêm sendo empregados nos cereais de inverno para inibir o acamamento de plantas e proporcionar uma arquitetura de planta que maximize a interceptação da radiação solar. Nesse sentido, realizaram-se dois experimentos em condições de campo, no ano agrícola de 2013/2014 na Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias localizado em Lages. O objetivo foi avaliar os efeitos de doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (TE) nas cultivares de milho P30F53HR e P30R50H, cultivado em densidade de 90 mil pl ha<sup>-1</sup>. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições. O TE foi aplicado a partir do estágio fenológico V4 até o V7, ou seja, de quatro até sete folhas completamente desenvolvidas, distribuídas conforme a seguinte descrição: (T1) testemunha (sem aplicação de redutor); (T2) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4; (T3) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 + V5; (T4) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 + V5 + V6; (T5) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 + V5 + V6+V7; (T6) única aplicação de 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V5; (T7) única aplicação de 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V7; e (T8) única aplicação de 800 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V7. O uso do regulador de crescimento TE altera a altura de planta e inserção de espiga. Aplicações de TE na dose de 800 g i.a. ha<sup>-1</sup> no estágio fenológico V7, proporcionou os menores valores de altura de plantas e inserção de espiga. Porém, também reduziu a produtividade das cultivares de milho testadas. Para a variável diâmetro de colmo não houve diferença em ambos experimentos. O estágio fenológico da planta de milho interfere na resposta do TE. Aplicações tardias de TE, em V7, reduzem a altura de planta e a produtividade da cultura.

**Palavra chave:** *Zea mays* L. Regulador de crescimento. Características morfológicas.

## 4.2 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais importantes do mundo (ZHANG et al., 2014). O aumento da demanda mundial por milho é crescente, pois é a base para ração animal, alimentos para suprir a necessidade humana e fabricação de biocombustível (FAO, 2013).

Para obter maiores ganhos produtivos uma das alternativas é aumentar a densidade de plantas. Entretanto altas densidades resultam em colmos mais finos, aumentando o risco de acamamento que tem efeitos diretos na produção de grãos (TOKATLIDIS et al., 2004).

O acamamento de cereais tem sido estudado em diversas regiões do mundo por muitos anos (BRADY, 1934 apud SILVA et al., 2006), por ser considerado um fator determinante na redução do rendimento de grãos, por exemplo redução em até 60%. O acamamento pode afetar diretamente o rendimento de grãos por interferir na acumulação de matéria seca, ou reduzir o rendimento indiretamente, devido às dificuldades que ele impões na colheita (ROCHA, 1996).

O uso de cultivares de milho com menor altura de plantas e com folhas menores e mais eretas pode minimizar o problema. Contudo, cultivares com essas características nem sempre estão disponíveis ou são adaptadas a determinada região de cultivo, o que exige a adoção de técnicas alternativas, como o uso de reguladores de crescimento (PRICINOTTO et al., 2014). Segundo Taiz; Zeiger (2004), reguladores de crescimento são compostos sintéticos aplicados nas plantas para a obtenção de diversos efeitos, tais como o de promover, retardar ou inibir o crescimento vegetativo. Esses compostos podem interferir na morfofisiologia das plantas e nas características anatômicas de órgãos vegetais.

Dentre esses compostos, o TE tem mostrado efeitos regulatórios em diversas espécies pertencentes à família das Poaceae, sendo utilizado em maior escala, no Brasil, como regulador de crescimento na cultura do trigo, com o principal objetivo de evitar e/ou reduzir o acamamento (ZAGONEL et al.,

2013). Esse produto interfere na inibição da enzima 3 $\beta$ -hidroxilase, reduzindo o ácido giberélico ativo (GA<sub>1</sub>) e aumentando o seu precursor biossintético imediato GA<sub>20</sub> (HECKMAN et al., 2002), ocasionando assim a inibição da alongação celular das plantas durante seu estágio vegetativo.

Segundo pesquisas relacionadas com a cultura do trigo, Zagonel; Fernandes (2007) destacaram a eficiência da utilização do TE na redução da estatura de plantas e melhoria da arquitetura foliar de trigo, proporcionando aumento do diâmetro de colmo, diminuindo o acamamento e otimizando o uso da radiação solar, com consequente aumento da produtividade.

Segundo Lacerda (2006), o TE foi eficaz em reduzir o crescimento das plantas de cana-de-açúcar, promovendo encurtamento dos entrenós e produção de maior número de gemas por tolete. As doses de TE onde verificou-se maior redução do crescimento e maior número de gemas viáveis por colmo foram na dose sequencial de 0,3 + 0,3 L ha<sup>-1</sup>, avaliado 60 dias após a aplicação.

Para a cultura do milho há poucos relatos sobre o uso do TE. Zagonel et al. (2013) estudando diferentes épocas de aplicação e doses do TE em milho não observaram diminuição de altura de plantas e altura de inserção de espiga para as cultivares avaliadas. Pricinotto et al. (2014) avaliando o efeito do TE na cultivar Status TL, observaram que houve acréscimo de diâmetro de colmo e o uso desse regulador de crescimento promoveu o incremento na produtividade de milho. Todavia as respostas com aplicação de TE não são frequentes, e hipóteses precisam ser testadas e avaliadas em função de fatores como clima, cultivar, dose e época de aplicação.

Dessa forma, este trabalho foi conduzido com objetivo de avaliar a influência de doses do regulador de crescimento TE sobre as características morfo-agronômicas de duas cultivares milho cultivado em condições de campo.

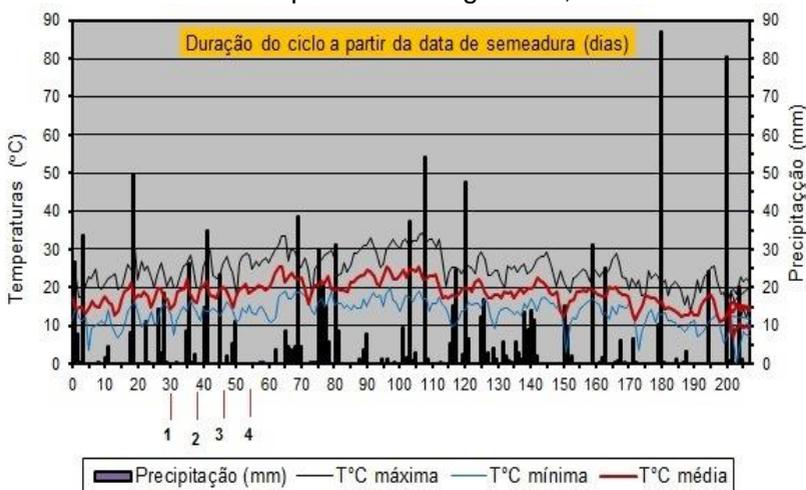
#### 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos em campo, na área experimental do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, no ano agrícola de 2013/14, 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.

Os dados meteorológicos (temperatura máxima, média, mínima e chuva) foram obtidos do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina, em Lages (Figura 1).

Figura 1 - Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima, mínima e média do ar no período de semeadura à colheita do experimento. Lages- SC, 2013/2014.



VE: Emergência VT: Pendoamento 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> aplicação de TE  
 Fonte: produção do próprio autor

O solo da área experimental é classificado como Cambissolo húmico aluminico. Segundo análise de solo realizada em setembro de 2013, ele apresentava as seguintes características teor de argila de 51,0%, matéria orgânica de 3,0%, CTC do solo a pH 7,0 de 18,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e pH em água de 5,6. Os teores iniciais dos nutrientes foram: Ca = 6,20 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg = 3,13 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, P = 37,9 mg dm<sup>-3</sup>, K = 75 mg dm<sup>-3</sup>, H+Al = 8,70 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e Al = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Os híbridos avaliados foram o P30F53HR, híbrido simples de ciclo precoce, cuja, recomendação de densidade de semeadura é de 60-80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, e que possui altura de

plantas e inserção de espiga de 260 e 110 cm, respectivamente, e o P30R50, cultivar de ciclo precoce, híbrido simples, que possui altura de planta e inserção de espiga de 260 e 120 cm, respectivamente. Ambas cultivares pertencem à empresa DuPont / Pioneer (CULTIVAR, 2012).

O sistema de semeadura foi o plantio direto sob palhada de centeio. A semeadura de ambos os híbridos foi realizada mecanicamente no dia 23/10/2013, em fileiras espaçadas a 0,6 m, as parcelas tendo 5 metros de comprimento, com 4 fileiras, sendo as duas fileiras centrais consideradas como parcela útil. A emergência ocorreu 11 dias após a semeadura. Quando as plantas estavam no estágio V3, efetuou-se o desbaste, condicionando a cultura à densidade desejada de 9 pl m<sup>-2</sup>. A adubação de semeadura consistiu da aplicação de 350 kg ha<sup>-1</sup> adubo NPK, na formulação 5-20-10, e 190 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de ureia, aplicado em cobertura, de forma parcelada nos estádios V4 e V7 do milho.

O controle de plantas daninhas foi efetuado em pós-emergência quando as plantas se encontravam no estágio V5, utilizando o produto com base de atrazina (Primóleo). Também foi realizada uma aplicação do inseticida, com ingrediente ativo tiametoxan e lambda-cialotrina (Engeo Pleno) para controle da vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) quando as plantas estavam no estágio V6.

Cada cultivar consistiu num experimento visto que se procura recomendação direcionada a cada híbrido, sejam simples, duplos, triplos e variedades (ZAGONEL et al., 2013). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições. O TE foi aplicado a partir do estágio fenológico V4 até V7, ou seja, de quatro até sete folhas completamente desenvolvidas, com as seguintes doses sequenciais: (T1) testemunha (sem aplicação de redutor); (T2) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4; (T3) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 + V5; (T4) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 + V5 + V6; (T5) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 + V5 + V6+V7; (T6) única aplicação de 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V5; (T7) única aplicação de 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V7; e (T8) única aplicação de 800 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V7.

O TE foi aplicado por meio de pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub> para um volume de calda equivalente de

200 L ha<sup>-1</sup>, sendo o jato direcionado para a região do cartucho de cada planta.

Quando as plantas estavam no estágio de pendoamento ao embonecamento (VT – R1) foi determinado, em dez plantas das duas fileiras centrais de cada parcela: a altura de plantas e de inserção de espiga, com auxílio de uma trena; o diâmetro de colmo, com o auxílio de paquímetro digital; a largura e comprimento da folha superior à espiga e da folha oposta à espiga com auxílio de régua métrica.

O índice de acamamento foi estimado visualmente em percentagem com base no ângulo formado na posição vertical do colmo em relação ao solo e a área de plantas acamadas, conforme o índice de acamamento Belga, descrito por Moes; Stobbe (1991), adaptado para a cultura do milho. Logo o acamamento foi definido conforme a equação  $IA(\%) = S \times I \times 2$ , onde: S = superfície acamada, variando de 0 a 10, sendo 0 = sem acamamento e 10 = totalmente acamadas; e I = intensidade do acamamento, sendo 0 = plantas na vertical, 5 = plantas na horizontal e, 2 coeficiente de correção para porcentagem.

Na época da colheita foram determinados a população final e o número de espigas por planta. Os componentes de produtividade foram determinados a partir da colheita das espigas das duas fileiras da área útil de cada parcela. A produtividade, em kg ha<sup>-1</sup>, foi corrigida com base em 13% de grau de umidade dos grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F, em nível de 5% de probabilidade de erro. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). O índice de acamamento foi Além disso, foi realizada a correlação simples de Pearson analisadas pelo teste “t” ( $p < 0,05$ ) entre as variáveis: altura de plantas e índice de acamamento e também entre o comprimento da folha acima da espiga com a largura da folha acima da espiga.

#### 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a cultivar P30F53HR, as variáveis: altura de planta, altura de inserção de espiga, comprimento da folha acima da espiga, largura da folha acima da espiga, comprimento da folha oposta a espiga e produtividade de grãos foram afetados pelo regulador de crescimento ( $p < 0,05$ ) (Tabela 7); entretanto, o

diâmetro de colmo, largura da folha oposta a espiga, número de grãos por espiga, massa de mil grãos, espiga por planta e índice de acamamento, não apresentaram diferenças em decorrência dos tratamentos.

Tabela 7 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), comprimento (CFA), largura da folha acima a espiga (LFA), comprimento (CFO), largura da folha oposta a espiga (LFO), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG), espiga por planta (EP), produtividade de grãos (PG) e índice de acamamento (IA), da cultivar de milho P30F53HR, submetida a diferentes doses de regulador de crescimento. Lages-SC, 2014.

GL →	Tratamento	Bloco	Erro	Média	CV (%)
	7	3	21		
FV	QMR				
AP (m)	0,12*	0,01 ns	0,01	2,01	4,18
AIE (m)	0,07*	0,03*	0,01	1,22	6,51
DC (mm)	0,54 ns	0,13 ns	1,13	19,81	5,37
CFA (cm)	145,94*	74,69*	12,70	79,84	4,46
LFA (cm)	0,41*	0,75*	0,13	8,74	4,13
CFO (cm)	90,90*	67,90*	13,35	70,01	5,22
LFO (cm)	0,42 ns	0,23 ns	0,18	8,67	4,84
NGE (un.)	3503,00 ns	1830,00 ns	2539,90	375,70	13,41
MMG (g)	266,4 ns	407,9 ns	240,90	389,96	3,98
EP(un.)	0,01 ns	0,02 ns	0,01	0,68	16,21
PG (Kg ha <sup>-1</sup> )	3428972,47*	1220777,50 ns	140350,50	8770,05	13,51
IA %	0,24 ns	0,04 ns	0,32	1,742	32,67

\*difere estatisticamente pelo teste F ( $p < 0,05$ ); ns: não significativo ( $p > 0,05$ ); F.V. = fontes de variação; G.L.= graus de liberdade; C.V. = coeficiente de variação.

Fonte: produção do próprio autor

Na cultivar P30R50H as variáveis altura de planta, altura de inserção de espiga, comprimento da folha acima da espiga, largura da folha acima da espiga, largura da folha oposta à espiga, espiga por planta, produtividade e índice de acamamento de plantas foram afetados pelo regulador de crescimento

( $p < 0,05$ ) (Tabela 8); entretanto, o diâmetro de colmo, comprimento da folha oposta a espiga, número de grãos por espiga e massa de mil grãos, não apresentaram diferenças em decorrência dos tratamentos.

Tabela 8 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), comprimento (CFA), largura da folha acima a espiga (LFA), comprimento (CFO), largura da folha oposta a espiga (LFO), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG), espiga por planta (EP), produtividade de grãos (PG) e índice de acamamento (IA), da cultivar de milho P30R50H, submetida a diferentes doses de regulador de crescimento. Lages-SC, 2014.

	<b>Tratamento</b>	<b>Bloco</b>	<b>Erro</b>		
<b>GL→</b>	7	3	21		
<b>FV</b>	<b>QMR</b>			<b>Média</b>	<b>CV (%)</b>
<b>AP (m)</b>	0,03*	0,05*	0,01	2,24	3,69
<b>AIE (m)</b>	0,02*	0,02*	0,01	1,27	5,22
<b>DC (mm)</b>	1,27 ns	0,33 ns	1,37	21,39	5,49
<b>CFA (cm)</b>	96,04*	6,90 ns	20,44	84,30	5,36
<b>LFA (cm)</b>	0,35 ns	0,30 ns	0,15	9,70	4,09
<b>CFO (cm)</b>	50,15 ns	11,26 ns	22,41	72,60	6,52
<b>LFO (cm)</b>	0,36*	0,30 ns	0,15	9,60	3,67
<b>NGE (un.)</b>	5849 ns	2663,00 ns	2336,44	358,25	13,49
<b>MMG(g)</b>	357,1 ns	485,10 ns	466,54	427,28	5,06
<b>EP (un.)</b>	0,02*	0,02 ns	0,01	0,82	9,89
<b>PG (Kg ha<sup>-1</sup>)</b>	8418577,92*	6662114,91*	1205103,10	8916,14	12,31
<b>IA %</b>	0,50*	0,05 ns	0,21	1,98	22,96

\*difere estatisticamente pelo teste F ( $p < 0,05$ ); ns: não significativo ( $p > 0,05$ ); F.V. = fontes de variação; G.L.= graus de liberdade; C.V. = coeficiente de variação.

Fonte: produção do próprio autor

Para ambos genótipos avaliados, as variáveis altura de planta (AP) e inserção de espiga (AIE), sofreram diminuição em função da aplicação do TE. O híbrido P30F53HR apresentou redução de AP de 51 cm ao se comparar o desempenho da

testemunha e o T8. Os menores valores aferidos de AP também foram evidenciados no T8, T7 e T5 para o híbrido P30R50H, indicando que o estágio fenológico da planta influencia na resposta do redutor de crescimento ao decréscimo de altura de plantas, pois estes tratamentos têm como características doses do TE diferentes, porém realizadas todas no estágio fenológico V7 (Tabela 9).

Tabela 9 - Altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (mm), comprimento da folha acima a espiga(cm), largura da folha acima da espiga (LFA), comprimento da folha oposta a espiga (CFO) e largura da folha oposta a espiga (LFO), das cultivares de milho P30F53HR e P30R50H, em resposta ao trinexapac-ethyl. Lages-SC, 2014.

<b>P30F53HR</b>							
<b>Trat</b>	<b>AP (m)</b>	<b>AIE (m)</b>	<b>DC (mm)</b>	<b>CFA (cm)</b>	<b>LFA (cm)</b>	<b>CFO (cm)</b>	<b>LFO (cm)</b>
<b>1</b>	2,22 a	1,28 a	20,5 ns	87,2 a	8,3 b	74,9 a	8,3 ns
<b>2</b>	2,23 a	1,29 a	19,88	85,2 a	8,5 b	74,6 a	8,3
<b>3</b>	2,17 a	1,34 a	19,49	83,2 a	8,4 b	75,0 a	8,4
<b>4</b>	2,21 a	1,33 a	20,13	80,9 b	8,6 b	70,9 a	8,6
<b>5</b>	2,14 a	1,24 a	19,49	79,4 b	9,1 a	65,0 b	9,3
<b>6</b>	2,04 b	1,19 b	19,63	78,1 b	8,5 b	68,2 b	8,4
<b>7</b>	2,02 b	1,17 b	19,88	76,7 b	8,8 a	66,7 b	8,8
<b>8</b>	1,71 c	0,94 c	19,61	67,7 c	9,2 a	61,9 b	8,8
<b>CV%</b>	4,18	6,51	5,37	4,46	4,13	5,22	4,9
<b>P30R50H</b>							
<b>1</b>	2,31 a	1,29 a	22,2 ns	93,6 a	9,2 ns	79,5ns	9,1 ns
<b>2</b>	2,30 a	1,32 a	20,75	88,0 a	9,3	75,5	9,2
<b>3</b>	2,29 a	1,30 a	21,51	85,8 b	9,5	73,8	9,6
<b>4</b>	2,28 a	1,34 a	20,69	84,0 b	9,7	71,3	9,4
<b>5</b>	2,17 b	1,25 a	21,89	79,2 b	10,1	71,3	9,9
<b>6</b>	2,29 a	1,27 a	21,76	78,9 b	9,7	69,1	9,9
<b>7</b>	2,17 b	1,24 a	21,04	81,3 b	9,7	70,0	9,5
<b>8</b>	2,06 b	1,09 b	21,25	83,2 b	9,9	69,9	9,8
<b>CV%</b>	3,69	5,22	5,49	5,36	4,09	6,52	3,67

(T1) testemunha (sem aplicação de redutor); (T2) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4; (T3) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 + V5; (T4) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 + V5 + V6; (T5) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 + V5 + V6+V7; (T6) única aplicação de 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V5; (T7) única aplicação de 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V7 e (T8) única aplicação de 800 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V7. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ); CV: coeficiente de variação; ns: não significativo.

Fonte: produção do próprio autor

Quando comparado o T6 e o T7, para a cv. P30R50H houve redução de 12 cm para a variável AP. Ou seja, a aplicação de TE em plantas no estágio fenológico de 7 folhas reduziu mais a altura de planta quando comparado com o T6, que recebeu a mesma dose de 400 g i.a.ha<sup>-1</sup>, porém, no estágio fenológico da cultura de 5 folhas. O estágio fenológico de V5 caracteriza-se por um período de iniciação do alongamento celular dos entrenós do colmo proporcionado pelo hormônio giberelina. A diferença de redução entre o T7 e o T6 é explicada pela possível diferença de concentração de giberelina endógena presente na planta, visto que o TE atua como inibidor desse hormônio.

Para ambos os híbridos avaliados, AIE foi mais reduzida no T8 quando comparado com a testemunha (Tabela 9). A obtenção de menor altura de planta e de inserção de espigas proporciona plantas com seu centro de gravidade mais próximo do solo, o que reduz a pré-disposição da cultura ao acamamento (SANGOI et al., 2001).

Em estudo realizado por Zagonel; Ferreira (2013), avaliando o milho híbrido Status TL submetido a aplicações de TE, não obtiveram redução na altura de plantas com o uso do regulador TE. A discordância entre o presente estudo e o avaliado pela pesquisa citada, possivelmente está associada à interação entre genótipos e ambiente, bem como, as diferentes épocas de aplicação e doses do TE. Pricinotto et al. (2014), também estudando diferentes doses de TE no milho híbrido Status TL, obteve a maior redução de altura de plantas na dose de 375 g i.a. ha<sup>-1</sup> aplicado no estágio V6. Resposta de redução de AP foi descrita por Garrido (2006) testando três cultivares de trigo na dose de 75 g i.a. ha<sup>-1</sup> de TE. Avaliando o mesmo regulador de crescimento em soja, Linzmeyer Junior et al. (2008) observaram uma redução de 2 a 5 cm na AP pela aplicação de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Entretanto, avaliando a mesma cultura, Souza et al. (2013) observaram que as menores alturas de plantas foram visualizadas quando submetidas aos redutores cloreto de cloromequate e cloreto de cloroclorina.

O diâmetro do colmo não foi afetado pelas doses de TE para ambos os híbridos (Tabela 9). Em altas populações, a maior competição das plantas por luz leva a alongação do colmo em detrimento do seu desenvolvimento em espessura (SANGOI et al., 2002). O menor diâmetro do colmo, além de deixar a planta com maior pré-disposição ao acamamento também pode

comprometer o enchimento de grãos devido a menor quantidade de reservas redirecionadas do colmo para os grãos.

Na cultura do trigo Lozano; Leaden (2002) afirmam que o uso de TE interfere no diâmetro interno do colmo de trigo por espessar o tecido esclerenquimático causando maior resistência ao acamamento, porém, esse espessamento interno pode ou não interferir no diâmetro externo do colmo dessa cultura.

Linzmeier Junior et al. (2008) encontraram resposta polinomial quadrática a partir da dose de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> de TE em soja para o caráter diâmetro da haste principal, entretanto Souza et al. (2013) não observaram diferença entre os reguladores cloreto de mepiquate, cloreto de cloromequate, cloreto de clorocolina e TE, testados na cultura da soja para essa mesma variável. Contudo, avaliando diferentes reguladores de crescimento na cultura do feijão, Souza et al. (2010) contataram incremento de 10 mm no diâmetro da haste principal com o uso do TE em relação ao controle.

Para o híbrido P30F53HR, a variável comprimento da folha abaixo da espiga (CFA), reduziu entre os tratamentos 1 ao 8, com aproximadamente 20 cm, e para o comprimento da folha oposta a espiga (CFO) houve uma redução de 13 cm entre o primeiro e o último tratamento. A variável largura da folha abaixo e oposta à espiga (LFA) (LFO) não mostrou diferença, entretanto, foi possível visualizar um incremento de largura para a folha acima da espiga (Tabela 9).

Tabela 10 - Número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG), espiga por planta (EP), produtividade e índice de acamamento (IA) das cultivares de milho P30F53HR e P30R50H, em resposta ao trinexapac-ethyl. Lages-SC, 2014.

<b>P30F53HR</b>					
Tratamento	NGE (un)	MMG (g)	EP (un)	Produtividade (Kg ha <sup>-1</sup> )	IA (%)
1	392 ns	395 ns	0,69 ns	9.504 a	1,76 ns
2	339	387	0,74	10.099 a	2,26
3	341	390	0,66	8.521 b	1,76
4	382	397	0,74	9.873 a	1,76
5	347	387	0,67	8.298 b	1,55
6	388	402	0,71	8.038 b	1,70
7	403	380	0,57	8.215 b	1,70
8	414	377	0,64	7.608 b	1,41
CV %	13,18	3,98	16,21	13,51	32,67
<b>P30R50H</b>					
1	361 ns	425 ns	0,84 b	10.954 a	2,41 a
2	400	430	0,96 a	9.454 a	2,57 a
3	346	422	0,77 b	9.191 a	1,55 b
4	385	415	0,90 a	10.462 a	1,70 b
5	348	435	0,77 b	8.183 b	2,00 b
6	403	420	0,80 b	7.970 b	1,91 b
7	327	437	0,76 b	8.716 b	1,70 b
8	292	442	0,77 b	6.395 c	2,00 b
CV %	13,49	5,06	9,89	12,31	22,96

(T1) testemunha (sem aplicação de redutor); (T2) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4; (T3) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 + V5; (T4) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 + V5 + V6; (T5) aplicação de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V4 +V5+V6+V7; (T6) única aplicação de 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V5; (T7) única aplicação de 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V7 e (T8) única aplicação de 800 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V7. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0.05$ ); CV: coeficiente de variação; ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

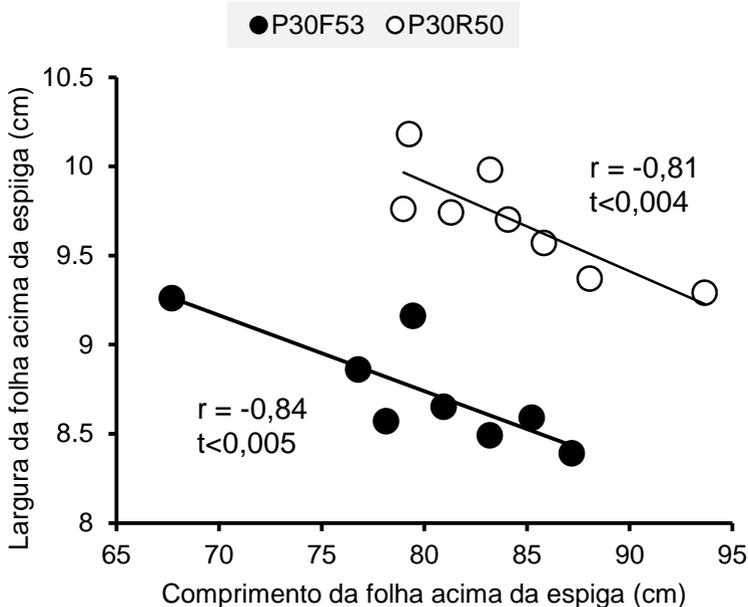
Fonte: produção do próprio autor

Para o híbrido P30F53HR o CFA diminuiu com o aumento da dose do TE, e evidenciou o menor comprimento no tratamento 8, já para a varável LFA, aumentou a largura com o

aumento da dose do TE, para os tratamentos 5, 7 e 8. Para o híbrido P30R50H, também observa-se a redução do CFA, com o aumento das doses de TE. Porém, a LFA e CFO não mostraram diferença entre os tratamentos (Tabela 10). Zagonel; Ferreira (2013), avaliando o CFA e LFA no híbrido Maximus TLTG observaram aumento linear pelo uso do TE e resposta quadrática ao CFO à espiga, com tendência de diminuição do comprimento dessa folha com o aumento da dose do regulador. Esses mesmos autores ressaltam que a redução no tamanho da folha é provavelmente um efeito indireto do TE, visto que este é conhecido pela redução de altura nas plantas.

Quando analisado pelo teste “t” a correlação entre largura da folha acima da espiga e o comprimento da folha acima da espiga não foi observado diferença e o coeficiente de correlação foi negativo nas duas cultivares, ou seja, conforme aumenta a largura de folha, diminui o comprimento da folha acima da espiga (Figura 2).

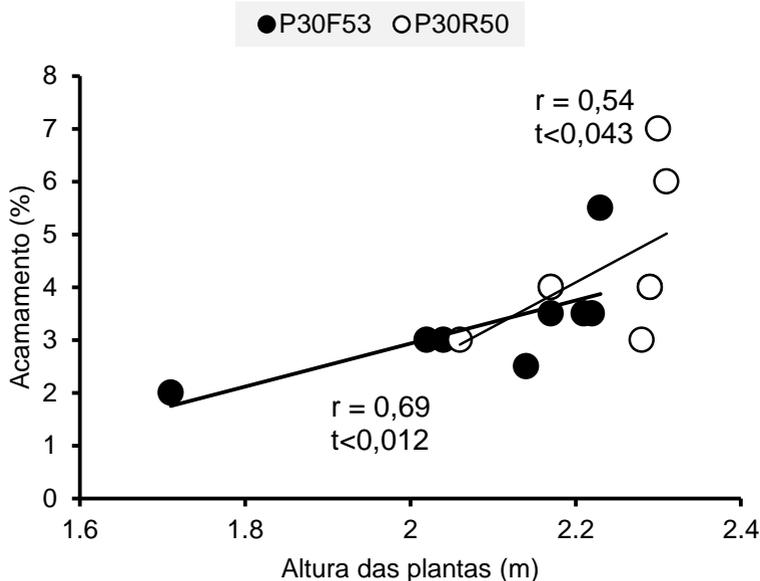
Figura 2 - Análise de correlação simples de Pearson entre as variáveis largura folha acima da espiga e comprimento da folha acima da espiga para a cv. P30F53HR e cv. P30R50H. Lages-SC, 2014.



Fonte: produção do próprio autor

Os maiores valores de índice de acamamento foram observados nos tratamentos 1 e 2, na cv. P30R50H, que também foram observados os maiores valores para altura de planta. A correlação entre altura de plantas e índice de acamamento de plantas foi de  $r = 0,69$  para o híbrido P30F53HR e,  $r = 0,54$  para híbrido P30R50H, ambas significativas com base no teste “t” ( $t < 0,05$ ) (Figura 3). Para ambos genótipos a correlação é positiva, ou seja, há relação direta entre altura de plantas e índice de acamamento. As implicações destas correlações servem de indicativos para a magnitude de alteração na altura de plantas, em cada um destes híbridos, para redução da ocorrência de acamamento de plantas.

Figura 3 - Análise de correlação simples de Pearson entre as variáveis altura de plantas e índice de acamamento para as cultivares de milho híbrido P30R50HY e P30F53HR. Lages-SC, 2014.



Fonte: produção do próprio autor

Durante o desenvolvimento da pesquisa ocorreu um período de estresse hídrico, mais especificamente aos 91 dias após a emergência das plantas de milho. O qual coincidiu com o período de floração (Figura 1). Devido a esta deficiência hídrica, o número de grãos por espigas (NGE) foi baixo e não diferiu entre os tratamentos avaliados. Pode-se visualizar na Figura 4 o aspecto da espiga de milho em decorrência da deficiência hídrica.

Figura 4 - Fotografia ilustrativa do efeito do estresse hídrico sobre espiga de milho da cv. P30F53HR. Lages-SC, 2014.



Fonte: produção do próprio autor

No milho, praticamente não se verifica saturação por radiação solar, pelo fato de ser uma planta com metabolismo fotossintético C4. A característica desse tipo de aparato fotossintético é atribuída à anatomia foliar, por apresentar menor área entre as nervuras e lamela suberizada, o que previne a perda de CO<sub>2</sub> para o meio (HATTERSLEY, 1984). No entanto, essa cultura apresenta um período crítico, que vai da pré-floração ao início do enchimento de grãos (MORIZET; TOGOLA, 1984). Nessa etapa fenológica, o milho é sensível ao déficit hídrico, podendo-se observar essa sensibilidade nos processos fisiológicos ligados à formação do zigoto e início do enchimento de grãos, e na elevada transpiração que ocorre nesse período, em razão do maior índice de área foliar.

Em estudo realizado por Degraf et al. (2008) e Stefen et al. (2014), também não foi observado diferença para a variável

NGE entre os tratamentos, considerando o uso de regulador de crescimento TE na cultura do trigo.

A variável massa de mil grãos (MMG) (Tabela 10) não foi influenciada pelas aplicações do regulador de crescimento para ambos os híbridos. Stefen et al. (2014), avaliando seis redutores de crescimento no trigo cultivar Mirante, também não observaram diferenças na MMG. Resultado semelhante foi obtido por Penckowski et al. (2010), que não observaram efeito de redutor do crescimento TE sobre a massa de mil grãos para as cv. de trigo Avante e BRS 177.

A produtividade foi afetada pelos tratamentos para ambas cultivares (Tabela 10). Para o híbrido P30R50H a maior produtividade foi evidenciada para o tratamento 1, não diferenciando entre os tratamentos 2, 3 e 4. Já para o híbrido P30F53HR as maiores produtividades foram evidenciadas pelos tratamentos 1, 2 e 4. Zagonel e Ferreira (2013) não observaram efeitos das doses e épocas de aplicação do TE sobre a produtividade do milho cv. Status. Os autores ainda afirmam que a resposta do milho ao uso do TE não é frequente e varia em função de fatores como clima, cultivar, dose e época de aplicação.

Entretanto, Princinotto et al. (2014) observou que a máxima produtividade encontrada com o híbrido Status TL, foi encontrada com a densidade de 92,2 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  com a dose de TE de 251,0 g i.a.  $\text{ha}^{-1}$ , correspondendo a uma produtividade de 11,74 t  $\text{ha}^{-1}$ . Em experimento conduzido na China, Zang et al. (2014) verificaram que o uso do regulador de crescimento EDAH (27 % de etephon e 3% de DA-6) na dose de 450 ml  $\text{ha}^{-1}$  aplicado no estágio fenológico de V7, obteve produtividade de 15,4 t  $\text{ha}^{-1}$  e 15,9 t  $\text{ha}^{-1}$  com as cultivares ZD958 e Pioneer 335, respectivamente, na densidade de 7,5 pl  $\text{m}^{-2}$ .

Segundo as recomendações técnicas do fabricante do TE este não deve ser aplicado em períodos onde a planta esteja sobre deficiência hídrica (MAPA, 2015), entretanto, como pode ser visualizado (Figura 1), durante o ciclo da cultura, particularmente na época de aplicação do TE as condições de precipitação eram regulares, ou seja, apropriadas para tal prática. Entretanto, a ocorrência da deficiência hídrica foi posterior, ou seja, no estágio de pré florescimento e florescimento. Provavelmente a combinação do TE com a restrição hídrica e o aumento da competição intra específica das

plantas em densidade populacional de 90 mil pl ha<sup>-1</sup> resultou em pouco acúmulo de massa seca refletindo na menor produtividade deste experimento.

#### 4.5 CONCLUSÃO

As aplicações de trinexapac-ethyl, nas doses de 400 a 800 g i.a. ha<sup>-1</sup>, são eficientes em reduzir a altura de plantas. No entanto, reduzem a produtividade de grãos, nos híbridos testados.

Aplicações deste regulador de crescimento, a partir do estágio fenológico de V6, são mais responsivas para reduzir altura de planta.

#### 4.6 REFERÊNCIAS

DEGRAF, H. et al. 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.2, p.143-152, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS -FAO. Mercados de produtos alimentares mais equilibrados em 2013/14. Disponível em:<<https://www.fao.org.br/mpame201314.asp>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

HATTERSLEY, P.W. Characterization of C4 type leaf anatomy in grasses (Poaceae). Mesophyll:bundles sheath area ratios. **Annual of Botany**, London, v.53, n.2, p.163-179, 1984.

HECKMAN, N.L. et al. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison, v.42, n.2, p.423-427, 2002.

LACERDA, A.L.S. Avaliação do trinexapac-ethyl sobre o crescimento de cana-de-açúcar. **Biológico**, São Paulo, v.68, n.suplemento, p.648-650, 2006. Disponível em:

<[http://www.biologico.sp.gov.br/docs/bio/suplementos/v68\\_supl/p648-650.pdf](http://www.biologico.sp.gov.br/docs/bio/suplementos/v68_supl/p648-650.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2014.

LINZMEYER J.R. et al. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.30, n.3, p.373-379, 2008.

LOZANO, C.M.; LEADEN, M.J. Efecto de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento y altura en dos cultivares de trigo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CEREALES DE SIEMBRA OTOÑO INVERNAL, 5, 2002, Argentina. **Anais...** Argentina: Inta, 2002. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/5/leaden.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Agrofit: Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários, 2003. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MOES, J.; STOBBE, E.H. Barley treated with ethephon: I. yield components and net grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, n.1, p.86-90, 1991.

MORAES, D.F.; BRITO, H.C. Análise de possível correlação entre as características morfológicas do colmo do milho e o acamamento. **Horizonte Científico**, Uberlândia.v.2, n.2, p.1-16, 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4079/3038>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

MORIZET, J.; TOGOLA, D. Effect et arrière-effect de la sécheresse sur la croissance de plusieurs génotypes de maïs. In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE, 1984, Versailles. **Anais...** Paris: INRA, 1984. p.351-360

PENCKOWSKI, L.H. et al. Qualidade industrial do trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.6, p.1492-1499, 2010.

PRICINOTTO, L. F. Trinexapac-ethyl no desenvolvimento vegetativo de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30, 2014, Salvador. **Anais...: Sete lagoas: ABMS**, 2014.

ROCHA, A.B. **Características de genótipos de aveia e de trigo e suas relações com a quebra de colmos**.1996. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 126p.

SILVA, J.A.G. da et al . Correlação de acamamento com rendimento de grãos e outros caracteres de interesse agrônômico em plantas de trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.756-764, 2006. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782006000300006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000300006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

SOUZA, C.A. et al. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.29, n.3, p.634-643, 2013.

SOUZA, C..A. et al. Atributos morfométricos e componentes da produção do feijoeiro sob efeito de redutores de crescimento. **Científica**, Jaboticabal, v.38, n.1/2, p.30-37, 2010.

STEFEN D.L.V. et al. Adubação nitrogenada associada ao emprego de reguladores de crescimento em trigo cv. Mirante. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.13, n.1, p.30-39, 2014.

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

TOKATLIDIS, I.S.; KOUTROUBAS, S.D. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.88, p.103-114, 2004.

ZAGONEL, J.; FERREIRA, C. Doses e épocas de aplicação de regulador de crescimento em híbridos de milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v.31, n.2, p.395-402, 2013.

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

ZHANG, Q. Maize yield and quality in response to plant density and application of a novel plant growth regulator. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.164, n.4, p.82-89, 2014.

## 5 CAPÍTULO III - NITROGÊNIO EM COBERTURA SOBRE CARACTERÍSTICAS MORFO-AGRONÔMICAS DO MILHO CV. P30R50H.

### 5.1 RESUMO

O nitrogênio é o elemento que exerce maior influência sobre o rendimento de grãos na cultura do milho, no entanto, o excesso desse nutriente aumenta a probabilidade de ocorrência do acamamento, mas a ocorrência de acamamento pode ser evitada com a aplicação de regulador de crescimento. Neste sentido, realizou-se um experimento visando avaliar os efeitos da adubação nitrogenada em cobertura, associado ao uso do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (TE) sobre as características morfológicas e produtivas de milho cv. P30R50H. O experimento foi conduzido a campo, durante a safra agrícola 2013/2014, na Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias localizado em Lages. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por quatro doses de nitrogênio, e uma dose de TE aplicado em todos os tratamentos. As doses de nitrogênio equivalentes a 1,0, 1,35, 1,70 e 2,0 vezes a dose necessária para atingir produtividade de 12 t ha<sup>-1</sup>. As doses de N em cobertura foram parceladas igualmente em três épocas nos estádios fenológicos de V4, V7 e V9. O regulador de crescimento foi aplicado quando as plantas atingiram dez folhas completamente desenvolvidas (V10), na concentração de 300 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Apenas a variável, comprimento da folha oposta a espiga diferenciou dos demais tratamentos.

**Palavras-chave:** *Zea mays*. Adubação. Trinexapac-ethyl. Produtividade

### 5.2 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o principal cereal produzido no Brasil. Na última safra, foram cultivados mais de 15 milhões de

hectares, com produção de aproximadamente 82 milhões de toneladas de grãos e produtividade de 5,05 toneladas por hectare (CONAB, 2014).

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes exigidos em maiores quantidades pela cultura do milho e desempenha papel importante para o alcance de altas produtividades (LOURENTE et al., 2007). O Brasil utiliza em média 60 kg de N ha<sup>-1</sup>, enquanto que nos Estados Unidos o uso desse nutriente é de 150 kg ha<sup>-1</sup> e, na China, de 130 kg ha<sup>-1</sup> (INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION, 2006), fator esse que corrobora com os altos índices de produtividade apresentado pelo país americano, de aproximadamente 10 toneladas ha<sup>-1</sup>. Estima-se que a necessidade de N para produção de uma tonelada de grãos de milho varie de 20 a 28 kg ha<sup>-1</sup> (ARGENTA et al., 2002).

O aproveitamento pelo milho do N disponibilizado via fertilizantes minerais decresce com o aumento da dose aplicada, em vista do suprimento exceder as necessidades da cultura e possíveis perdas de N, principalmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação (LARA CABEZAS et al., 2000; CANTARELLA; DUARTE, 2004; SILVA et al., 2006a). O parcelamento e a época de aplicação do adubo nitrogenado constituem alternativas para aumentar a eficiência dos adubos e da adubação nitrogenada pela cultura do milho, e para mitigar as perdas. Para os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a recomendação para adubação de semeadura é de 20 à 30 Kg de N ha<sup>-1</sup> e o restante em cobertura, segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS-RS/SC (2004).

Alguns resultados demonstram que a absorção de nitrogênio pelo milho é mais intensa no período entre 40 e 60 dias após a germinação, embora a planta absorva o elemento em todo o ciclo (MEIRA et al., 2009). Nos estádios de quatro a seis folhas, ocorrem a diferenciação floral e a definição de sua produção potencial, no estádio de sete a oito folhas ocorre a definição do número de linhas de grãos na espiga e, por volta da 12ª folha o tamanho da espiga é determinado (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Considerando que, dentro de certos limites, populações mais elevadas de milho extraem mais nutrientes, é necessário aumentar a adubação nitrogenada para tornar possíveis os efeitos positivos da população de plantas. Algumas cultivares (cerca de 25% das disponíveis no mercado) apresenta

magnitude de resposta à adubação nitrogenada diferente das demais, independentemente da origem do germoplasma (DUARTE et al., 2014).

A utilização do regulador de crescimento é uma estratégia de manejo que o agricultor tem para evitar o excesso de crescimento e vigor vegetativo do milho em condições de cultivo de alta densidade populacional, associadas a altas doses de N na adubação de cobertura, quando se almeja produtividades superiores, por exemplo a  $18 \text{ t ha}^{-1}$  (SCHIMITT et al., 2012). O trinexapac-ethyl (TE) é um regulador vegetal, que inibe a biossíntese da giberelina, responsável pela divisão e alongação celular (RADEMACHER, 2010). Amplamente utilizado como supressor vegetativo e promotor de acúmulo de sacarose, “maturador” no colmo da cana-de-açúcar (GUIMARÃES et al., 2005; VIANA et al., 2008; LEITE et al., 2009), redutor da altura e aumento de produtividade em trigo (MATYSIAK, 2006; ALVAREZ et al., 2007), entretanto, na cultura do milho, há poucos relatos com a utilização do TE.

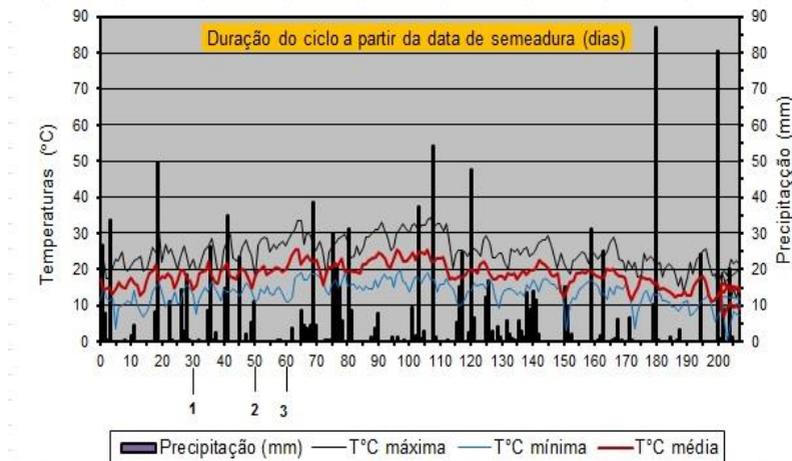
Dessa forma, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de doses de N em cobertura associado ao uso do TE sobre as características morfológicas e produtivas na cultura do milho.

### 5.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro das Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), localizada no município de Lages, Planalto Sul Catarinense – SC, a  $27^{\circ}47'28''\text{S}$ ,  $50^{\circ}18'14''\text{W}$ , em 930 m de altitude. O clima predominante da região, de acordo com KÖPPEN, é mesotérmico úmido, tipo Cfb, com verões frescos e chuvas bem distribuídas durante o ano, totalizando cerca de 1.400 mm anuais, sendo que na estação do verão a média de pluviosidade é de 137,8 mm. A temperatura média anual estimada é de  $15,6^{\circ}\text{C}$ , e a temperatura no mês mais quente, janeiro, é  $20,3^{\circ}\text{C}$  (EMBRAPA, 2004).

Os dados meteorológicos (temperatura máxima, média, mínima e pluviosidade) foram obtidos no Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina, em Lages-SC (Figura 5).

Figura 5 - Temperaturas máxima, mínima e média do ar e precipitação pluviométrica ocorridas no período de semeadura à colheita do experimento. Lages- SC, safra 2013/2014.



VE: Emergência VT: Pendoamento, 1, 2, 3, correspondem as datas em que as plantas estavam em V4, V7 e V9, respectivamente e receberam aplicação de nitrogênio em cobertura.

Fonte: produção do próprio autor

O solo da área experimental é classificado como Cambissolo húmico aluminoso. Segundo análise de solo realizada em setembro de 2013, apresentava as seguintes características: teor de argila de 51,0 %, matéria orgânica de 3,0 %, CTC do solo a pH 7,0 de 18,2  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e pH em água de 5,6. Os teores iniciais dos nutrientes foram: Ca = 6,20  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , Mg = 3,13  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , P = 37,9  $\text{mg dm}^{-3}$ , K = 75  $\text{mg dm}^{-3}$ , H+Al = 8,70  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e Al = 0,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ .

O experimento foi conduzido em sistema de semeadura direta em área onde havia sido cultivado centeio no inverno. A semeadura do milho foi realizada mecanicamente no dia 23 de outubro de 2013 com o híbrido simples P30R50H, caracterizado por aferir altura de plantas de 260 a 290 cm e altura de inserção de espigas de 120 a 135 cm (CULTIVAR, 2012). Cada parcela

experimental foi constituída por 4 linhas de 5 m de comprimento, sendo consideradas para as avaliações apenas as 2 linhas internas, espaçadas a 0,60 m.

A densidade de semeadura foi planejada para se obter um estande final de 90.000 plantas por hectare. Na adubação de base foram aplicados 503 kg ha<sup>-1</sup> da formulação NPK (5-20-10).

O controle de plantas daninhas foi efetuado em pós-emergência quando as plantas se encontravam no estádio V5, utilizando o produto com base de atrazina (Primóleo). Também foi realizado uma aplicação do inseticida do grupo químico dos neonicotinóides + piretróides (tiametoxam + lambda-cialotrina, Engeo Pleno®) para controle da vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e lagarta-do -cartucho (*Spodoptera frugiperda*) quando as plantas estavam no estádio V6.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. As doses de nitrogênio testadas foram equivalentes a 1,0, 1,35, 1,70 e 2,0 vezes a dose necessária para atingir a produtividade de 12.000 kg ha<sup>-1</sup> (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC, 2004). Quantitativamente essas doses de nitrogênio em cobertura equivalem à 190, 215,6, 322,9 e 380 kg N ha<sup>-1</sup>. As doses de N em cobertura foram parceladas igualmente em três estádios de desenvolvimento, V4, V7 e V9 da escala de Ritchie; Hanway; Benson (1993) para minimizar o potencial de perdas de N. O regulador de crescimento, com o ingrediente ativo trinexapac-ethyl conhecido comercialmente como MODDUS®, foi aplicado em todos os tratamentos das diferentes doses de N, quando as plantas atingiram dez folhas completamente desenvolvidas, na concentração de 300 g i.a. ha<sup>-1</sup>, que corresponde a 1,2 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial.

No florescimento, foram determinados, em dez plantas das duas fileiras centrais de cada parcela, a altura de planta e de inserção de espiga, e o diâmetro de colmo a 0,20 m do solo, com o auxílio de paquímetro digital.

O índice de acamamento foi estimado visualmente, em porcentagem, com base no ângulo formado na posição vertical do colmo em relação ao solo e a área de plantas acamadas, conforme o índice de acamamento Belga, adaptado por Moes; Stobbe (1991), conforme a equação  $IA\% = S \times I \times 2$ , onde S = superfície acamada, variando de 0 a 10, sendo 0= sem acamamento e 10= totalmente acamadas; e I = intensidade do

acamamento, sendo 1= plantas na vertical, 5 = plantas na horizontal; e 2 coeficiente de correção para porcentagem.

A clorofila foi aferida quando as plantas atingiram o pendoamento, utilizando o equipamento clorofiLOG da marca Falker®. Na época da colheita, foi determinado o número de espigas por planta, e em dez espigas da parcela útil foi determinado o número de grãos por espiga. Os componentes de produtividade, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , que foram corrigidos com base em 13% de grau de umidade dos grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F, em nível de 5% de probabilidade de erro, e quando alcançada significância estatística, para efeito de dose de N foi realizado o ajuste de regressão.

#### 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento avaliado, apenas a variável comprimento da folha oposta a espiga diferiu entre os tratamentos, não sendo observada diferenças para as demais variáveis (Tabela 11 e 12).

Em experimento conduzido a campo, Sangoi; Almeida (1994) concluíram que a maior altura aferida, 200 cm, foi constatada quando as plantas foram submetidas à dose de  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Furlani Júnior et al. (2003), ao testar doses de N e aplicação gradativa do regulador de crescimento cloreto de mepiquat no algodoeiro, aliaram a dose ao estágio fenológico e verificaram efeito positivo na inibição de crescimento em até 11,4%. Lopes et al. (1996) verificaram incremento na estatura das plantas com o aumento das doses de N na cultura do arroz. Estudando a mesma cultura, Mauad et al. (2003) verificaram uma redução na altura de planta, quando a dose de N foi aumentada. Isto mostra que o efeito do N na altura da planta depende de outros fatores como luminosidade, temperatura e umidade.

Tabela 11 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), comprimento (CFA), largura da folha acima a espiga (LFA), comprimento (CFO), largura da folha oposta a espiga (LFO), da cultivar de milho P30R50H, submetida a diferentes doses de nitrogênio em cobertura e uma aplicação de regulador de crescimento, como tratamentos (Trat). Lages-SC, 2014.

FV	GL	AP (m)	AIE (m)	DC (mm)	CFA (cm)	LFA (cm)	CFO (cm)	LFO (cm)
Trat	3	0,02 ns	0,01 ns	0,46 ns	65,83 ns	0,25 ns	84,73 *	0,18 ns
Bloco	3	0,04 ns	0,04 ns	4,33 *	10,23 ns	0,27 ns	10,41 ns	0,32 ns
Erro	9	0,02	0,01	0,55	30,67	0,42	14,94	0,36
<b>Média</b>		<b>2,15</b>	<b>1,25</b>	<b>21,54</b>	<b>79,92</b>	<b>94,89</b>	<b>70,46</b>	<b>9,35</b>
<b>CV (%)</b>		6,93	9,68	3,43	6,93	6,83	5,49	6,43

\* difere estatisticamente pelo teste F a  $p < 0,05$ ; ns, não difere estatisticamente pelo teste F ( $p > 0,05$ ); F.V. = fontes de variação; G.L.= graus de liberdade; C.V. = coeficiente de variação.

Fonte: produção do próprio autor.

Tabela 12 - Quadrado médio do resíduo para os caracteres proteína bruta (PB), porcentagem de nitrogênio (N%), clorofila (CLF), número de grãos por espiga (NGE), massa de mil grãos (MMG), espiga por planta (EP), produtividade (Prod) e índice de acamamento da cultivar de milho P30R50H, submetida a diferentes doses de nitrogênio em cobertura e uma aplicação de regulador de crescimento, como tratamentos (Trat). Lages-SC, 2014.

FV	GL	PB (%)	N (%)	CLF (u.a.)	NGE (un.)	MMG (g)	EP (un.)	Prod (Kg.ha <sup>-1</sup> )	IA (%)
Trat	3	0,37 ns	0,01 ns	9,95 ns	132,47 ns	0,001 ns	0,001 ns	1082079 ns	0,26 ns
Bloco	3	0,01 ns	0,00 ns	11,09 ns	2798,31 ns	0,001 ns	0,001 ns	1342779 ns	0,15 ns
Erro	9	0,44	0,01	26,90	1731,49	0,000	0,03	1640941	0,13
<b>Média</b>		<b>12,47</b>	<b>1,97</b>	<b>44,80</b>	<b>355,29</b>	<b>413,00</b>	<b>0,71</b>	<b>7495,83</b>	<b>1,99</b>
<b>CV%</b>		5,32	4,07	11,57	11,71	3,75	25,81	17,09	18,19

\* difere estatisticamente pelo teste F a  $p < 0,05$ ; ns, não difere estatisticamente pelo teste F ( $p > 0,05$ ); F.V. = fontes de variação; G.L.= graus de liberdade; C.V. = coeficiente de variação. u.a. = unidade arbitrária.

Fonte: produção do próprio autor.

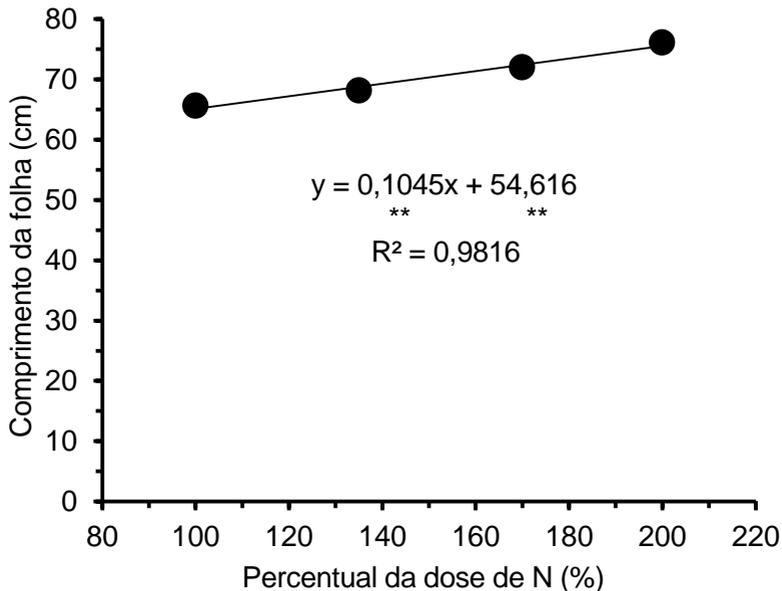
O diâmetro do colmo não diferenciou significativamente entre os tratamentos avaliados (ver Tabela 11). Fernandes et al. (2005), avaliando seis cultivares de milho e quatro doses de N, também não observaram diferença significativa entre os tratamentos. Meira et al. (2009) também não verificaram diferença significativa quando avaliado como fonte de N, ureia, sulfato de amônio e Entec em diferentes combinações de doses desse nutriente. Nesse estudo as médias obtidas nos diferentes tratamentos para diâmetro de colmo, variaram de 20 a 22 mm, portanto, segundo os autores, dentro da normalidade para o milho. Pricinotto et al. (2014) testando diferentes doses de TE com diferentes densidades de cultivo, concluíram que o uso do regulador de crescimento não afetou o diâmetro do colmo.

Observa-se na Figura 6, que a variável comprimento da folha oposta a espiga diferenciou em resposta aos tratamentos. Sendo que o aumento das doses de N em cobertura, aumenta o comprimento da folha oposta a espiga, entre as doses avaliadas.

As doses de nitrogênio não influenciaram no índice de clorofila, N (%) e PB (%) nas folhas (Tabela 12). Netto et al. (2012), em experimento estudando três doses de nitrogênio (49, 91 e 126 kg ha<sup>-1</sup> de N) na cultura do milho, concluíram que na aplicação de 91 e 126 Kg ha<sup>-1</sup> de N não foram observadas diferenças entre si para a variável clorofila. Esse fato pode indicar que na maior dose estudada o N pode não ser usado na produção de clorofilas.

As medições de clorofila realizadas em estádios de desenvolvimento mais tardios na cultura do milho, como floração e enchimento de grãos, predizem melhor o rendimento de grãos (SUNDERMAN et al., 1997, BLACKMER; SCHEPERS, 1995, ARGENTA et al., 2001), ou seja, quanto maior o valor comparativo de clorofila nesses estádios, maior será a produtividade, implicando em manter por mais tempo uma área foliar mínima com as folhas fotossinteticamente ativas. Avaliando a resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de N, Soratto et al. (2004), evidenciaram correlação alta e significativa com o teor de clorofila e o teor de N nas folhas, sendo que o teor máximo de clorofila foi obtido com doses de 165 kg ha<sup>-1</sup> de N. Entretanto, com doses de 210 kg ha<sup>-1</sup> de N, o teor de clorofila não correspondeu positivamente com o acréscimo da adubação nitrogenada.

Figura 6 - Comprimento da folha oposta a espiga, em função do aumento na dose de N em cobertura, na cultivar de milho P30R50H. Lages-SC, 2014.



100%, 135%, 170% e 200%, representam 1,0X, 1,35X 1,70X e 2,0X vezes a quantidade de N em cobertura, recomendada para obter produtividade de  $12 \text{ t ha}^{-1}$  de grãos.

Fonte: produção do próprio autor

Verifica-se que não houve efeito dos tratamentos para todos os componentes da produção (Tabela 12). De acordo com Bortolini et al. (2000), avaliando diferentes doses e épocas de aplicação de N, verificaram que número de grãos por espiga (NGE) foi o componente mais associado ao rendimento de grãos. A definição do NGE ocorre durante o período de florescimento, após a exteriorização do pendão e dos estigmas da espiga (HANWAY, 1963 apud. CARMO et al., 2012), sendo muito influenciada pelo fluxo de fotoassimilados que ocorre durante esse período. Quando não limitado por outros fatores, a maior disponibilidade de N aumenta o potencial da planta em diferenciar maior número de grãos por espiga.

O rendimento de grãos obtido em todos os tratamentos não atingiu a expectativa de produtividade de grãos ( $12 \text{ t ha}^{-1}$ )

sob a qual se definiu a adubação de base. Assim, mesmo com a aplicação de quantidades elevadas de N mineral em cobertura, a produtividade média observada foi próxima a  $9 \text{ t ha}^{-1}$  (Tabela 12).

O N apresenta um mecanismo de fluxo de massa, o qual necessita de água para poder chegar até o sistema radicular das plantas, e assim concretizar seu efeito sobre elas. O estresse hídrico (Tabela 12) ocorrido no mês de janeiro, coincidindo com as fases de desenvolvimento das inflorescências, pendoamento e espigamento, limitou o potencial produtivo da cultura. Deste modo, o intervalo da emergência do pendão até o aparecimento dos estigmas aumenta, de três a quatro dias, com déficit hídrico, faz com que, por falta de polinização, se desenvolvam espigas estéreis ou com poucos grãos (HERRERO; JOHNSON, 1981 apud. BERGOCCI et al 2001).

Sangoi; Almeida (1994), avaliaram quatro níveis de nitrogênio em cobertura (0, 50, 100, 150 Kg) e, observaram efeito significativo para a dose de até  $100 \text{ Kg de N ha}^{-1}$ . Lucena et al. (2000), estudando quatro diferentes doses de N e P para a cultura do milho, observaram efeito quadrático para a resposta de rendimento de grãos, com adubação de  $111 \text{ Kg de N ha}^{-1}$ , sendo que o nível mais alto de N foi de  $160 \text{ Kg de N ha}^{-1}$ .

A massa de mil grãos (MMG) não obteve diferença entre os tratamentos. Sangoi et al. (2000) e Fernandes et al. (2005) observaram respostas semelhantes quando avaliado doses de nitrogênio sobre à MMG, ambos ajustaram a uma equação quadrática, sendo que o maior rendimento de grãos dos híbridos modernos deveu-se ao maior número de grãos por fileira, assim como, à produção de grãos mais pesados, afirma Sangoi et al. (2000).

Estudando doses de nitrogênio na cultura do trigo cv. Mirante sob efeito de diferentes reguladores de crescimento, Steffen et al. (2013), observaram que a MMG foi influenciada positivamente pelas aplicações de N em cobertura, entretanto não foi influenciada pelos reguladores de crescimento. Esse mesmo autor avaliando a característica teor de proteína no grão concluiu que 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. No presente estudo, mesmo não significativo foi observado aumento de proteína bruta e do percentual de N nos grãos, no tratamento condicionado à maior

dose de N, obtendo um aumento de 0,65% e 0,06% respectivamente em relação à testemunha (Tabela 8).

Verifica-se que a variável prolificidade (Tabela 9) não foi significativa, entretanto, o tratamento 3 destacou-se positivamente perante os demais tratamentos. Ferreira et al. (2001) encontraram modelo de regressão quadrático, com o incremento das doses de N. Entretanto, Ferreira (1997), Duete (2000), Soares (2003) e Veloso (2006) observaram um aumento significativo do número de espigas por planta de milho, ao efetuarem a aplicação de doses crescentes de N. Este último autor relata também que a prolificidade cresce, mas, o tamanho, principalmente da segunda espiga, muitas vezes torna-se muito pequeno, além de a espiga ficar desgranada e deformada, deixando a entender que o aumento da prolificidade não significa crescimento de produtividade de grãos de milho.

Embora, não tenha havido redução de altura das plantas de milho em função do emprego do redutor de crescimento e das doses de nitrogênio não foi observado acamamento severo de plantas, pois as condições climáticas não favoreceram sua ocorrência, principalmente por não terem ocorrido vendavais, bem como ocorrência de períodos prolongados de chuva. Resultados semelhantes foram encontrados por Zagonel; Ferreira (2013), avaliando o TE nas cultivares de milho Status TL e Maximus TLTG e Stefen et al. (2014), avaliando doses de nitrogênio e diferentes reguladores de crescimento na cultura do trigo.

Os resultados desta pesquisa sugerem a continuidade dos estudos, para que em anos de regularidade climática possam ser evidenciadas maiores produtividades, maiores estaturas de plantas e com isto avaliar melhor o potencial do redutor de crescimento TE.

## 5.5 CONCLUSÃO

Uso de altas doses e parcelamento de nitrogênio em cobertura, em de safra agrícola de seca, não favorece a elevação da produtividade de milho.

A associação de aumento de adubação nitrogenada de cobertura à aplicação de trinexapac-ethyl não alterou as características morfo-agronômicas do milho.

## 5.6 REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R.C.F. et al. Aplicação de reguladores vegetais na cultura de arroz de terras altas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.29, n.2, p.241-249, 2007.

ARGENTA, G., SILVA, R. P. F., BORTOLINI, G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.715-722, 2001.

BERGONCI, J.I. et al. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.7, p.949-956. 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2001000700004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2001000700004&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 10 dez. 2014.

BLACKMER, T.M., SCHEPERS, J.S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25, n.9/10. p.1791-1800, 1995.

BORTOLINI, C.G. et al. Adubação nitrogenada em pré-semeadura e seus efeitos sobre o rendimento do milho em sucessão a aveia preta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000, Uberlândia. **Anais...Sete Lagoas: ABMS**, 2000, p.250.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V., eds. **Tecnologia de produção de milho**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.139-182, 2004.

CARMO, M.S. et al. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *Saccharata* var. *Rugosa*) **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.suplemento1, p.223-231, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/13246/8367>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

COELHO, A.M. Agricultura de precisão: Manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. **Tópicos em Ciência do Solo**. Sete lagoas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.209-248, 2003.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004. 401 p.

DUARTE, P. A.; CANTARELLA, H. Efeito Colateral. **Revista Cultivar**, Campinas, v.117, p.6-8, 2009. Disponível em: <<http://www.zeamays.com.br/wp-content/uploads/2012/11/Revista-Cultivar-Aduba%C3%A7%C3%A3o-Nitrogenada-do-Milho.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

DUETE, R.R.C. **Estudo de doses, parcelamento e formas de nitrogênio na adubação de milho usando 15 N. 2000**. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000. 152 p.

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

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FERNANDES, F.C.S. et al. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.195-204, 2005.

FERREIRA, A.C.B. **Efeito da adubação com N, Mo e Zn sobre a produção, qualidade de grãos e concentração de nutrientes no milho**. 1997. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1997. 73 p.

FERREIRA, A.C.de B. et al. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, mobilidênio e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.131-138, 2001.

FURLANI JUNIOR, E. et al. Modos de aplicação de regulador vegetal no algodoeiro, cultivar IAC-22, em diferentes densidades populacionais e níveis de nitrogênio em cobertura. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.227-233, 2003.

GUIMARAES, E.R. et al. Sugarcane growth, sucrose accumulation and invertase activities under trinexapac-ethyl treatment. **Científica**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.20-26, 2005.

HECKMAN, N. L. et al. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison, v.42, n.2, p.423-427, 2002.

HOEFT, R.G. Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.104, n.1, p.1-4, 2003.

LEITE, G.H.P. et al. Maturadores e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar variedade RB855453 em início de safra. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.781-787, 2009.

LOPES, S.I.G.; LOPES, M.S.; MACEDO, V.R.M. Curva de resposta à aplicação de nitrogênio para quatro genótipos de arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.49, n.1, p.3-6, 1996.

LOURENTE, E. R. P.; ONTOCELLI, R.; SOUZA, L. C.F.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.E.; RODRIGUES, E.T. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.29, n.1, p.55-61, 2007.

LUCENA, L.F.C. et al. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.334-337, 2000. Disponível em:  
<<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415->

43662000000300005&script=sci\_arttext>. Acesso em: 18 nov. 2014.

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

MAUAD, M. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agricola**, v.60, n.4, p.761-765, 2003. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/sa/v60n4/a23v60n4.pdf>>. Acesso em: 10 de dez. 2014.

MEIRA, F.A. et al. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.2, p.275-284, 2009.

MOES, J.; STOBBE, E.H. Barley treated with ethephon: I. yield components and net grain yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, n.1, p.86-90, 1991.

NETTO, P. A., FREITAS, F. R., PALHARINI.C. Efeito de Diferentes fontes de nitrogênio no teor de clorofila em diferentes híbridos de milho cultivados em segunda safra. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Sete lagoas: ABMS, 2012. Disponível em: <[http://www.abms.org.br/29cn\\_milho/02470.pdf](http://www.abms.org.br/29cn_milho/02470.pdf)>. Acesso em: 21 nov. 2014.

PRICINOTTO, L.F et al. Trinexapac-ethyl no desenvolvimento vegetativo de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30, 2014, Salvador. **Anais...**: Sete lagoas: ABMS, 2014.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosíntesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.51, n.1, p.501-531, 2000.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.13-24. 1994.

SCHMITT, A. Densidade de plantas como estratégia para aumentar o rendimento de grãos de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...** Sete lagoas: ABMS, 2012. p.2009-2015.

SILVA, E.C. da et al. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.477-486, 2006.

SOARES, M.A. **Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura do milho**. 2003. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. 92f.

SORATTO, P.R.; CAMILLO, M.A.; ORIVALDO A. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.895-901, 2004.

STEFEN D.L.V. et al. Adubação nitrogenada associada ao emprego de reguladores de crescimento em trigo cv. Mirante. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.13, n.1, p.30-39, 2014.

SUNDERMAN, H.D.; PONTIUS, J.S.; LAWLESS, J.R. Variability in leaf chlorophyll concentration among fullyfertilized corn hybrids. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.28, n.19, p.1793-1803, 1997.

VIANA, R.S. et al. Efeito da aplicação de maturadores químicos na cultura da cana-deaçúcar (*Saccharum spp.*) variedade SP81-3250. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.30, n.1, p.65-71, 2008.

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.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O regulador de crescimento trinexapac-ethyl é eficiente em reduzir a altura de plantas de milho. Doses a partir de 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> de TE, aplicadas sobre plantas a partir do estágio V5 evidenciaram ser mais responsivas na redução de altura de planta, entretanto, ao elevar a concentração do ingrediente ativo reduzem a produtividade nos híbridos testados.

Para a condução de experimentos relacionados com a aplicação deste regulador de crescimento e altas densidades de cultivos, sugere-se a utilização de irrigação complementar quando houver déficit hídrico na cultura.

Mais estudos são sugeridos para identificar o momento ideal de aplicação, investigando o estágio fenológico da planta de milho e quantificando a concentração de giberelina endógena destinada ao alongamento do colmo de plantas de milho e a concentração do regulador de crescimento TE capaz de diminuir a ação desta giberelina ativa.

O regulador de crescimento TE em associação com aumento da dose de nitrogênio aplicado em cobertura necessita de mais pesquisas no sentido de compreender a interação da dose de N x dose de TE x aumento população de plantas e seus reflexos sobre a produtividade de grãos e controle do acamamento de plantas.

