

LUCIELI SANTINI LEOLATO

**USO DO REGULADOR DE CRESCIMENTO
ETIL TRINEXAPAC E RESPOSTA DO MILHO AO
INCREMENTO NA DENSIDADE DE PLANTAS EM DUAS
ÉPOCAS DE SEMEADURA**

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. Ph.D. Luis Sangoi

**LAGES-SC
2016**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Santini Leolato, Lucieli

Uso do regulador de crescimento etil trinexapac
e resposta do milho ao incremento na densidade de
plantas em duas épocas de semeadura / Lucieli
Santini Leolato. Lages - 2016.

142 p.

Orientador: Luis Sangoi

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação , Lages,
2016.

1. Zea mays. 2. Adensamento. 3. Altura de
planta. 4. Acamamento. 5. Produtividade. I. Sangoi,
Luis. II. Universidade do Estado de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação. III. Título.

LUCIELI SANTINI LEOLATO

**USO DO REGULADOR DE CRESCIMENTO
ETIL TRINEXAPAC E RESPOSTA DO MILHO AO
INCREMENTO NA DENSIDADE DE PLANTAS EM DUAS
ÉPOCAS DE SEMEADURA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Banca Examinadora:

Ph.D. Luis Sangoi

Orientador – UDESC/Lages-SC

Dr. Clovis Arruda de Souza

Membro – UDESC/Lages-SC

Ph.D. Paulo Regis Ferreira da Silva

Membro externo – UFRGS/Porto Alegre-RS

Lages, SC, 19/07/2016

Aos meus amados pais, Clodoveu
e Vera, coautores da minha
história, pelo amor incondicional.
Aos meus queridos irmãos, Leda
e Leonardo, essenciais em minha
vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha fonte de sabedoria e força e por iluminar minha caminhada.

Aos meus pais, Clodoveu e Vera, e aos meus irmãos, Leda e Leonardo, que acreditaram no meu sonho e não mediram esforços para que eu chegasse até aqui. Eu amo muito vocês!

Ao meu orientador e “pai” científico Prof. Luis Sangoi, pela confiança depositada, por todos os ensinamentos enriquecedores e exemplo profissional.

Aos irmãos do grupo *Zea mays* Fernando, Murilo, Allan, Ramon, Leonardo, Matheus, Vander, Rodrigo, Eduardo Peruch, Julio, Eduardo Haverroth, Hugo e Antônio pelo companheirismo em todas as atividades desenvolvidas a campo e laboratório, pelas ótimas histórias vividas e pela amizade.

A amiga Pamella Soldatelli e as novas amizades que construí ao longo dessa jornada, em especial à Barbara Bagio, Vanderléia Mathias, Maira Maier e Julhana Sponchiado, que tornaram muitos momentos mais leves e divertidos.

Aos professores do corpo docente do Mestrado em Produção Vegetal pelos valiosos ensinamentos nas disciplinas cursadas.

À Udesc, pelo ensino público e de qualidade, ao Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias e a Capes pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que sempre, de alguma forma, estiveram presentes em minha vida e fizeram parte deste sonho... Muito obrigada!

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

George Bernard Shaw

RESUMO

LEOLATO, Lucieli Santini. **Uso do regulador de crescimento etil trinexapac e resposta do milho ao incremento na densidade de plantas em duas épocas de semeadura**. 2016. 142 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Fisiologia e Manejo de Plantas) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2016.

O aumento na densidade de plantas é uma alternativa para incrementar o rendimento de grãos do milho. Entretanto, densidades excessivas elevam a competição intraespecífica, resultando no aumento da percentagem de plantas acamadas e quebradas. A utilização de reguladores de crescimento pode mitigar os efeitos negativos advindos de semeaduras adensadas. Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da aplicação do regulador de crescimento etil trinexapac na resposta do milho ao incremento na densidade de plantas em duas épocas de semeadura. O experimento foi implantado a campo, no município de Lages, SC, durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados dispostos em parcelas sub-subdivididas. Duas épocas de semeaduras foram testadas na parcela principal: segunda quinzena de outubro (recomendada) e primeira quinzena de dezembro (tardia). Quatro densidades de plantas foram avaliadas nas sub-parcelas: 5, 7, 9, 11 plantas m^{-2} . Nas sub-subparcelas foram avaliados os tratamentos com e sem o regulador de crescimento etil trinexapac. O produto foi aplicado duas vezes, quando a cultura se encontrava nos estádios V5 e V10, na dose de 150 g i.a. em cada aplicação. O híbrido P30F53YH foi implantado, no sistema de semeadura direta, com espaçamento entre linhas de 0,7 m. Avaliaram-se características morfológicas, o rendimento

de grãos e os seus componentes. A aplicação do regulador de crescimento etil trinexapac diminuiu a altura de plantas e incrementou o diâmetro de colmo nos dois anos de estudo. A percentagem de plantas acamadas e quebradas foi inferior a 8% em todos os tratamentos e não foi influenciada pela época de semeadura, densidade de plantas e aplicação do regulador de crescimento. O rendimento de grãos variou de 11.422 a 14.805 kg ha⁻¹. Ele foi maior na semeadura de outubro do que na de dezembro e aumentou de forma quadrática com a elevação da densidade de plantas, independentemente da presença ou ausência do regulador de crescimento. A aplicação de etil trinexapac não interferiu no rendimento de grãos e diminuiu a massa de 1.000 grãos nas duas épocas de semeadura. A utilização do regulador de crescimento etil trinexapac não foi uma estratégia de manejo efetiva para aumentar a reposta do rendimento de grãos do milho ao adensamento, tanto na época recomendada quanto na semeadura tardia.

Palavras-chave: *Zea mays*. Adensamento. Altura de planta. Acamamento. Produtividade.

ABSTRACT

LEOLATO, Lucieli Santini. Use of plant growth regulator ethyl trinexapac and maize response to increase in plants density in two sowing dates. 2016. 142 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Fisiologia e Manejo de Plantas) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2016.

The increase in plant density is an alternative to enhance maize grain yield. However, the increment of plant population also accentuates intraspecific competition, leading to a high percentage of stem lodging and breaking. The use of growth regulators can mitigate the negative effects derived from crowded sowings. This work was carried out aiming to evaluate the effects of the growth regulator ethyl trinexapac on maize response to the increase of plant density at different sowing dates. A field experiment was set in the city of Lages, SC, during the growing seasons of 2014/2015 and 2015/2016. The randomized block design, disposed in split-split plots, was used. Two sowing dates were tested in the main plots: second half of October (recommended sowing date) and first half of December (late sowing date). Four plant densities were assessed in the split plots: 5, 7, 9 and 11 pl m⁻². At the split-split plots the treatments with and without growth regulator trinexapac ethyl were evaluated. Ethyl trinexapac was sprayed over the canopy two times, when the crop was at the growth stages of V5 and V10, in a rate of 150 g i.a. on each application. The hybrid P30F53YH was sown under no-till system with a row spacing of 0,7m. Morphological traits, grain yield and its components were determined. The application of ethyl trinexapac decreased plant height an increase stem diameter at both growing seasons. The percentage of lodged

and broken plants was lower than 8% in all treatments. It was not affected by sowing date, plant density and growth regulator application. Grain yield ranged from 11,422 to 14,805 kg ha⁻¹. It was higher when maize was sown in October than in December and increased in a quadratic trend with the elevation of plant density, regardless of the presence or absence of growth regulator. The application of ethyl trinexapac did not affect grain yield and decrease 1,000 kernels mass at both sowing times. The spraying of ethyl trinexapac was not an effective management strategy to enhance the response of maize grain yield to the increase in plant population, at the recommended and late sowing times.

Key-words: *Zea mays*. Crowding. Plant height. Lodging. Productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Variação teórica da produção por unidade de planta (g planta^{-1}) e por unidade de área (kg ha^{-1}) em função da densidade populacional. 43
- Figura 2 – Principais etapas da biossíntese da giberelina em compartimentos celulares distintos. 52
- Figura 3 – Precipitações pluviárias decendiais e irrigações realizadas durante o ciclo de desenvolvimento da planta de milho nos anos agrícolas de 2014/15 (a) e 2015/16 (b). Lages, SC.^{1/} 65
- Figura 4 – Soma térmica mensal da cultura do milho em graus-dia (GD) nos anos agrícolas 2014/15 (a) e 2015/16 (b). Lages, SC. 67
- Figura 5 – Altura da planta de milho após a primeira (a) e a segunda (b) aplicação do regulador de crescimento etil trinexapac, em função da densidade de plantas (a) e da interação entre época de semeadura e densidade de plantas (b). Lages, 2015/16.^{1/} 71
- Figura 6 – Altura de inserção de espiga da planta de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, 2014/15.^{1/} 74
- Figura 7 – Distância entre o nó de inserção da espiga e a extremidade do pendão da planta de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem o regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, 2014/15.^{1/} 80
- Figura 8 – Produção total de folhas da planta de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC, 2014/15.^{1/} .. 83

Figura 9 – Número de folhas verdes da planta de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, durante os anos agrícolas 2014/15 (a) e 2015/16 (b). Lages, SC. ^{1/}	84
Figura 10 – Índice de área foliar da planta de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, durante os anos agrícolas de 2014/15 (a) e 2015/16 (b). Lages, SC. ^{1/}	86
Figura 11 – Teor relativo de clorofila na folha índice da planta de milho durante o espigamento em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC, 2015/16. ^{1/}	89
Figura 12 – Diâmetro de colmo da planta de milho em função da densidade populacional (a) e da interação entre densidade de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac (b) durante os anos agrícolas 2014/15 (a) e 2015/16 (b). Lages, SC. ^{1/}	92
Figura 13 – Rendimento de grãos de milho em função da densidade de plantas em 2014/15 (a) e da interação entre época de semeadura e densidade de plantas em 2015/16 (b), na média de com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC. ^{1/}	97
Figura 14 – Massa de 1.000 grãos de milho em função da densidade de plantas em 2014/15 (a) e da interação entre época de semeadura e densidade de plantas em 2015/16 (b), na média de com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC. ^{1/}	102
Figura 15 – Número de grãos por espiga de milho em função da densidade de plantas em 2014/15 (a) e da interação entre época de semeadura e densidade de plantas em 2015/16 (b), na média de com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC. ^{1/}	106

Figura 16 – Número de espigas por planta de milho em função da época de semeadura e da densidade de plantas em 2014/15 (a) e da densidade de plantas em 2015/16 (b).
1/ 108

Figura 17 – Percentagem de colmos doentes de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, durante os anos agrícolas de 2014/15(a) e 2015/16 (b). Lages, SC. 1/ 112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas do solo da área experimental nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.	57
Tabela 2 – Temperatura média mensal do ar durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.	66
Tabela 3 – Altura da planta de milho durante três estádios fenológicos e duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.	69
Tabela 4 – Altura da planta de milho durante três estádios fenológicos, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de duas épocas de semeadura e quatro densidades de plantas, nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages SC.	70
Tabela 5 – Altura da planta de milho após a segunda aplicação de etil trinexapac, em função da época de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2015/16.	73
Tabela 6 – Altura de inserção de espiga e altura final da planta de milho no estágio R3, em função da época de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2015/16. ^{1/}	75

Tabela 7 – Distância entre o nó de inserção da espiga e a extremidade do pendão da planta de milho, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de duas épocas de semeadura e quatro densidades de plantas, e em função de duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento. Lages, SC, 2014/15.....	79
Tabela 8 – Distância entre o nó de inserção da espiga e a extremidade do pendão da planta de milho em função da época de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2015/16.	81
Tabela 9 – Produção de folhas da planta de milho, em duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.	82
Tabela 10 – Número de folhas verdes da planta de milho em função da época de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2015/16.	85
Tabela 11 – Teor relativo de clorofila na folha índice da planta de milho durante o espigamento em duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC....	88
Tabela 12 – Diâmetro de colmo da planta de milho, com e sem regulador de crescimento, na média de duas épocas de semeadura e quatro densidades de plantas em 2014/15, e em função de duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem etil trinexapac em 2015/16. Lages, SC.....	91

Tabela 13 – Rendimento de grãos, massa de 1.000 grãos, número de grãos por espiga e de espigas por planta de milho, em duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC, 2014/15.....	96
Tabela 14 – Massa de 1.000 grãos de milho, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de duas épocas de semeadura e quatro densidades de plantas, durante os anos agrícolas de 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.	101
Tabela 15 – Número de espigas por planta de milho, em duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC, 2015/16.	109
Tabela 16 – Percentagem de colmos doentes de milho em função da época de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2014/15.	111

SUMÁRIO

1 USO DO REGULADOR DE CRESCIMENTO ETIL TRINEXAPAC E RESPOSTA DO MILHO AO INCREMENTO NA DENSIDADE DE PLANTAS EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA	35
1.1 INTRODUÇÃO	35
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO	38
1.2.1 Considerações gerais sobre a cultura do milho	38
1.2.2 Arranjos populacionais.....	41
1.2.3 Época de semeadura.....	47
1.2.4 Hormônios vegetais e reguladores de crescimento....	50
1.3 MATERIAL E MÉTODOS	56
1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
1.4.1 Condições meteorológicas no período experimental .	63
1.4.2 Altura de planta durante o período vegetativo da cultura	68
1.4.3 Altura final de planta e altura de inserção de espiga	73
1.4.4 Produção total de folhas, número de folhas verdes e senescidas	81
1.4.5 Índice de área foliar	86
1.4.6 Teor relativo de clorofila na folha índice	88
1.4.7 Percentagem de plantas acamadas e quebradas.....	90
1.4.8 Diâmetro do colmo	91
1.4.9 Rendimento de grãos e componentes.....	95
1.4.10 Percentagem de colmos doentes e de grãos ardidos	110
1.5 CONCLUSÕES	114

1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
2 REFERÊNCIAS	117
3 APÊNDICES	138

1 USO DO REGULADOR DE CRESCIMENTO ETIL TRINEXAPAC E RESPOSTA DO MILHO AO INCREMENTO NA DENSIDADE DE PLANTAS EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA

1.1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais importantes no mundo. Devido ao aumento da necessidade por alimentos, ração animal e biocombustível em escala global, a demanda por milho é crescente (CASSMAN et al., 2003). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, tendo produzido 84,6 milhões de toneladas do grão na safra 2015/16. Mesmo com produção expressiva, o rendimento médio da cultura nas últimas safras foi baixo, atingindo 5.469 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016).

Em Santa Catarina, oitavo estado produtor, a cultura é particularmente importante para o abastecimento dos setores de aves e suínos, cadeias produtivas de grande impacto no agronegócio nacional. Entretanto, o déficit histórico entre a demanda e a produção no estado, somado ao decréscimo de área plantada nos últimos anos, evidencia a necessidade do aumento da produtividade nas áreas de cultivo (EPAGRI, 2014). Isso motiva o desenvolvimento de novas estratégias e a adequação de práticas rotineiras de manejo para diminuir a lacuna existente entre o rendimento de grãos alcançado e o potencial que pode ser obtido (STRIEDER, 2006).

A baixa produtividade nas lavouras de milho pode ser atribuída a diversos fatores, tais como o uso de genótipos de baixo rendimento ou não adaptados à região de cultivo, a utilização de baixas doses de fertilizantes, época de semeadura imprópria e escolha inadequada do arranjo de plantas (SANGOI et al., 2010).

A densidade de semeadura é a forma de arranjo de plantas que tem maior efeito sobre o rendimento de grãos, pois

pequenas alterações na população podem alterar significativamente o rendimento final (SILVA et al., 2006). A elevação na densidade populacional é uma alternativa para incrementar a produtividade da cultura do milho. Entretanto, a utilização de densidades excessivas fomenta maior competição por luz, estimula a dominância apical do pendão sobre a espiga, ocasiona o estiolamento da planta e a redução do diâmetro de colmo. Estas alterações morfo-fisiológicas resultam no aumento da percentagem de plantas acamadas e quebradas (SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

Este efeito é mais acentuado quando o milho é semeado tardiamente, no final da primavera, devido à redução do sub-período emergência-pendoamento, ao menor acúmulo de reservas no colmo e ao precário desenvolvimento do sistema radicular (SANGOI et al., 2010). Assim, perdas significativas de rendimento podem ocorrer em híbridos suscetíveis e/ou em condições meteorológicas favoráveis ao acamamento (DUETE et al., 2008).

A densidade de plantas recomendada para o milho foi alterada ao longo do tempo à medida que modificações de ordem genética, fisiológica, bioquímica e anatômica foram incorporadas nas plantas pelos programas de melhoramento, juntamente com alterações no manejo da cultura (SANGOI et al., 2002). O uso de cultivares modernas de milho de porte baixo pode mitigar os efeitos negativos do adensamento. No entanto, nem sempre essas cultivares estão disponíveis ou são adaptadas à região de cultivo, o que exige o uso de técnicas alternativas, como a aplicação de reguladores de crescimento (ZAGONEL; FERREIRA, 2013).

Os reguladores de crescimento são compostos sintéticos utilizados para reduzir o crescimento indesejável da parte aérea das plantas, sem comprometer o rendimento da cultura. Estas substâncias agem por inibição da biossíntese de giberelinas, hormônios que promovem o alongamento celular. Assim, é possível conseguir a redução do crescimento excessivo dos

entrenós, evitando-se o acamamento de plantas (PRICINOTTO, 2014). Os reguladores de crescimento podem trazer também efeitos positivos na arquitetura de plantas, permitindo maior absorção da radiação solar e maior produtividade de grãos (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

O uso de redutores de crescimento em milho surge como uma importante tecnologia para a garantia de maior segurança em cultivos sob altas densidades populacionais. Isto pode atender as expectativas tanto de produtores que buscam ampliar a produtividade com estandes adensados, como também para aqueles que por algum motivo semearam o milho tardiamente e estão sob risco de perdas na produção devido à maior suscetibilidade de quebra e acamamento de colmos.

O regulador de crescimento etil trinexapac vem mostrando resultados positivos no manejo de espécies pertencentes à família *Poaceae*, como trigo, cevada e cana de açúcar. Entretanto, as diferenças existentes na morfo-fisiologia entre essas espécies não permitem a adaptação das recomendações do produto para a cultura do milho, sendo necessário o desenvolvimento de estudos específicos.

Os resultados divergentes obtidos até o presente momento, em experimentos com uso de reguladores de crescimento no cultivo do milho, ressaltam a necessidade de uma melhor elucidação de parâmetros sobre produto, modo de aplicação (dose e estágio fenológico), sensibilidade de híbridos e efeitos nas características agrônômicas da cultura. Com o pressuposto de que uma tecnologia eficiente é aquela que apresenta estabilidade de resultados em ambientes diversos, mais pesquisas são fundamentais para que o uso de reguladores de crescimento possa ser ampliado como uma estratégia de manejo efetiva para incrementar o desempenho agrônômico do milho.

Este trabalho foi concebido com base nas seguintes hipóteses: I) A utilização do regulador de crescimento etil trinexapac restringe o crescimento vegetativo, diminui o

acamamento/quebra de colmos e aumenta a resposta do rendimento de grãos do milho ao adensamento. II) O efeito da utilização de reguladores de crescimento é mais pronunciado nas semeaduras realizadas no final da primavera. O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação do regulador de crescimento etil trinexapac na resposta do milho ao incremento na densidade de plantas em duas épocas de semeadura.

1.2 REFERENCIAL TEÓRICO

1.2.1 Considerações gerais sobre a cultura do milho

O milho é o cereal mais produzido do mundo (USDA, 2016). A ampla disseminação do cultivo e do uso do milho se deve a sua versatilidade de utilização, destacando-se como matéria prima para a alimentação animal e, mais recentemente, para a fabricação de etanol nos Estados Unidos (KANEKO et al., 2010). Outro fator que garantiu a disseminação da cultura é a sua capacidade de adaptação, podendo ser cultivada desde as latitudes de 58° Norte até 40° Sul, bem como em localidades situadas abaixo do nível do mar até regiões com mais de 2.500 m de altitude (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

A produção mundial de milho na safra 2015/16 deverá superar 972 milhões de toneladas. O mercado desta “commoditie” é abastecido basicamente por três países, sendo Estados Unidos, China e Brasil os maiores produtores, representando 35%, 23% e 9% da produção global, respectivamente (USDA, 2016). Há uma tendência natural no aumento da demanda mundial de milho em virtude do crescimento econômico e populacional, gerando maior consumo de proteína animal (ESALQ, 2016).

No Brasil, o milho representa a segunda cultura em área cultivada, superada apenas pelo cultivo da soja. A safra agrícola de 2015/16 abrangeu uma área de aproximadamente

15,4 milhões de hectares, com produção de 84,6 milhões de toneladas do grão (milho total: primeira e segunda safra) e produtividade média de 5.469 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016). Nos últimos 20 anos, a área brasileira cultivada com milho pouco alterou em expansão e os ganhos de produção se devem ao aumento do rendimento de grãos, com destaque para a região Centro-Oeste (CONAB, 2015). A produtividade média da cultura no país não reflete o bom nível tecnológico adotado em muitas lavouras comerciais, uma vez que é obtida das mais diferentes regiões, com diferentes sistemas de cultivo, finalidades e níveis tecnológicos (GUTIERREZ, 2010).

A produção de milho ocorre em duas épocas de cultivo. O cultivo de verão, ou primeira safra, é realizado em época tradicional, durante o período chuvoso, com semeadura entre o final de agosto na região Sul até os meses de outubro a novembro nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. O cultivo denominado segunda safra (safrinha), refere-se ao milho de sequeiro, semeado extemporaneamente em fevereiro ou março, quase sempre depois da soja precoce, sendo predominante na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo (MIRANDA; DUARTE; GARCIA, 2012). Essa modalidade de cultivo tem adquirido importância nos últimos anos em virtude das poucas alternativas econômicas viáveis para a safra de outono/inverno, constituindo-se em instrumento fundamental para o complemento no abastecimento do milho no país (SHIOGA; OLIVEIRA; GERAGE, 2004).

O estado de Santa Catarina possui médias de produtividade maiores que a brasileira, atingindo 7.660 kg ha⁻¹ na safra 2015/16. A redução de área cultivada com milho nos últimos anos contribuiu para o crescimento do déficit estadual. A produção catarinense não atende à demanda oriunda principalmente dos setores de aves e suínos, mesmo com o aumento da produtividade. Com a continuidade de expansão dessas atividades, há uma histórica necessidade de importação do grão de outras regiões do país (EPAGRI, 2014).

Para se desenvolver, o milho necessita de calor e umidade adequada, uma vez que é uma cultura de origem tropical. A temperatura ideal, da emergência à floração, está compreendida entre 24 e 30°C e o consumo médio de água em torno de 600 mm durante todo o seu ciclo (CRUZ et al., 2010). O ciclo do milho varia entre 100 e 180 dias, em função da caracterização dos genótipos (superprecoce, precoce e tardio) (FORNASIERI FILHO, 2007) e da temperatura, a qual possui relação intrínseca com a duração dos períodos de desenvolvimento da planta (LOZADA; ANGELOCCI, 1999).

O milho é considerado uma das espécies mais eficientes na conversão de energia radiante em fitomassa. Uma semente, que pesa em média 260 mg, pode resultar em até 250 g de grãos por planta num período de 140 dias (FANCELLI, 2000). Isto se deve à dimensão de seu aparato fotossintético e à alta eficiência da espécie em converter a radiação solar interceptada em fotoassimilados decorrente do mecanismo C4 de fixação de CO₂ (SANGOI; SILVA, 2010).

Assim, por suas características fisiológicas, a cultura do milho apresenta alto potencial produtivo, alcançando tetos produtivos que superaram 18.000 kg ha⁻¹ em experimentos conduzidos por Schmitt (2014), sob condições ótimas de manejo. Esta lacuna existente entre o rendimento médio em lavouras comerciais e o que é obtido em condições experimentais pode ser atribuída a várias causas. Entre elas destacam-se o uso de genótipos de baixo rendimento ou não adaptados à região de cultivo, a aplicação de baixas doses de fertilizantes, época de semeadura imprópria e escolha inadequada do arranjo de plantas (SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

1.2.2 Arranjos populacionais

O rendimento de uma lavoura de milho é o resultado do potencial genético da cultivar, das condições edafoclimáticas do local de cultivo e do manejo da lavoura. De modo geral, o potencial de uma cultivar é responsável por 50% do rendimento final (CRUZ et al., 2010) e sua expressão produtiva depende da duração do período de interceptação da radiação solar incidente, do uso da radiação interceptada na fotossíntese, da eficiência da sua conversão em carbono orgânico e da distribuição adequada dos fotoassimilados às diferentes demandas (SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

Por influenciar a quantidade de radiação solar interceptada, a escolha correta do arranjo de plantas é uma das práticas de manejo mais importantes para atingir altos rendimentos na cultura do milho. Ela altera o índice de área foliar (IAF), o ângulo de inserção foliar, a disposição de folhas na planta e as características de absorção de luz pela comunidade (SANGOI et al., 2010). O arranjo de plantas pode ser manipulado pela densidade de semeadura, espaçamento entre linhas e distribuição espacial e temporal dos indivíduos na linha (SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010).

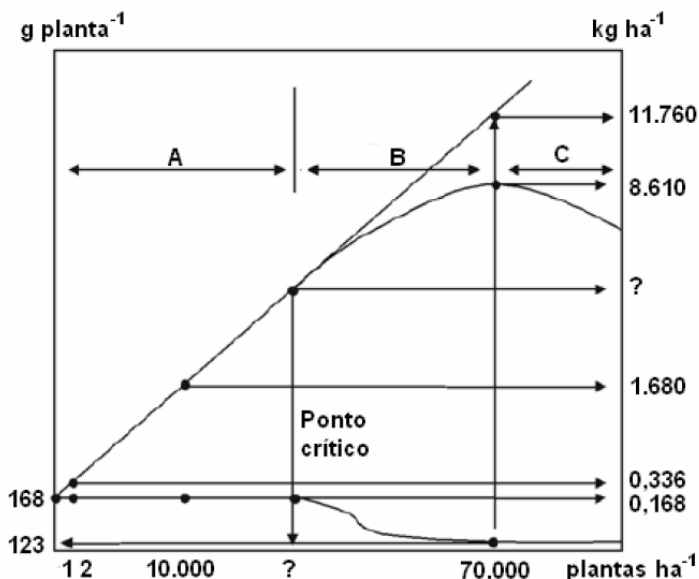
A densidade de semeadura é a forma de arranjo de plantas que apresenta maior efeito sobre o rendimento de grãos, pois pequenas modificações na população podem alterar significativamente o rendimento final (SILVA et al., 2006). Essa resposta está associada ao fato de que o milho não possui um mecanismo de compensação de espaços tão eficiente quanto outras espécies da família *Poaceae*, pois raramente perfilha, apresenta capacidade limitada de expansão foliar e baixa prolificidade (ANDRADE et al., 1999).

A utilização de baixas densidades populacionais reduz a interceptação da radiação solar por área, aumentando a produção de grãos por planta. Em baixas densidades, a produção individual é máxima, porém o rendimento de grãos

por área é reduzido (FORNASIERI FILHO, 2007). Isto acontece porque a capacidade da espiga de aumentar o número de fileiras e de grãos por fileira é limitada (ALMEIDA et al., 2000). Também há o aumento da competição de espécies que não são de interesse agrônômico, como as plantas daninhas (SILVA et al., 2006).

Dourado Neto, Fancelli e Lopes (2001) salientam que o rendimento de grãos por unidade de área aumenta linearmente com o aumento da população de plantas (fase A) até um determinado ponto denominado “crítico”, o qual varia entre os diferentes híbridos. Nessa faixa de população que antecede o ponto crítico a competição intraespecífica por água, luz e nutrientes é pequena. Acima da população crítica, devido à competição ocorrida entre as plantas de milho, a produção por planta decresce e o rendimento de grãos por área apresenta comportamento quadrático (fase B). Assim determina-se o ponto denominado de máxima produção por área ou produtividade máxima, que define a população ideal para a combinação genótipo-ambiente. Em populações acima deste valor a perda de produção individual é superior ao ganho com aumento de plantas por área, reduzindo o rendimento de grãos por hectare (fase C) (Figura 1).

Figura 1 – Variação teórica da produção por unidade de planta (g planta^{-1}) e por unidade de área (kg ha^{-1}) em função da densidade populacional.



Fonte: DOURADO NETO; FANCELLI; LOPES, 2001.

O aumento na densidade de plantas causa diversas alterações fisiológicas e morfológicas no milho, sendo a intensidade da resposta a maior competição intraespecífica variável com as características intrínsecas de cada cultivar e com as condições de manejo da cultura (SILVA et al., 2006). O uso de densidades elevadas promove o aumento da relação VE/V(vermelho extremo/vermelho), estimulando a dominância apical, a alongação dos entrenós, a altura de inserção de espiga e diminuindo o diâmetro de colmo (ALMEIDA; MUNDSTOCK; SANGOI, 2000). Há uma interferência na massa individual das plantas, obtendo-se um decréscimo de matéria seca individual, principalmente do colmo, como resultado da competição entre plantas pelos recursos do meio.

Assim, as plantas tendem a ficar mais suscetíveis ao quebramento e/ou acamamento (GROSS; PINHO; BRITO, 2006). O acamamento, definido como um estado permanente de modificação da posição do colmo em relação à original (GOMES et al., 2010), causa a ruptura dos tecidos, interrompendo a vascularização e afetando o transporte de água e nutrientes. Quanto mais cedo se manifestar no ciclo de vida da planta, menor será o rendimento de grãos (ZANATTA; OERLECKE, 1991).

Em estandes adensados pode ocorrer redução da atividade fotossintética da cultura e da eficiência de conversão de fotoassimilados à produção de grãos, resultando no aumento da esterilidade feminina, do intervalo entre o florescimento masculino (antese) e o feminino (espigamento) e, conseqüentemente, na redução do número de grãos por espiga (SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2010). Os componentes do rendimento como número de grãos por espiga, número de espigas por planta e massa de mil grãos são afetados negativamente pelo adensamento (DOURADO NETO et al., 2003). No entanto, há uma compensação na produção pelo aumento do número de plantas por área (SANGOI et al., 2001).

O arranjo de plantas de milho foi alterado ao longo do tempo, à medida que modificações de ordem genética, fisiológica, bioquímica, anatômica foram incorporadas nas plantas pelos programas de melhoramento, juntamente com alterações no manejo cultural (SANGOI et al., 2002). O contínuo aumento do rendimento de grãos da cultura nos últimos 70 anos na região do cinturão do milho nos EUA tem sido associado ao incremento na densidade de plantas (HAMMER et al., 2009).

Antes da década de 60, as cultivares de milho eram pouco produtivas e excessivamente altas. Elas acamavam com facilidade e não suportavam altas densidades de semeadura. Com os trabalhos de melhoramento ocorreram mudanças expressivas no ideotipo de planta, como redução da estatura, da

altura de inserção de espigas e da área foliar. As cultivares atuais possuem maior adaptabilidade a condições de estresse hídrico, menor acamamento, maior resistência a doenças e pragas e melhor qualidade nutritiva dos grãos (SAWAZAKI; PATERNIANI, 2004). Esses resultados são decorrentes das características apresentadas pelos híbridos atuais de milho que possuem folhas com disposição mais eretas e com capacidade de se manterem verdes por mais tempo. Tais características favorecem o incremento do número de espigas por unidade de área e atenuam o caráter protândrico da planta (PALHARES, 2003; DUVICK et al., 2004). Todos estes atributos contribuíram para a redução na competição intraespecífica por recursos do ambiente em altas densidades (JOHNSON; HOVERSTAD; GREENWALD, 1998), aumentando a infiltração de luz nos diferentes extratos do dossel, mesmo sob alto índice de área foliar (KASPERBAUER; KARLEN, 1994).

De modo geral, híbridos precoces e com menor exigência em soma térmica para florescer requerem maior densidade de plantas, em relação aos de ciclo tardio, para atingir seu potencial de rendimento. Isso se deve ao fato desses híbridos geralmente apresentarem menor área foliar e menor sombreamento intraespecífico, principalmente nos extratos inferiores do dossel, reduzindo a quantidade de vermelho extremo (VE) refletida pela comunidade. Assim, eles requerem maior densidade populacional para maximizar seu rendimento, já que necessitam de mais plantas por área para gerar índice de área foliar capaz de potencializar a interceptação da radiação solar incidente (SILVA et al., 2006). Híbridos tardios e de porte alto produzem maior quantidade de massa verde e geralmente não se beneficiam de aumentos na densidade de plantas, pois possuem grande desenvolvimento vegetativo e logo no início do ciclo serão sombreados por plantas vizinhas (PRICINOTTO, 2014).

Sangoi et al. (2002), submetendo híbridos antigos (décadas 70 e 80 – duplos, arquitetura foliar aberta, porte

médio a alto e grande número de folhas) e híbridos mais recentes (década de 90 – simples, porte baixo, folhas mais curtas, eretas e em menor número) a diferentes populações de plantas (25, 50, 75 e 100 mil plantas ha^{-1}) observaram que a resposta do rendimento de grãos ao incremento da população foi de ordem quadrática para todos os híbridos testados. Nas menores populações de plantas, os híbridos antigos foram mais produtivos. Os híbridos modernos foram mais exigentes em densidade, requerendo cerca de 85 mil plantas ha^{-1} para maximizar seu rendimento, enquanto que as populações ótimas para os híbridos antigos foram próximas de 60 mil plantas ha^{-1} .

Demétrio et al. (2008) avaliaram a influência dos espaçamentos entre linhas e diferentes densidades populacionais (30, 50, 70 e 90 mil plantas ha^{-1}) nos componentes de produção e na produtividade de grãos de dois híbridos simples modernos (ciclo semiprecoce, alta defensividade e elevado potencial produtivo). O rendimento de grãos foi crescente conforme o aumento da população, independentemente do híbrido. O melhor arranjo das plantas foi de 0,40 m de espaçamento entre linhas e com densidade populacional de 75 e 80 mil plantas ha^{-1} .

Nos programas de melhoramento de milho têm-se buscado genótipos com elevada resposta produtiva em altas densidades populacionais (80 a 100 mil plantas ha^{-1}) e sob espaçamentos entre linhas mais reduzidos. Alterações no arranjo de plantas têm sido discutidas com maior frequência pela maior ou menor adaptação da cultura ao ambiente, como forma de maximizar a produção de grãos pela otimização do uso de fatores de produção disponíveis num agroecossistema, como água, luz e nutrientes (DOURADO NETO et al., 2003). Nesse contexto, Kappes (2010) conclui que se houverem condições de ambiente favoráveis, o potencial de genótipos atuais de milho pode estar sendo subestimado. Entretanto, é importante ressaltar que a densidade populacional ótima para um determinado híbrido corresponde ao menor número de

plantas por unidade de área que induza à maior produtividade (DEMÉTRIO et al., 2008). Diversos fatores determinam a escolha correta da densidade de plantas, como o híbrido utilizado, níveis de nutrição, disponibilidade hídrica e época de semeadura (SERPA, 2011).

1.2.3 Época de semeadura

O rendimento de grãos depende de aspectos fisiológicos inerentes à própria planta e de fatores edafo-climáticos vigentes durante o seu desenvolvimento (SANGOI et al., 2010). Alcançar altos níveis de produtividade na cultura do milho é uma tarefa teoricamente simples, pois ele é uma das espécies de importância agrícola que apresenta maior capacidade de utilização da radiação solar para conversão de carbono mineral em carbono orgânico e seu posterior acúmulo nos grãos (SLAFFER; OTEGUI, 2000). A quantidade de radiação solar incidente disponível varia com a posição geográfica de cada região produtora, ou seja, com sua latitude e altitude (GARDNER; PEARCE; MITCHELL, 1985) e de acordo com a época de semeadura da cultura (NASCIMENTO et al., 2011).

Além da radiação solar, a época de semeadura possui estreita relação com a variação da temperatura do ar e disponibilidade hídrica, elementos meteorológicos que tem grande influência no desenvolvimento da cultura do milho (SERPA, 2011). Diferentes épocas de semeadura implicam em parâmetros meteorológicos distintos e em oscilações no rendimento de grãos (SANGOI et al., 2010).

Von Pinho et al. (2007) avaliaram a influência da época de semeadura na produtividade e na qualidade de cultivares de milho e sorgo para silagem. Foram testados três grupos de cultivares (sorgo duplo propósito, sorgo forrageiro e milho), em três épocas de semeadura (novembro, dezembro e janeiro). Observou-se efeito significativo da época de semeadura para todas as características agrônomicas e bromatológicas

avaliadas. Para cada dia de atraso na semeadura houve decréscimo na produtividade de matéria seca de milho e de sorgo. A maior produção de matéria seca para forragem foi obtida com a semeadura em novembro e a silagem com melhor valor nutritivo na semeadura de janeiro para ambas as culturas.

Nascimento et al. (2011) avaliaram a interferência de quatro épocas de semeadura (agosto, outubro, dezembro e fevereiro) em três cultivares de milho com ciclos contrastantes (normal, semiprecoce e hiperprecoce). O número de folhas abaixo e acima da espiga, a população inicial e final e o índice de área foliar foram influenciados pela época de semeadura. As cultivares, por apresentarem somatórias térmicas distintas, se comportaram de forma diferenciada à medida que ocorreram os avanços no período de semeadura. Houve redução significativa da produtividade e na massa de 1.000 grãos com a semeadura realizada em fevereiro, independentemente do híbrido.

As condições climáticas vigentes no sul do Brasil permitem o cultivo do milho numa ampla faixa de época de semeadura. No entanto, a medida que se deseja potencializar o rendimento de grãos, deve-se dar maior atenção à escolha correta da época de semeadura, visando proporcionar as melhores condições para o desenvolvimento das plantas (SERPA, 2011). A época de semeadura ideal depende de uma série de fatores como local, condições climáticas, incidência de pragas e doenças, cultivar, entre outros (SANGOI et al., 2010).

A época de semeadura preferencial para otimizar o aproveitamento da energia luminosa na cultura do milho é aquela que faz coincidir o período de floração com os dias mais longos do ano e a etapa de enchimento de grãos com o período de temperaturas mais elevadas e alta disponibilidade de radiação solar, considerando satisfeitas as necessidades de água pela planta (CRUZ et al., 2010). Para o sul do Brasil esse período está compreendido entre meados de setembro e o final de outubro (SANGOI et al., 2007). Entretanto, quando o milho é semeado na época preferencial para maximizar o

aproveitamento da radiação solar, existe uma grande probabilidade de que a fase mais crítica da cultura à estiagem, compreendida entre o início do pendoamento até 30 dias após (NIED et al., 2005), coincida com o período de restrição hídrica (SILVA et al., 2010).

Estresses que ocorrem nessa fase, principalmente a deficiência hídrica, atrasam o desenvolvimento da espiga e causam assincronia entre os florescimentos masculino e feminino. Nestes casos, a planta prioriza o desenvolvimento da inflorescência masculina (pendão) devido ao seu caráter protândrico (SANGOI, 2001). Embora a quantidade de pólen produzida pelos pendões raramente seja um fator limitante para a adequada polinização e fertilização dos grãos na espiga, o período de polinização é curto (cinco a oito dias) e os grãos de pólen permanecem viáveis por apenas 12-18 horas (SANGOI et al., 2010). Estas duas características favorecem a ocorrência de plantas estéreis e/ou espigas falhadas, devido à baixa fertilização, resultando em baixa produtividade (TOLLENAAR; LEE, 2002).

Para regiões com risco de deficiência hídrica nos meses de maior demanda evaporativa da atmosfera (dezembro e janeiro) e que não dispõem de irrigação suplementar, existem duas alternativas para evitar que o período de florescimento e início de enchimento de grãos coincida com a estiagem: a antecipação/retardamento da semeadura em relação à época preferencial (setembro a novembro) e o ajuste do ciclo de cultivo com o uso de híbridos modernos (SANGOI et al., 2007; SERPA et al., 2012).

São consideradas semeaduras precoces no sul do Brasil aquelas realizadas entre o final de julho e o começo de setembro, antes do início da primavera (SANGOI et al., 2007). Nessa época, a menor radiação solar incidente e a temperatura mais baixa do ar diminuem as velocidades de crescimento e desenvolvimento da cultura, resultando na formação de menor área foliar, índice de área foliar e estatura de planta (SANGOI

et al., 2001). As semeaduras tardias são aquelas realizadas nos meses de dezembro e janeiro, entre o final da primavera e o início do verão (SANGOI et al., 2007). Nesta época, o potencial de rendimento de grãos é mais baixo devido à menor quantidade de radiação solar durante o período de enchimento de grãos e à maior incidência de doenças foliares e de colmo (FORSTHOFER et al., 2006).

Nas semeaduras precoces podem ser requeridas maiores densidades de plantas como estratégia para compensar o menor desenvolvimento vegetativo, devido à menor disponibilidade térmica e de radiação solar durante o período vegetativo (PIANA et al., 2008). Por outro lado, nas semeaduras tardias a adoção de altas densidades populacionais não é uma prática cultural recomendável, por favorecer o acamamento, bem como a incidência de moléstias foliares e de grãos ardidos (CASA et al., 2007).

1.2.4 Hormônios vegetais e reguladores de crescimento

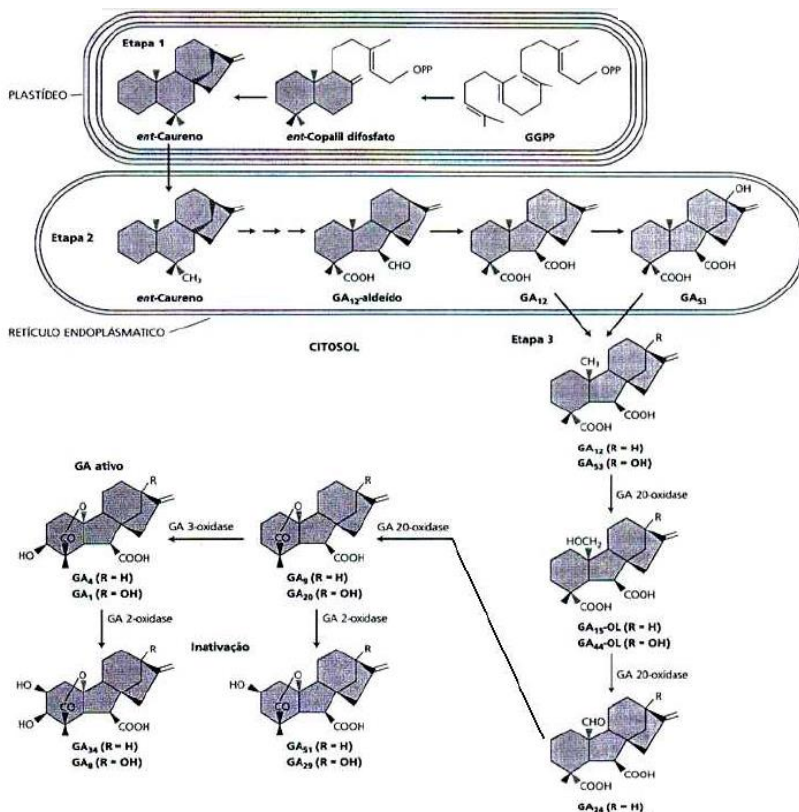
Os hormônios vegetais são mensageiros químicos que modulam os processos celulares por meio da interação com proteínas específicas que atuam como receptores ligados a rotas de transdução de sinal. O desenvolvimento vegetal é regulado por seis tipos principais de hormônios: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico e brassinoteróides (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As giberelinas são hormônios sintetizados nas regiões de crescimento, sementes em germinação, frutos imaturos, caules e raízes (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005). Elas desempenham diversas funções na regulação de processos fisiológicos. Em espécies da família *Poaceae*, as giberelinas promovem o alongamento do colmo, tendo como alvo de ação o meristema intercalar (localizado próximo à base do entrenó) produzindo derivadas para cima e para baixo (TAIZ; ZEIGER, 2013). Há evidências de que as giberelinas promovam a

expansão/alongamento da parede celular, em ação conjunta com as auxinas. As giberelinas são promotoras de alongamento em células jovens e as auxinas indutoras de expansão em regiões em maturação (GUERRA, 2008).

A rota biossintética da giberelina pode ser dividida em três etapas (Figura 2), cada uma ocorrendo num compartimento celular diferente (HEDDEN; PHILLIPS, 2000). Na etapa 1, o geranylgeranyl difosfato (GGPP) é convertido a *ent*-caureno via copalil difosfato (CPP) nos plastídeos. Na etapa 2, que ocorre no retículo endoplasmático, o *ent*-caureno é convertido a GA₁₂ ou GA₅₃, dependendo se o GA é hidroxilado no carbono 13. Na etapa 3, o GA₁₂ ou GA₅₃ são convertidos em outros GAs no citosol por uma série de oxidações no carbono 20. Na rota de hidroxilação C13, estas oxidações levam à produção de GA₂₀. O GA₂₀ é então oxidado para formar a giberelina ativa GA₁, por reação de 3β-hidroxilação. Por último, a hidroxilação do carbono 2 converte GA₂₀ e GA₁ às formas inativas GA₂₉ e GA₈, respectivamente (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Figura 2 – Principais etapas da biossíntese da giberelina em compartimentos celulares distintos.



Fonte: TAIZ; ZEIGER, 2013.

As substâncias que podem alterar os processos vitais ou estruturais por meio de modificações do balanço hormonal das plantas são denominadas reguladores de crescimento (ESPINDULA et al., 2010). Estes compostos químicos se ligam a receptores e desencadeiam uma série de mudanças celulares, as quais podem afetar a iniciação ou a modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os redutores de crescimento regulam o alongamento do colmo pela inibição da biossíntese das giberelinas ou pela liberação de etileno (RAJALA; PELTONEN-SAINIO, 2001) e podem reduzir o crescimento longitudinal indesejável da parte aérea das plantas, sem diminuição da produtividade de grãos (RADEMACHER, 2000).

Os produtos que inibem a síntese de giberelinas são divididos em três classes e cada uma interrompe uma das três etapas da síntese do hormônio. A primeira classe de compostos, tais como amônio quartenário (cloreto de chlormequat ou CCC, cloreto de mepiquat, AMO-1618) e fosfônio (cloreto de chlorfenio) bloqueiam a síntese de *ent*-caureno a partir do geranilgeranil difosfato. A segunda classe consiste nos compostos heterocíclicos contendo nitrogênio, como ancimidol (uma pirimidina), tetciclases (um norbornanodiazetina) e compostos tipo triazol (paclobutrazol e uniconazol). Os mesmos inibem a oxidação de *ent*-caureno para o ácido *ent*-caurenóico pelas P450 monooxigenases durante a etapa 2. O terceiro grupo inclui acilciclohexanoedionas como prohexadiona-Ca e etil trinexapac (um sal e um éster, respectivamente) que são estruturalmente similares ao 2-oxoglutarato e inibem a atividade das dioxigenases dependentes de 2-oxoglutarato por competição pelo sítio de ligação deste cosubstrato, na etapa 3 da biossíntese da giberelina (SRIVASTAVA, 2002).

O etil trinexapac é absorvido pelas plantas predominantemente pelas folhas e gemas terminais, sendo a absorção radicular muito limitada. A translocação é relativamente rápida e os sintomas de inibição do crescimento podem ser observados em até 48 horas após a aplicação. Ele atua seletivamente pela redução do nível de giberelina ativa, induzindo a planta a uma inibição temporária ou à redução na taxa de crescimento, sem afetar o processo de fotossíntese, a integridade da gema apical e o volume de massa radicular (FREITAS et al., 2002).

O etil trinexapac foi lançado no mercado brasileiro no ano de 2002 para as culturas do trigo, cevada e cana-de-açúcar com o nome comercial Moddus® (RODRIGUES et al., 2003). O produto foi desenvolvido visando reduzir o crescimento das plantas e o fortalecimento dos entrenós basais em cereais de inverno e a aceleração dos processos de maturação da planta e acúmulo de sacarose no colmo para a cana-de-açúcar (ADAPAR, 2016). Entretanto, o efeito do redutor de crescimento depende de vários fatores, como a época de semeadura, as condições do ambiente, o estado nutricional e fitossanitário da cultura, a dose e a época de aplicação (RODRIGUES et al., 2003).

Além de diminuir o crescimento longitudinal das plantas, os reguladores de crescimento abriram novas perspectivas para o aumento da produtividade em gramíneas e leguminosas (LAMAS, 2001). Estes compostos podem aumentar o rendimento de grãos não somente pela redução do acamamento, mas por proporcionar caules/colmos mais grossos, folhas mais largas e verticais e crescimento radicular mais vigoroso (LINZMEYER JUNIOR et al., 2008). Por isso, o uso de reguladores de crescimento está sendo amplamente estudado em monocotiledôneas como trigo (CHAVARRIA et al., 2015; PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010), cevada (AMABILE et al., 2004; TEIXEIRA; RODRIGUES, 2003), aveia-branca (HAWERROTH et al., 2015; KASPARY et al., 2015), cana-de-açúcar (FARIA et al., 2015; LEITE et al., 2011), arroz (ALVAREZ; CRUSCIOL; NASCENTE, 2014; ARF et al., 2012), gramados (COSTA et al., 2009), em dicotiledôneas como algodão (FERRARI et al., 2015; NAGASHIMA et al., 2010), soja (CORREIA; LEITE, 2012; PRICINOTTO; ZUCARELLI, 2014) e feijão (ABRANTES et al., 2011).

Na cultura do milho, o uso de reguladores de crescimento também vem sendo explorado experimentalmente. Zagonel e Ferreira (2013) avaliaram a aplicação de diferentes

doses de etil trinexapac (0, 187, 375 e 562 g ha⁻¹), nos estádios V2, V4, V6 e V8, em dois híbridos de milho. Os autores verificaram que a altura de planta e de inserção de espiga, bem como os componentes de produção e produtividade, não foram afetados pelo produto.

Zhang et al. (2014) testaram a performance da aplicação da mistura de dois reguladores de crescimento (ethefon e dietil aminoetilo hexanoato) no estádio V7 em dois híbridos de milho submetidos a quatro densidades populacionais (4,5, 6, 7,5 e 9 plantas m⁻²). Eles constataram um aumento significativo no rendimento de grãos, número de grãos por espiga e peso de 1.000 grãos, além da redução da percentagem de acamamento sob aumento populacional.

Fagherazzi (2015) testou dosagens sequenciais de etil trinexapac do estádio fenológico V2 até o V7 em dois genótipos de milho e verificou que as plantas tiveram suas características morfológicas alteradas em resposta as diferentes doses do produto. A partir do estádio V4, as plantas de milho apresentaram sinais de sensibilidade ao redutor, sendo que as aplicações em V7 foram mais efetivas para reduzir altura de planta.

Durli (2016) avaliou os efeitos da aplicação de etil trinexapac nos estádios V5 e V10, em dois híbridos de milho de ciclos contrastantes (precoce e hiperprecoce), sob diferentes manejos do uso de nitrogênio (0; 0,5; 1 e 1,5 vezes a dose para atingir produtividade almejada). O regulador de crescimento reduziu a altura de plantas, conforme esperado, mas também diminuiu o rendimento e a massa de 1.000 grãos da cultura.

Os estudos até então realizados demonstram uma variabilidade de respostas da aplicação de reguladores de crescimento em função de cultivar, doses, épocas de aplicação, solo e clima. Considerando que uma tecnologia eficiente é aquela que apresenta estabilidade de resultados em ambientes diversos, há necessidade de mais pesquisas para elucidar parâmetros sobre produto, modo de aplicação (dose e estádio

fenológico), sensibilidade de híbridos, efeitos nas características agronômicas, componentes de rendimento e produtividade final. Estes trabalhos são fundamentais para que o uso de reguladores de crescimento possa ser ampliado como uma estratégia de manejo efetiva para incrementar o desempenho agrônômico do milho.

1.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, durante os anos agrícolas de 2014/15 e 2015/16, no distrito de Santa Terezinha do Salto. A área experimental está localizada a 20 km do município de Lages, no Planalto Sul de Santa Catarina. As coordenadas geográficas do local são 27°50'35" de latitude Sul, 50°29'45" de longitude Oeste e altitude de 849 metros. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006), é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22°C e precipitações pluviais bem distribuídas.

A área experimental é caracterizada pelo monocultivo de milho no verão por três anos consecutivos (2012/13, 2013/14 e 2014/15) e em rotação com feijão em 2015/16, ambos em sucessão a uma cobertura de inverno de aveia preta (*Avena strigosa*). Esta cobertura foi implantada em junho e dessecada com a aplicação do herbicida glifosato no final do mês de setembro.

O solo do local é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico Típico (EMBRAPA, 2006). Os resultados da análise da química do solo realizada na camada arável (0 a 20 cm) para os dois anos agrícolas estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas do solo da área experimental nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.

Características	Valores	
	2014/15 ^{1/}	2015/16
Argila (%)	56,00	53,00
pH H ₂ O	5,20	5,10
Índice SMP	5,70	5,20
Matéria Orgânica g kg ⁻¹	60,00	36,00
P mg dm ⁻³	4,40	13,00
K mg dm ⁻³	186,00	195,00
Ca cmolc dm ⁻³	5,79	7,00
Mg cmolc dm ⁻³	2,47	2,45
Al cmolc dm ⁻³	0,20	0,30
CTC cmolc dm ⁻³	8,94	20,80

^{1/}Análises realizadas pelos laboratórios do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (primeiro ano) e do Campus Aproximado de Campos Novos da Universidade do Oeste de Santa Catarina (segundo ano).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), dispostos em parcelas sub-subdivididas, com três repetições por tratamento. Na parcela principal foram testadas duas épocas de semeadura: segunda quinzena de outubro (recomendada) e primeira quinzena de dezembro (tardia). Nas sub-parcelas foram avaliadas quatro densidades populacionais, equivalentes a 5, 7, 9 e 11 plantas m⁻². Nas sub-subparcelas foram avaliados os tratamentos com e sem o regulador de crescimento etil trinexapac. Cada sub-subparcela foi constituída por quatro linhas de seis metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,70 m. Considerou-se as duas linhas centrais como área útil (totalizando 8,4 m⁻²) e as duas linhas externas como bordadura.

Os experimentos foram implantados nos dias 16/10/2014 e 04/12/2014 no primeiro ano e 15/10/2015 e 05/12/2015 no segundo ano. Os ensaios foram implantados no sistema de semeadura direta. Foram utilizadas semeadoras

manuais, depositando-se três sementes por cova para as distâncias pré-determinadas, em função da densidade almejada em cada tratamento. Quando as plantas estavam no estágio fenológico de três folhas completamente expandidas (V3), conforme escala proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1993), foi realizado o desbaste para o ajuste das populações requeridas.

O híbrido utilizado foi o P30F53YH com eventos transgênicos Yield Gard e Herculex, de ciclo precoce e caracterizado pela estabilidade em ambientes de cultivo e tolerância ao acamamento. As sementes foram tratadas antes da semeadura com os inseticida clotiadina (Poncho®), imidacloprido + tiodicarbe (CropStar®) e com o fungicida fludioxonil + metalaxyl (Maxim XL®), para o controle preventivo de pragas e doenças na fase inicial do ciclo da cultura.

A adubação de manutenção foi realizada conforme os resultados da análise de solo, seguindo as recomendações técnicas da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), almejando a obtenção de tetos produtivos de 21.000 kg ha⁻¹. As fontes utilizadas de nitrogênio, fósforo e potássio foram ureia (45 % de N), superfosfato triplo (46 % de P₂O₅) e cloreto de potássio (60 % de K₂O). As doses aplicadas na semeadura foram 30 kg ha⁻¹ de N, 295 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 170 kg ha⁻¹ de K₂O, nos dois anos agrícolas, sendo os fertilizantes distribuídos superficialmente próximos às linhas de cultivo. A cobertura nitrogenada foi subdividida em três épocas, quando as plantas se encontravam nos estádios V4, V8 e V12, totalizando 300 kg de N ha⁻¹.

O regulador de crescimento etil trinexapac foi aplicado duas vezes, quando as plantas se encontravam nos estádios V5 e V10, fases de desenvolvimento em que ocorre grande expansão dos entrenós, utilizando-se o produto comercial MODDUS®, na dose de 150 g i.a. em cada aplicação. As pulverizações foram realizadas com um pulverizador à pressão

constante de 30 lb pol⁻², pressurizado por CO₂. Foram utilizadas pontas com bicos de jato plano “leque” XR 110-015, calibrado para um volume de calda de 200 L ha⁻¹. Durante a aplicação o jato foi dirigido sobre as folhas superiores da planta.

O controle de plantas daninhas em pré-emergência foi realizado utilizando-se uma aplicação de atrazina + simazina (Primatop®), pulverizada logo após a semeadura do experimento. O controle químico pós-emergente foi efetuado com a combinação do herbicida atrazina + simazina (Primatop®) e tembotriona (Soberan®) quando as plantas de milho estavam no estágio V3.

O controle preventivo de doenças foi realizado com o fungicida azixistrobina + ciproconazol (Priori Xtra®) quando as plantas atingiram os estádios V12 e V18. Os inseticidas para controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foram aplicados com o aparecimento dos primeiros sintomas de raspagem das folhas. Foram utilizados os inseticidas beta-ciflutrina (Turbo®) no estágio V3, tiodecarbe (Larvim®) em V6 e lambda cialotrina + clorantraniliprole (Ampligo®) em V9. Foi adotado o mesmo manejo fitossanitário para a cultura nos dois anos agrícolas.

Foram feitas duas avaliações da altura de plantas antes do florescimento da cultura. Estas avaliações foram realizadas 14 dias após cada aplicação do regulador de crescimento. As avaliações de área foliar, número total de folhas produzidas pela planta, número de folhas verdes e senescidas em R1 (espigamento), teor relativo de clorofila na folha índice e diâmetro de colmo foram realizadas após o florescimento pleno da cultura. A altura final de planta e altura de inserção de espiga foram determinadas em R3 (grão leitoso). Todas estas variáveis foram mensuradas em cinco plantas com uniformidade fenológica e morfológica identificadas previamente no estágio V4 em cada unidade experimental.

A área foliar foi determinada medindo-se o comprimento (C) da base à extremidade da folha e a maior largura (L) de todas as folhas fotossinteticamente ativas de acordo com metodologia utilizada por Tollenaar (1992). Considerou-se fotossinteticamente ativa toda a folha que apresentasse pelo menos 50% de sua área foliar verde, de acordo com critério proposto por Borrás, Maddoni e Otegui (2003). A área foliar (AF), expressa em cm², foi estimada aplicando-se a expressão: $AF = C \times L \times 0,75$, sendo o valor 0,75 o coeficiente de correção, uma vez que as folhas não apresentam área retangular. Os somatórios das áreas de todas as folhas verdes determinaram a área foliar por planta. O índice de área foliar (IAF) foi determinado pela relação entre a área foliar da planta e a superfície de solo ocupada pela mesma, sendo que estes últimos valores variaram conforme a densidade de cada tratamento e corresponderam a 0,20, 0,14, 0,11 e 0,09 m⁻² para as densidades de 5, 7, 9, 11 plantas m⁻², respectivamente.

O teor relativo de clorofila na folha índice (folha de inserção da espiga) foi medido com o auxílio de um clorofilômetro (ClorofiLOG modelo CFL1030) por meio de três medições no limbo foliar (base, meio e extremidade). O diâmetro do colmo (mm) foi aferido no dia da colheita de cada época de semeadura. Utilizou-se para esta avaliação o terço mediano do segundo internódio a partir da base da planta, com o auxílio de um paquímetro digital, nos sentidos de menor e maior diâmetro, totalizando duas medições.

A altura de planta nos estádios vegetativos foi avaliada medindo-se a distância da base do colmo até o ápice da última folha expandida. A altura final de plantas e altura de inserção de espiga foram aferidas considerando-se a distância da base da planta até a extremidade do pendão e da base da planta até o nó onde estava inserida a espiga superior. Todas as avaliações foram realizadas com o auxílio de uma trena métrica.

As avaliações de plantas acamadas, quebradas, sem espiga (esterilidade feminina) e espigas produtivas por planta (índice de espiga) foram feitas no dia da colheita. A percentagem de acamamento e quebra foi calculada dividindo-se o número de plantas acamadas/quebradas pelo número total de plantas da área útil multiplicado por 100. Consideraram-se acamadas as plantas cujo colmo formou um ângulo inferior a 45° com a superfície do solo e quebradas as plantas que apresentaram ruptura do colmo abaixo da espiga. A percentagem de esterilidade feminina foi determinada dividindo-se o número de plantas sem espiga pelo número de plantas da área útil e multiplicado por 100. O índice de espiga foi obtido dividindo-se o número de espigas colhidas pelo número de plantas da área útil. Foram consideradas como espigas produtivas aquelas que apresentaram mais de 20 grãos formados.

As colheitas foram realizadas nos dias 11/04/2015 e 30/05/2015, no primeiro ano agrícola, e 02/04/2016 e 02/05/2016, no segundo ano agrícola. Efetuou-se a colheita quando todas as folhas da planta se encontravam senescentes e a umidade dos grãos estava entre 18 e 22%.

As espigas foram colhidas manualmente e trilhadas numa trilhadora estacionária. Posteriormente pesou-se os grãos da área útil para determinação do rendimento e separou-se uma amostra de aproximadamente 500 gramas por tratamento. Esta amostra foi encaminhada ao laboratório de Plantas de Lavoura do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC) para avaliação da umidade dos grãos, dos componentes de rendimento e da percentagem de grãos ardidos.

A determinação da umidade foi realizada com o auxílio de um medidor portátil modelo AL-102 ECO. Realizou-se a contagem e pesagem de 400 grãos que foram acondicionados em estufa sob ventilação e temperatura de aproximadamente 65°C até atingirem massa constante. Os pesos úmidos de grãos

da área útil foram convertidos para um hectare e expressos na umidade padrão de 130 g kg^{-1} para a estimativa do rendimento de grãos. Depois de ser determinada a massa seca de 400 grãos, esta foi então multiplicada pelo fator 2,5, convertida para 130 g kg^{-1} , e utilizada para expressar a massa de 1.000 grãos. O número de grãos por espiga foi estimado pela relação entre o peso de grãos da área útil, o peso de 400 grãos e o número de espigas colhidas na área útil de cada sub-subparcela.

A incidência de grãos ardidos foi estimada em subamostras de 200 gramas por tratamento, através da mensuração visual e classificação manual de todos os grãos que apresentassem descoloração maior que $\frac{1}{4}$ da sua área total (BRASIL, 1996). Nesta avaliação confrontou-se a relação entre o peso total da amostra e o peso total dos grãos ardidos encontrados.

A avaliação de doenças de colmo foi realizada imediatamente após a colheita, abrindo-se longitudinalmente todos os colmos presentes numa linha da área útil, a uma altura de 30 cm da superfície do solo, seguindo recomendações descritas por Reis e Casa (1996). Os colmos que apresentaram sintomas de descoloração foram caracterizados como doentes. A percentagem de podridões de colmo foi estimada pela relação entre o número de plantas com colmos doentes e o número total de plantas em uma linha da área útil.

Foram instalados pluviômetros na área experimental para o monitoramento dos índices pluviométricos e para a estimativa da necessidade de irrigação no período compreendido de dezembro a abril nos anos de 2014/15 e 2015/16.

Os dados meteorológicos referentes à temperatura do ar, utilizados para a determinação da soma térmica, foram obtidos junto ao Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrologia de Santa Catarina (CIRAM). Este órgão pertence à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa

Catarina S.A. (EPAGRI). A estação meteorológica fica localizada a 20 km da área experimental.

O cálculo da soma térmica em graus-dia (GD) foi realizado a partir da temperatura média do ar subtraída da temperatura base. Assumiu-se que o desenvolvimento das plantas foi diretamente proporcional ao incremento da temperatura entre a temperatura base inferior 10°C e temperatura base superior 32°C. Considerou-se a expressão $GD = \sum \left[\frac{(T_{\text{máx}} + T_{\text{min}})}{2} - T_b \right]$ em que: GD = Unidade térmica diária; $T_{\text{máx}}$ = Temperatura máxima do dia considerado; T_{min} = Temperatura mínima do dia considerado; T_b = Temperatura base inferior (MONTEITH; ELSTON, 1996).

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). Quando alcançados os níveis de significância, as médias dos fatores qualitativos (épocas de semeadura e uso do regulador de crescimento) foram comparadas entre si pelo teste de Tukey e a do fator quantitativo (densidade de plantas) por análise de regressão polinomial a 5% ($P < 0,05$).

1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

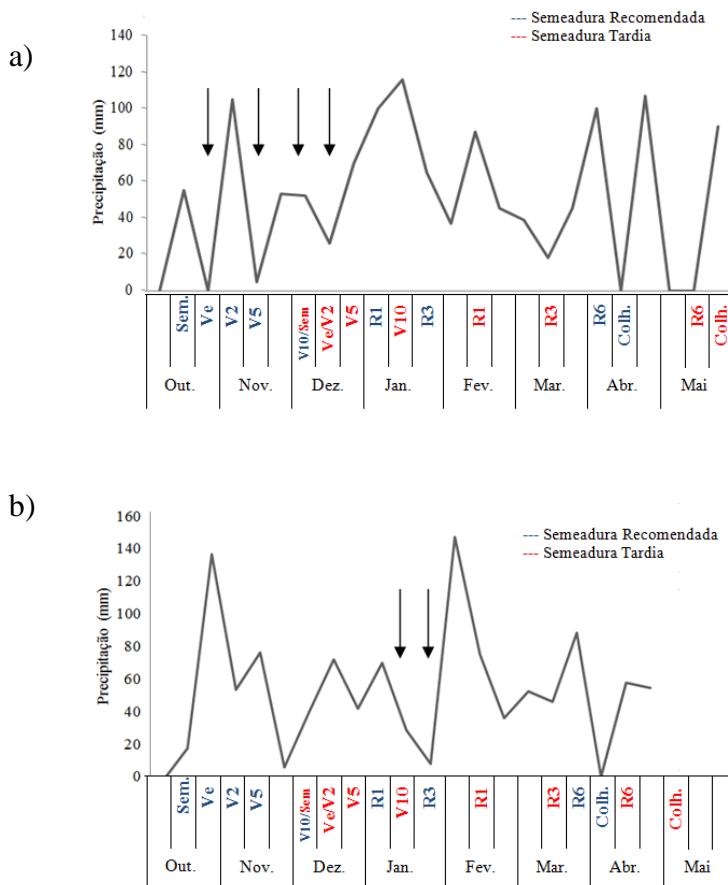
1.4.1 Condições meteorológicas no período experimental

Os dados de precipitação pluviométrica e das irrigações realizadas durante as fases de desenvolvimento da cultura do milho nos anos agrícolas de 2014/15 e 2015/16 podem ser observados nas Figuras 3a e 3b. De acordo com Cruz et al. (2010), a cultura do milho exige um mínimo de 600 mm de precipitação bem distribuídos ao longo do seu ciclo de desenvolvimento para que produza satisfatoriamente, sem a necessidade da utilização de irrigação. Partindo dessa premissa, as precipitações nos dois anos de estudo foram abundantes, acima da média necessária para o desenvolvimento satisfatório da cultura. Entretanto, devido à distribuição irregular da

precipitação em alguns períodos importantes (aplicação do regulador de crescimento e florescimento da cultura), houve necessidade de irrigação.

Além de ser importante em todo o ciclo da cultura, a água auxilia na atuação do redutor de crescimento que tem seu efeito minimizado em condições de deficiência hídrica (RODRIGUES et al., 2003). Em 2014/15 foram realizadas quatro irrigações, as quais se concentraram entre o final do mês de outubro e meados do mês de dezembro (Figura 3a). Em 2015/16 o milho foi irrigado em duas oportunidades durante a segunda quinzena do mês de janeiro (Figura 3b). Nos dois anos agrícolas, em cada irrigação aplicou-se uma lâmina de aproximadamente 30 mm.

Figura 3 – Precipitações pluviárias decendiais e irrigações realizadas durante o ciclo de desenvolvimento da planta de milho nos anos agrícolas de 2014/15 (a) e 2015/16 (b). Lages, SC.^{1/}



^{1/}As setas indicam os momentos em que foram realizadas irrigações que contemplaram lâmina de 30 mm de água.

Fonte: Produção da própria autora, 2016.

A temperatura média mensal oscilou entre 13,9 °C e 20,8 °C em 2014/15 e entre 12,0 °C e 20,9 °C em 2015/16 (Tabela 2). De acordo com a Epagri (2010), o Planalto Catarinense se caracteriza por ser uma região de clima temperado constantemente úmido, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C e média anual de 11,4 a 13,8 °C, corroborando com os dados obtidos no presente estudo.

A temperatura é o principal fator climático que interfere na velocidade do crescimento do milho, afetando a eficiência da fotossíntese e o ciclo da cultura (SANGOI et al., 2010). Quando o meristema apical está abaixo da superfície do solo, a temperatura do solo é quem governa o desenvolvimento do milho (STONE; SORENSEN; JAMIESON, 1999). Quando ele está acima da superfície do solo, a temperatura do ar é quem determina a duração dos subperíodos de desenvolvimento em híbridos considerados insensíveis ao fotoperíodo (LOZADA; ANGELOCCI, 1999).

Tabela 2 – Temperatura média mensal do ar durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.

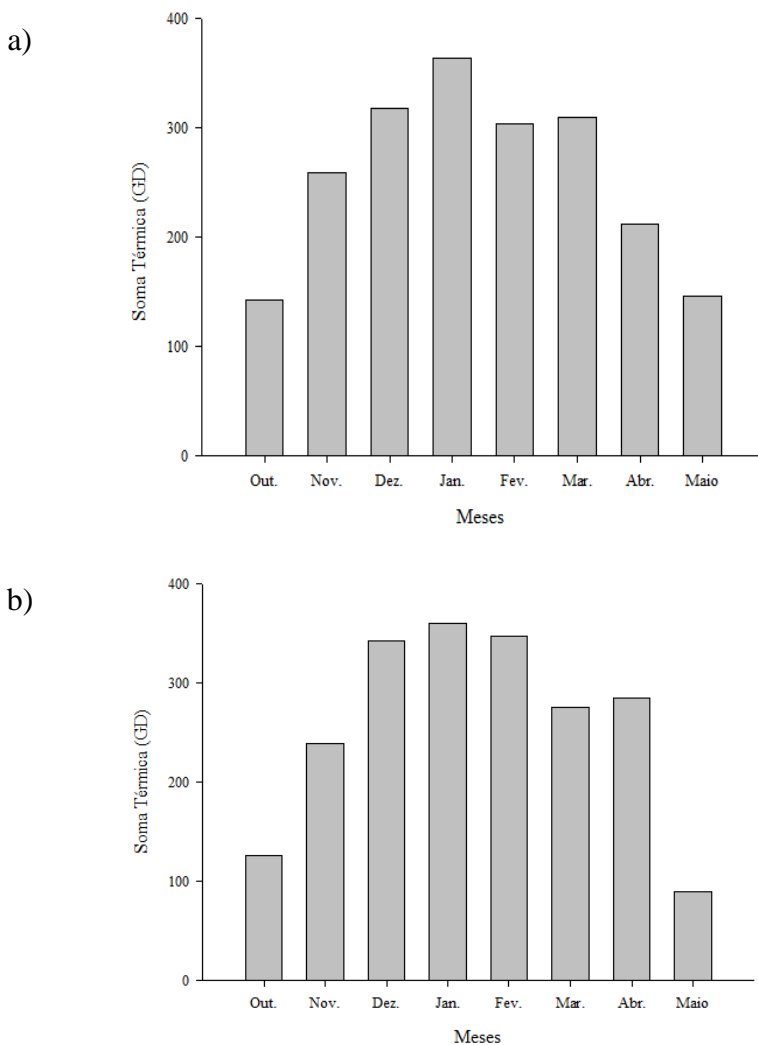
Ano Agrícola	Temperaturas Médias Mensais (°C)							
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
2014/15	17,7	18,3	19,5	20,8	20,0	19,0	16,2	13,9
2015/16	16,7	17,6	20,1	20,6	20,9	18,1	18,5	12,0

Fonte: EPAGRI, 2016.

A Figura 4 apresenta os dados de soma térmica registrados no município de Lages (SC) durante os anos agrícolas de 2014/15 e 2015/16. O mês de janeiro foi o que apresentou maior soma térmica, com valores aproximados de 363,7 e 360,7 GD para os anos agrícolas de 2014/15 e 2015/16, respectivamente, em função das temperaturas atmosféricas mais elevadas (Tabela 2). O mês de maio foi o que apresentou

menor soma térmica devido à aproximação do inverno na região.

Figura 4 – Soma térmica mensal da cultura do milho em graus-dia (GD) nos anos agrícolas 2014/15 (a) e 2015/16 (b). Lages, SC.



Fonte: Produção da própria autora, 2016.

A região do Planalto Serrano Catarinense é caracterizada pela menor disponibilidade térmica, condicionando a cultura do milho a uma estação de crescimento mais curta (EMPASC, 1978).

1.4.2 Altura de planta durante o período vegetativo da cultura

A altura de plantas, avaliada duas semanas após a primeira aplicação do regulador de crescimento, feita quando a cultura se encontrava em estágio V5 da escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993), foi influenciada pelo efeito principal de época de semeadura no primeiro ano agrícola (Apêndice 1). As plantas semeadas na época tardia apresentaram um incremento médio de 90 cm de altura, quando comparadas com as implantadas no período recomendado, nesta fase de desenvolvimento da cultura (Tabela 3). As altas temperaturas registradas no início do ciclo da cultura quando ela foi semeada em dezembro fizeram com que os estádios fenológicos vegetativos ocorressem sob temperaturas mais elevadas, estimulando o crescimento das plantas.

Tabela 3 – Altura da planta de milho durante três estádios fenológicos e duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.

Tratamentos		Altura de Planta (cm)		
		V5 ^{1/}	V10	R3
<u>Ano Agrícola 2014/15</u>				
Época de Semeadura	Recomendada	66 b	206 b	246 b
	Tardia	156 a	236 a	291 a
	CV(%)	10,13	5,70	3,10
<u>Ano Agrícola 2015/16</u>				
Época de Semeadura	Recomendada	85 b	205 b	252 a
	Tardia	124 a	247 a	249 a
	CV(%)	13,55	5,12	3,31

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% %. ^{1/}As avaliações foram realizadas 14 dias após a aplicação do produto no referido estágio de desenvolvimento da cultura do milho segundo escala proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1993). Fonte: Produção da própria autora, 2016.

No segundo ano agrícola, a altura de plantas após a aplicação em V5 foi alterada de modo significativo pelos efeitos principais de época de semeadura, densidade de plantas e aplicação do regulador de crescimento (Apêndice 1). O etil trinexapac diminuiu em média 4 cm a altura das plantas, na média das épocas de semeadura e densidades populacionais, representando uma redução de 3,7% (Tabela 4).

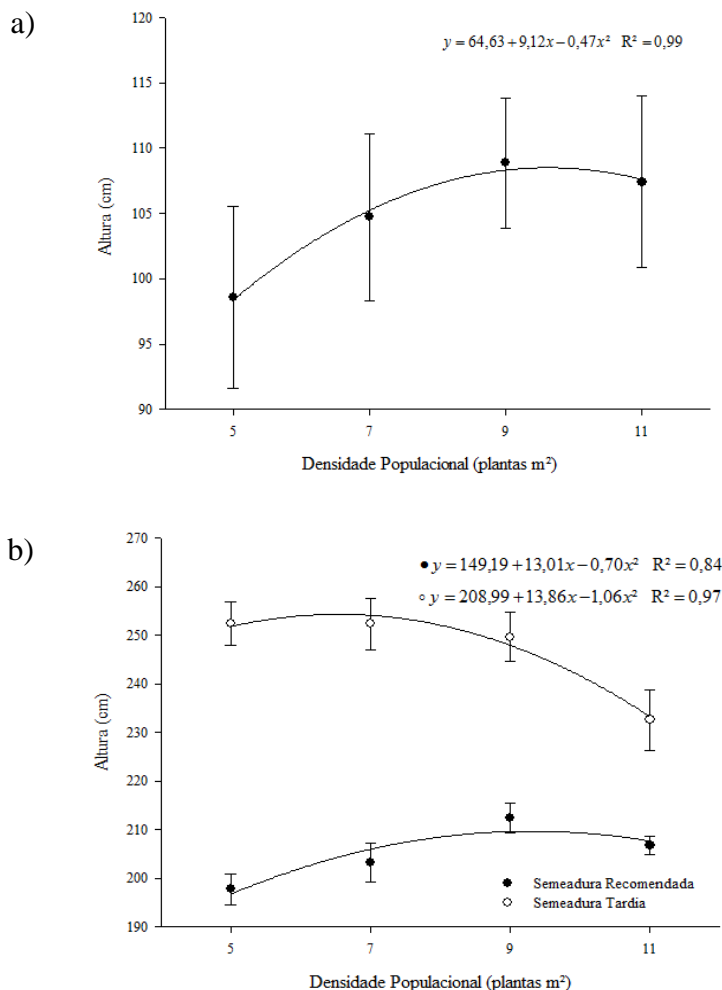
Tabela 4 – Altura da planta de milho durante três estádios fenológicos, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de duas épocas de semeadura e quatro densidades de plantas, nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages SC.

Tratamentos		Altura de Planta (cm)		
		V5 ^{1/}	V10	R3
<u>Ano Agrícola 2014/15</u>				
Regulador de Crescimento	Com	110 a	217 b	266 b
	Sem	112 a	225 a	272 a
	CV(%)	4,26	3,14	2,94
<u>Ano Agrícola 2015/16</u>				
Regulador de Crescimento	Com	103 b	220 b	246 b
	Sem	107 a	231 a	255 a
	CV(%)	4,14	2,89	3,06

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. ^{1/}As avaliações foram realizadas 14 dias após a aplicação do produto no referido estágio de desenvolvimento da cultura do milho segundo escala proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1993). Fonte: Produção da própria autora, 2016.

Em 2015/16 as plantas semeadas na época tardia apresentaram um incremento médio na altura de plantas de 39 cm (Tabela 3). Neste ano agrícola, o aumento da densidade populacional promoveu um incremento quadrático de altura de plantas, sendo o maior valor observado de 109 cm na população de 9,7 plantas m⁻² (Figura 5a). De acordo com Sangoi et al. (2002), a maior altura de plantas com o aumento na densidade de semeadura, como verificado nesse estudo, se deve a maior competição intraespecífica dos indivíduos pela luz, o que leva a um maior desenvolvimento e alongação do colmo, com variações de resposta em função do ambiente e genótipo.

Figura 5 – Altura da planta de milho após a primeira (a) e a segunda (b) aplicação do regulador de crescimento etil trinexapac, em função da densidade de plantas (a) e da interação entre época de semeadura e densidade de plantas (b). Lages, 2015/16.^{1/}



^{1/}As barras representam o erro do desvio padrão das médias.
Fonte: Produção da própria autora, 2016.

A altura de plantas avaliada 14 dias após a segunda aplicação do regulador de crescimento, feita quando a cultura se encontrava em estágio V10, foi alterada pela época de semeadura e pela aplicação do regulador de crescimento em 2014/15 (Apêndice 1). A aplicação de etil trinexapac reduziu aproximadamente 8,0 cm à altura de planta, representando um decréscimo de 3,5% (Tabela 4). Na época de semeadura tardia houve um incremento médio de 30 cm para esta variável (Tabela 3). Durli (2016), em trabalho conduzido sob condições experimentais semelhantes, também verificou redução média de 4% na altura de plantas, após a segunda aplicação do regulador de crescimento feita no estágio V10, em dois híbridos de milho com ciclos contrastantes (precoce e hiper precoce).

Em 2015/16, a altura de plantas após a segunda aplicação do regulador de crescimento foi influenciada pelas interações entre os fatores épocas de semeadura e densidades populacionais e épocas de semeadura e regulador de crescimento (Apêndice 1). A altura de plantas apresentou resposta quadrática ao incremento de densidade populacional e os maiores valores foram observados na época de semeadura tardia, independente da população estudada (Figura 5b). O uso do etil trinexapac somente reduziu significativamente a altura de plantas na semeadura tardia, época em que as plantas neste estágio foram mais altas do que quando semeadas em outubro, tanto na presença quanto na ausência do regulador de crescimento (Tabela 5).

Tabela 5 – Altura da planta de milho após a segunda aplicação de etil trinexapac, em função da época de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2015/16.

Tratamentos		Regulador de Crescimento		CV(%)
		Com	Sem	
		Altura de Planta (cm) – V10 ^{1/}		
Época de Semeadura	Recomendada	202,9 bA	207,1 bA	2,89
	Tardia	237,6 aB	255,9 aA	

Médias seguidas por letra distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. ^{1/}Estádio de desenvolvimento da cultura do milho segundo escala proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1993). Fonte: Produção da própria autora, 2016.

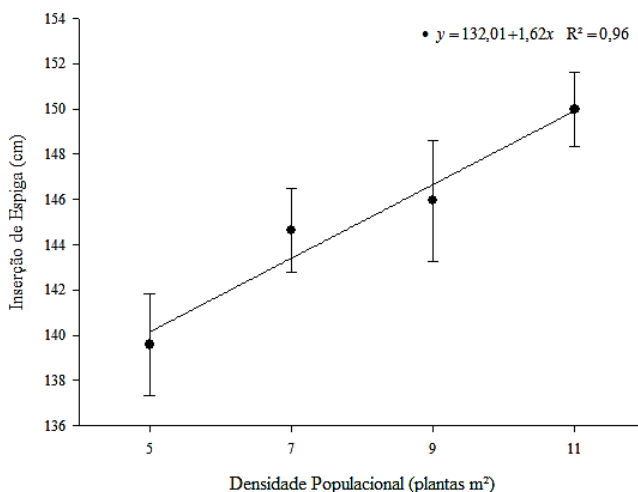
Fagherazzi (2015) constatou que as plantas de milho são mais sensíveis a aplicações tardias do regulador de crescimento, em experimento com diferentes épocas e doses de etil trinexapac. Esta informação corrobora com o presente estudo, em que o efeito do produto foi mais pronunciado na segunda aplicação feita no estágio V10. Do mesmo modo, Zagonel e Fernandes (2007) verificaram que as aplicações mais tardias do regulador de crescimento reduziram mais a altura de plantas na cultura do trigo, inferindo que o etil trinexapac atua nos entrenós que se formam mais tarde, os mais longos.

1.4.3 Altura final de planta e altura de inserção de espiga

Em 2014/15 a altura de inserção de espiga foi influenciada pelas densidades populacionais (Apêndice 1). O aumento da população de plantas promoveu incremento linear da altura de inserção de espigas, havendo uma diferença superior a 10 cm para esta variável entre a menor (5 plantas m⁻²) e a maior (11 plantas m⁻²) densidade populacional (Figura 6). O grande número de plantas por área aumenta a competição destas por luz o que proporciona maior

crescimento do colmo, fazendo com que a espiga fique posicionada mais longe da superfície do solo (SANGOI et al. 2002).

Figura 6 – Altura de inserção de espiga da planta de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, 2014/15.^{1/}



^{1/}As barras representam o erro do desvio padrão das médias.

Fonte: Produção da própria autora, 2016.

No segundo ano agrícola, a altura de inserção de espiga foi afetada pela interação entre os fatores épocas de semeadura e regulador de crescimento. A presença de etil trinexapac diminuiu a altura de inserção de espiga na época de semeadura tardia (Tabela 6). Pricinotto et al. (2015) constataram que a altura de inserção de espiga diminuiu de forma linear com o acréscimo das doses de regulador de crescimento, sendo que a maior dose do produto resultou no menor valor para esta variável.

Fagherazzi (2015) também observou em experimento a campo que houve redução na altura de inserção de espiga por meio de aplicações sequenciais de etil trinexapac para ambos os genótipos de milho avaliados, sendo que o menor valor apresentado para esta variável correspondeu ao tratamento com uma única aplicação de 800 g i.a. ha⁻¹ do produto no estádio V7. Entretanto, Zagonel e Ferreira (2013) verificaram que a altura de inserção de espiga não foi alterada pelo uso de etil trinexapac em dois híbridos de milho, independentemente da dose e época de aplicação do produto empregada.

Tabela 6 – Altura de inserção de espiga e altura final da planta de milho no estádio R3, em função da época de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2015/16.^{1/}

Tratamentos		Regulador de Crescimento		CV(%)
		Com	Sem	
<u>Inserção de Espiga (cm)</u>				
Época de Semeadura	Recomendada	159 aA	151 aB	4,29
	Tardia	147 bB	154 aA	
<u>Altura Final (cm)</u>				
Época de Semeadura	Recomendada	254 aA	251 aA	3,06
	Tardia	239 bB	260 aA	

Médias seguidas por letra distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. ^{1/}Estádio de desenvolvimento da cultura do milho segundo escala proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1993). Fonte: Produção da própria autora, 2016.

A altura final de plantas foi alterada pelos efeitos principais do uso do regulador de crescimento e pela época de semeadura no primeiro ano agrícola (Apêndice 1). O etil trinexapac reduziu 6,0 cm a altura da planta, independente da época de semeadura e densidade populacional, representando um decréscimo de 2,2% (Tabela 4). As plantas semeadas em dezembro apresentaram um incremento médio de 45 cm na

altura final, em comparação com as semeadas em outubro (Tabela 3).

No segundo ano agrícola, a altura final de plantas foi afetada pela interação dos fatores épocas de semeadura e regulador de crescimento (Apêndice 1). A presença de etil trinexapac diminuiu a altura final de plantas na semeadura tardia e não afetou esta variável quando o milho foi semeado na época recomendada (Tabela 6). Esse resultado corroborou com uma das hipóteses do presente trabalho, mostrando que a utilização do regulador de crescimento restringe o crescimento vegetativo e que esse efeito é mais pronunciado nas semeaduras realizadas no final da primavera.

A altura de plantas é a principal característica que um regulador de crescimento deve alterar numa cultura (ZAGONEL; FERREIRA, 2013). A redução na altura de plantas de milho com a utilização de reguladores de crescimento vem sendo confirmada em alguns trabalhos.

Pricinotto et al. (2015) observaram que a aplicação de etil trinexapac diminuiu a altura de planta de forma linear à medida que houve o acréscimo da dose do produto, sendo a maior dose ($375 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) responsável pela menor altura. Zangh et al. (2014) verificaram que o uso de regulador de crescimento EDAH (27% de etephon e 3% de DA-6) reduziu a altura de plantas independentemente das densidades populacionais ($4,5, 6, 7,5$ e 9 plantas m^{-2}) e dos dois genótipos utilizados.

Fagherazzi (2015) verificou em experimento a campo que houve diminuição na altura de planta em função de diferentes doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento, em dois genótipos de milho. O híbrido P30F53HR apresentou redução de altura de planta de 51 cm em relação à testemunha no tratamento que contemplou única aplicação de $800 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ no estágio V7. Para o híbrido 30R50H, o autor destacou a diferença significativa da redução de altura de planta entre dois tratamentos que contemplaram a mesma dose

de etil trinexapac (400g i.a. ha⁻¹), porém em estádios fenológicos distintos (V5 e V7), reforçando a premissa de que o período de desenvolvimento da cultura tem grande influência nos resultados gerados pelo uso de regulador de crescimento.

Redução na altura de plantas com o uso do etil trinexapac também foram observadas em outras poáceas como trigo (CHAVARRIA et al., 2015; ESPÍNDULA et al., 2010; GRIJALVA-CONTRERAS et al., 2012; PENCKOWSKI; ZAGONEL; FERNANDES, 2010;) e arroz (ARF et al., 2012, ALVAREZ; CRUSCIOL; NASCENTE, 2014).

A redução na altura da planta ocorre pela inibição da divisão celular e do alongamento. O etil trinexapac inibe a enzima 3 β -hidroxilase no final da biossíntese de ácido giberélico, reduzindo o nível de ácido giberélico ativo (GA1) e aumentando o seu precursor (GA20), que apresenta baixa atividade (DAVIES, 2010). Desta forma, existe um crescimento mais lento, pela ação de giberelinas menos eficientes no processo de alongação celular (ARF et al., 2012). Assim, como o etil trinexapac age inibindo a síntese de giberelinas, as plantas ao serem submetidas ao regulador nos estádios V5 e V10 tem significativa redução na divisão e alongação celular em períodos considerados como de grande incremento da alongação do colmo, reduzindo assim a sua altura (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

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), além de melhorar a capacidade de interceptação da radiação solar pela planta (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

Pricinotto (2014) pressupõe que por restringir a altura de plantas, o uso do regulador de crescimento pode reduzir a produção individual dos genótipos de milho. Contudo, essa redução pode ser compensada pelo emprego de maiores

populações de plantas, resultando em maior produção de grãos por área.

Durli (2016), em estudo conduzido com o regulador de crescimento e doses de nitrogênio, constatou que a aplicação de etil trinexapac diminuiu a altura de plantas de milho por causar menor alongamento dos entrenós situados entre a base da espiga e o ápice da planta. Essa constatação partiu da observação que houve diferença da aplicação do produto na altura final de plantas, mas não na altura de inserção de espiga.

Partindo dessa premissa, calculou-se no presente trabalho a distância entre o entrenó de inserção da espiga e a extremidade do pendão para verificar o efeito do regulador de crescimento na elongação dos entrenós situados acima da espiga.

Em 2014/15, a distância entre o nó de inserção da espiga e a extremidade do pendão foi influenciada pelos efeitos principais de época de semeadura, densidade de plantas e regulador de crescimento (Apêndice 3). A aplicação do regulador de crescimento reduziu 8 cm o comprimento dos entrenós superiores do colmo, representando um decréscimo de 6,2%. A semeadura do milho em dezembro propiciou um incremento de 7 cm no comprimento desta variável (Tabela 7).

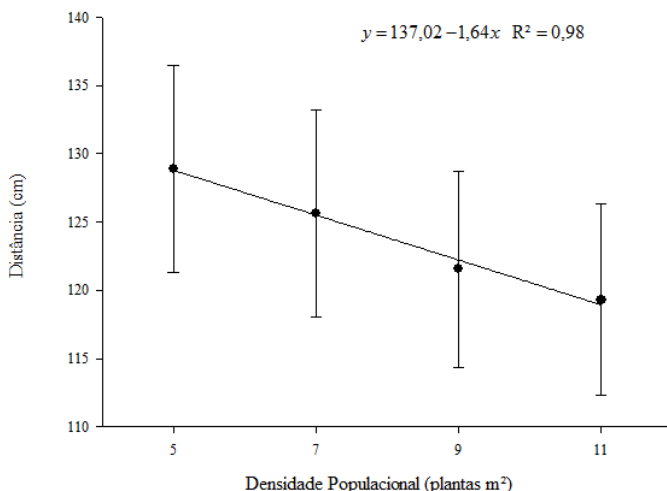
Tabela 7 – Distância entre o nó de inserção da espiga e a extremidade do pendão da planta de milho, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de duas épocas de semeadura e quatro densidades de plantas, e em função de duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento. Lages, SC, 2014/15.

Tratamentos		Distância (cm)
Época de Semeadura	Recomendada	100 b
	Tardia	147 a
	CV(%)	2,84
Regulador de Crescimento	Com	120 b
	Sem	128 a
	CV(%)	6,76

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Fonte: Produção da própria autora, 2016.

Neste mesmo ano agrícola o aumento da densidade de plantas promoveu redução linear no comprimento dos entrenós superiores ao ponto de inserção da espiga (Figura 7).

Figura 7 – Distância entre o nó de inserção da espiga e a extremidade do pendão da planta de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem o regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, 2014/15.^{1/}



^{1/}As barras representam o erro do desvio padrão das médias.

Fonte: Produção da própria autora, 2016.

No segundo ano agrícola houve interação dos fatores época de semeadura e regulador de crescimento (Apêndice 3). O comprimento dos entrenós superiores à espiga foi reduzido na presença do regulador de crescimento, tanto na semeadura recomendada quanto na tardia (Tabela 8).

Tabela 8 – Distância entre o nó de inserção da espiga e a extremidade do pendão da planta de milho em função da época de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2015/16.

Tratamentos		Regulador de Crescimento		CV (%)
		Com	Sem	
		Distância (cm)		
Época de Semeadura	Recomendada	95 aB	100 aA	5,55
	Tardia	91 aB	105 aA	

Médias seguidas por letra distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Fonte: Produção da própria autora, 2016.

Esses resultados corroboram com os obtidos por Durli (2016) e Fagherazzi (2015), que também observaram redução dos entrenós localizados acima do ponto de inserção da espiga com a aplicação de etil trinexapac. Portanto, em milho a maior atuação deste regulador de crescimento ocorre nos entrenós superiores do colmo, enquanto que nos cereais de estação fria o efeito restritivo é mais concentrado nos entrenós da base. Segundo Zagonel e Ferreira (2013) na cultura do trigo o crescimento dos entrenós ocorre da base para o ápice do colmo no tecido meristemático situado logo acima dos nós, onde há intensa atividade metabólica, principalmente das giberelinas. O crescimento dos entrenós do terço médio superior da planta de milho não ocorre desta forma, sendo a provável causa da resposta diferencial entre as culturas.

1.4.4 Produção total de folhas, número de folhas verdes e senescentes

O número total de folhas produzidas pela planta foi influenciado pela época de semeadura nos dois anos de estudo (Apêndice 2). Tanto em 2014/15 quanto em 2015/16, o milho produziu mais folhas na semeadura de outubro do que na de dezembro (Tabela 9). Os valores registrados em cada época de

semeadura foram similares nos dois anos agrícolas. A influência da época de semeadura na emissão de folhas pela planta de milho também foi constatada por Forsthofer et al. (2006) e Nascimento et al. (2011). Na semeadura de outubro as temperaturas do solo e do ar são menores do que na de dezembro. Isto retarda a diferenciação do primórdio floral e prolonga a duração do período vegetativo, no qual as folhas do milho são diferenciadas, contribuindo para o maior número de folhas produzidas na época recomendada.

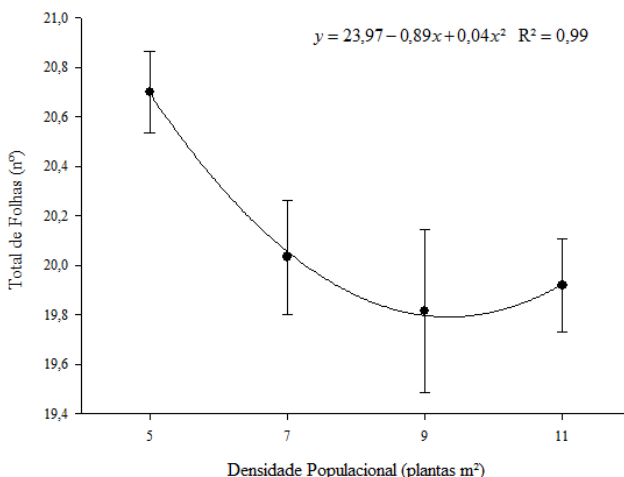
Tabela 9 – Produção de folhas da planta de milho, em duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.

Tratamentos		Produção de Folhas (nº)		
		Total ^{1/}	Verde	Senescida
<u>Ano Agrícola 2014/15</u>				
Época de Semeadura	Recomendada	20,7 a	14,3 a	6,3 a
	Tardia	19,7 b	13,6 b	6,1 b
	CV(%)	2,83	1,80	5,73
<u>Ano Agrícola 2015/16</u>				
Época de Semeadura	Recomendada	20,9 a	14,2 a	6,7 a
	Tardia	19,8 b	14,6 a	5,2 b
	CV(%)	5,21	3,24	12,9

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. ^{1/}Avaliação realizada no estágio R1 de desenvolvimento da cultura do milho segundo escala proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1993). Fonte: Produção da própria autora, 2016.

No primeiro ano agrícola houve efeito significativo da densidade populacional sobre o número total de folhas produzidas pela planta que reduziu de forma quadrática com o incremento da população (Figura 8).

Figura 8 – Produção total de folhas da planta de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC, 2014/15.^{1/}

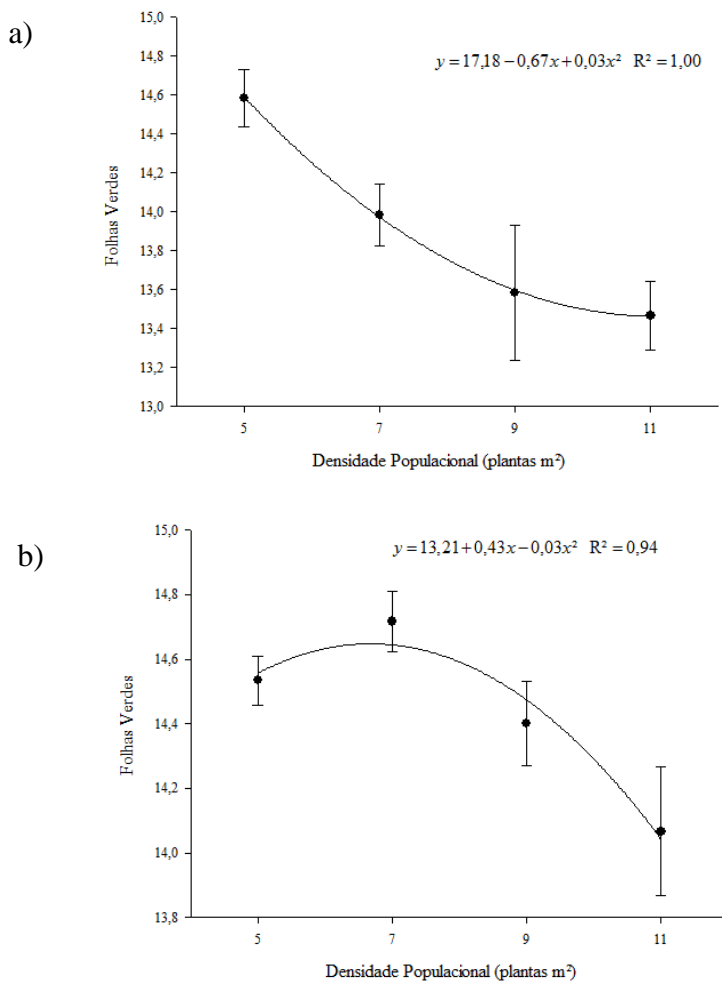


^{1/} As barras representam o erro do desvio padrão das médias.

Fonte: Produção da própria autora, 2016.

O número de folhas verdes no espigamento foi influenciado pelos efeitos principais de época de semeadura e densidade populacional no primeiro ano agrícola (Apêndice 2). A época de semeadura recomendada proporcionou a presença de maior número de folhas verdes no espigamento (Tabela 9). O aumento da densidade populacional promoveu redução quadrática do número de folhas verdes por planta, sendo os menores valores observados nas maiores populações (Figura 9a). A maior proximidade entre as plantas na linha decorrente do adensamento acelera a competição intraespecífica por água, luz e nutrientes (SANGOI; SCHMITT; ZANIN, 2007), incrementando a velocidade de senescência e reduzindo a quantidade de folhas verdes externadas pela planta na floração.

Figura 9 – Número de folhas verdes da planta de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, durante os anos agrícolas 2014/15 (a) e 2015/16 (b). Lages, SC. ^{1/}



^{1/}As barras representam o erro do desvio padrão das médias.

Fonte: Produção da própria autora, 2016.

Em 2015/16 o número de folhas verdes apresentou alterações significativas em função da interação dos fatores época de semeadura e regulador de crescimento (Apêndice 2). Houve maior número de folhas verdes na semeadura tardia do que na época recomendada quando se aplicou o regulador de crescimento (Tabela 10). Por outro lado, na ausência do regulador esta variável não sofreu alteração significativa em função da época de semeadura. Durli (2016) não verificou a influência do regulador de crescimento no número de folhas verdes em dois híbridos de milho.

A densidade populacional influenciou novamente o número de folhas verdes que apresentou resposta quadrática ao incremento da população de plantas (Figura 9b). Assim como no primeiro ano, o menor número de folhas verdes foi registrado na densidade de 11 pl m⁻².

Tabela 10 – Número de folhas verdes da planta de milho em função da época de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2015/16.

Tratamentos		Regulador de Crescimento		CV (%)
		Com	Sem	
		<u>Folhas Verdes (nº)</u>		
Época de Semeadura	Recomendada	14,1 bA	14,4 aA	2,67
	Tardia	14,7 aA	14,4 aA	

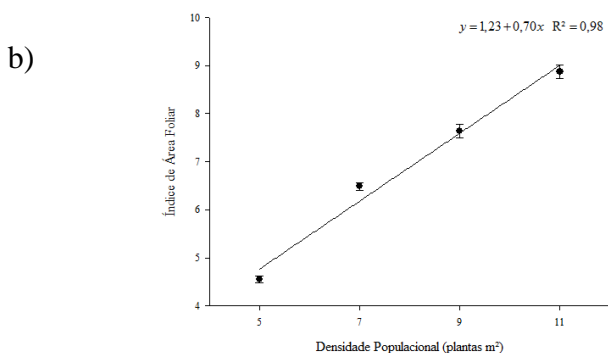
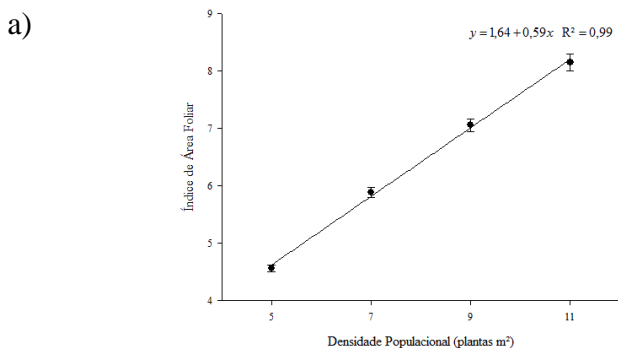
Médias seguidas por letra distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Fonte: Produção da própria autora, 2016.

O número de folhas senescidas foi influenciado pelo efeito principal de época de semeadura nos dois anos agrícolas de estudo (Apêndice 2). Os maiores valores médios para esta variável foram observados quando o milho foi semeado em outubro (Tabela 9).

1.4.5 Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) foi influenciado pelo efeito principal da densidade de semeadura nos dois anos de estudo (Apêndice 3). Observou-se incremento linear do IAF em função do aumento da população de plantas (Figura 10 a e b). Para cada adição de 1 pl m^{-2} houve incrementos de 0,6 e 0,7 no IAF da cultura em 2014/15 e 2015/16, respectivamente.

Figura 10 – Índice de área foliar da planta de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, durante os anos agrícolas de 2014/15 (a) e 2015/16 (b). Lages, SC.^{1/}



^{1/}As barras representam o erro do desvio padrão das médias.

Como o IAF é calculado em função da relação entre a área foliar da planta e área de solo por ela ocupado, é usual que com aumento do número de indivíduos por hectare haja também um incremento do IAF da cultura. À medida que se eleva a densidade de plantas, a área foliar por planta diminui (SANGOI et al., 2005). Contudo, devido ao maior número de plantas por área, o índice de área foliar aumenta (DINIZ, 1996). O incremento no IAF com uso de maiores densidades de plantas também foi constatado por Sangoi et. al (2011) e Pricinotto (2014).

Uma das formas de maximizar a interceptação da radiação solar e a produtividade de grãos é através do incremento do IAF (BRACHTVOGEL, 2008). Segundo Lauer, Roth e Bertram (2004), o milho deve alcançar valores de IAF entre 4 e 5 no florescimento para otimizar seu desempenho agrônomo. No presente trabalho, o IAF foi superior a 4 em todos os tratamentos testados, mesmo na densidade sub-ótima de 5 pl m⁻². Por outro lado, nas densidades mais altas de 9 e 11 pl m⁻² os valores de IAF variaram de 7 a 8. Valores de IAF próximos a 8 também foram encontrados por Strieder et al. (2008) em sistemas de manejo caracterizados pela presença de altas densidades de plantas.

Alvim et al. (2010) propuseram que o valor do IAF ótimo para a cultura do milho depende da fertilidade do solo, das condições climáticas, do espaçamento e, principalmente, do genótipo. Nascimento et al. (2011) verificaram que o índice de área foliar foi muito influenciado pelo genótipo em trabalho que avaliou a interferência da época de semeadura em três híbridos de milho com estádios fenológicos distintos. Assim, pode-se inferir a associação de condições de manejo, juntamente com o genótipo utilizado, contribuíram para se atingir valores de IAF elevados em todos os tratamentos testados no trabalho.

1.4.6 Teor relativo de clorofila na folha índice

O teor relativo de clorofila na folha índice foi influenciado pelo efeito principal da época de semeadura nos dois anos agrícolas de estudo (Apêndice 3). Ele foi maior na época de semeadura recomendada do que na semeadura tardia (Tabela 11). O maior índice SPAD detectado na semeadura de outubro pode ser explicado pelas melhores condições climáticas que esse período proporciona ao cultivo.

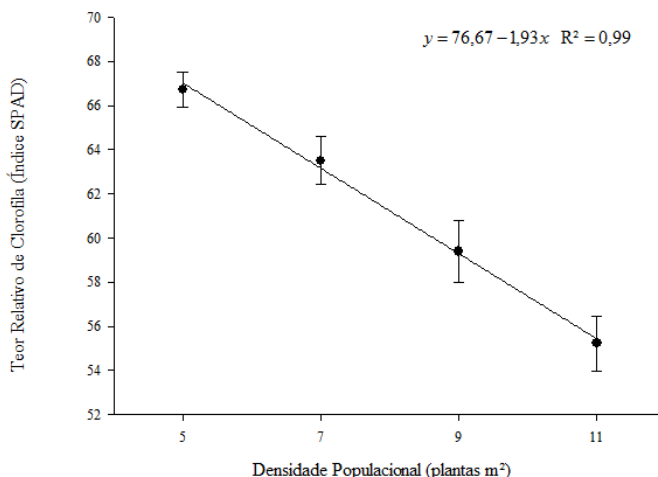
Tabela 11 – Teor relativo de clorofila na folha índice da planta de milho durante o espigamento em duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, nos anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.

Tratamentos		Teor Relativo de Clorofila (Índice SPAD)
<u>Ano Agrícola 2014/15</u>		
Época de Semeadura	Recomendada	68 a
	Tardia	62 b
	CV(%)	6,52
<u>Ano Agrícola 2015/16</u>		
Época de Semeadura	Recomendada	64 a
	Tardia	58 b
	CV(%)	6,70

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Fonte: Produção da própria autora, 2016.

Em 2015/16 o teor relativo de clorofila apresentou redução linear conforme o incremento da densidade de plantas (Figura 11). Comportamento semelhante desta variável com o aumento da densidade de plantas também foi constatado por Amaral Filho et al. (2005) e Schmitt (2014).

Figura 11 – Teor relativo de clorofila na folha índice da planta de milho durante o espigamento em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC, 2015/16.^{1/}



^{1/}As barras representam o erro do desvio padrão das médias.

Fonte: Produção da própria autora, 2016.

Segundo Piekielek et al. (1995), o teor de clorofila na folha pode ser utilizado para prever o nível nutricional de nitrogênio nas plantas, pois a quantidade desse pigmento correlaciona-se positivamente com o teor de N. Assim, em maiores populações, devido a maior competição intraespecífica, o teor de clorofila se reduz, conforme verificado no presente trabalho. Segundo Argenta et al. (2003), as leituras no clorofilômetro acima de 58,0 no espigamento indicam nível adequado de N, independente do híbrido utilizado. Valores abaixo desse índice foram verificados na maior população de plantas (11 plantas m⁻²). Isto é um indicativo da maior competição intraespecífica por nutrientes e,

consequentemente, do comprometimento da taxa fotossintética com o adensamento.

1.4.7 Percentagem de plantas acamadas e quebradas

A percentagem de plantas acamadas e quebradas não foi influenciada significativamente pela época de semeadura, densidade populacional e aplicação do regulador de crescimento, nos dois anos agrícolas de estudo (Apêndice 4). Mesmo nas semeaduras tardias e quando se trabalhou com densidades elevadas (9 e 11 pl m⁻²), a percentagem de plantas acamadas e quebradas foi baixa, com valores que variaram de 1,1 a 7,7% e 1,1 a 2,4%, em 2014/15 e 2015/16, respectivamente (dados não mostrados). Este comportamento contrariou uma das hipóteses deste trabalho. Esperava-se que o uso do regulador de crescimento diminuísse o acamamento/quebra de colmos, efeitos morfofisiológicos estimulados com a utilização de densidades elevadas e acentuados em semeaduras realizadas no final da primavera.

A baixa percentagem de plantas acamadas e quebradas possivelmente se deve ao genótipo utilizado no experimento. Neste sentido, o híbrido P30F53 foi classificado como altamente resistente ao acamamento de plantas na indicação de cultivares para a safra 2015/16 (CULTIVAR, 2015). A arquitetura de planta dos híbridos modernos de milho contribuiu para sua maior tolerância a densidades elevadas e redução da suscetibilidade ao acamamento e quebra de colmos (SANGOI et al., 2002). Segundo Bernadeli (2005), a estrutura do colmo do milho pode ser afetada por diversos fatores, dentre eles o desbalanço nutricional. A adubação equilibrada utilizada no experimento também pode ter contribuído para a produção de colmos mais resistentes e influenciado na baixa percentagem de plantas acamadas e quebradas.

1.4.8 Diâmetro de colmo

Em 2014/15 houve efeitos significativos da aplicação do regulador de crescimento e da densidade de plantas sobre o diâmetro de colmo (Apêndice 4). A aplicação de etil trinexapac incrementou 0,50 mm (2,2%) o diâmetro do colmo das plantas, independente da época de semeadura e da densidade populacional (Tabela 12).

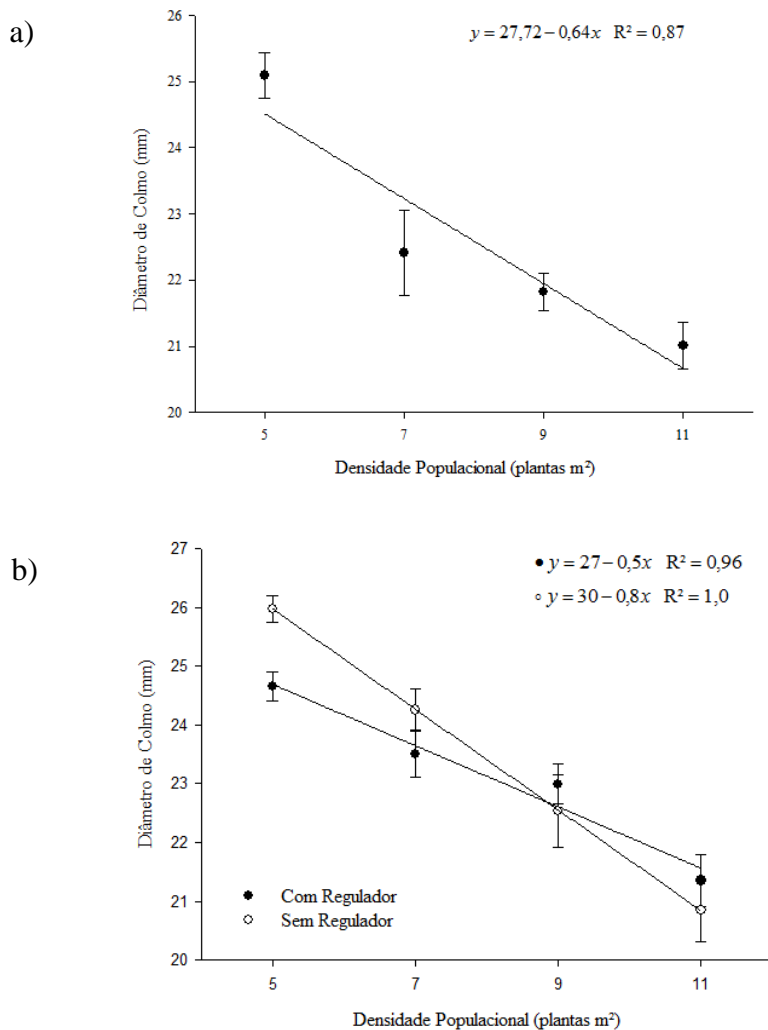
Tabela 12 – Diâmetro de colmo da planta de milho, com e sem regulador de crescimento, na média de duas épocas de semeadura e quatro densidades de plantas em 2014/15, e em função de duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem etil trinexapac em 2015/16. Lages, SC.

Tratamentos		Diâmetro de Colmo (mm)
		<u>Ano agrícola 2014/15</u>
Regulador de Crescimento	Com	22,83 a
	Sem	22,33 b
	CV(%)	3,13
		<u>Ano agrícola 2015/16</u>
Época de Semeadura	Recomendada	23,73 a
	Tardia	22,80 b
	CV(%)	3,39

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Fonte: Produção da própria autora, 2016.

No primeiro ano agrícola houve redução linear do diâmetro do colmo das plantas de milho com o aumento da densidade (Figura 12a).

Figura 12 – Diâmetro de colmo da planta de milho em função da densidade populacional (a) e da interação entre densidade de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac (b) durante os anos agrícolas 2014/15 (a) e 2015/16 (b). Lages, SC.^{1/}



^{1/}As barras representam o erro do desvio padrão das médias.

Fonte: Produção do próprio autor, 2016.

A elevação da população de plantas gera maior competição por luz e a intensa elongação do colmo, direcionando os fotoassimilados para o crescimento vertical em detrimento ao desenvolvimento em espessura. A redução do diâmetro de colmo pode ter consequências indesejáveis, como maior ocorrência do acamamento e quebramento do colmo (SANGOI et al., 2002).

O colmo não atua somente como estrutura de suporte para folhas e inflorescências, mas também como estrutura de armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados na formação dos grãos. Assim, o diâmetro do colmo se faz importante na obtenção de elevadas produtividades, principalmente em condições de restrição dos fatores de produção na fase de maturação, pois quanto menor o diâmetro menor será sua capacidade de armazenar fotoassimilados que serão translocados para os grãos (DOURADO NETO; FANCELLI; LOPES, 2001).

No segundo ano agrícola, o diâmetro do colmo foi influenciado pela época de semeadura e pela interação entre densidade e aplicação do regulador de crescimento (Apêndice 4). As plantas semeadas na época recomendada apresentaram um incremento médio de 0,93 mm de diâmetro de colmo, em relação às do período tardio (Tabela 12). Segundo Rodrigues et al. (2003) o nível de espessamento dos tecidos da base da planta é inversamente proporcional à altura da mesma, o que pode ser observado pelo menor diâmetro de colmo ter sido verificado nas plantas pertencentes a época de semeadura tardia, que apresentaram as maiores alturas de planta (Tabela 3).

O aumento da população de plantas proporcionou decréscimo linear do diâmetro de colmo. Contudo, as taxas de redução do diâmetro de colmo em função do adensamento foram menores quando se aplicou o regulador de crescimento (Figura 12b). Esta característica é desejável num ambiente favorável ao acamamento/quebramento de plantas, o qual é

estimulado pelo estiolamento verificado com o incremento da densidade.

Pricinotto et al. (2015) também constataram que o diâmetro de colmo foi influenciado pelas diferentes doses de etil trinexapac, sendo o aumento da espessura do mesmo proporcional ao incremento da dose do produto. Estudos desenvolvidos em casa de vegetação por Fagherazzi (2015) demonstraram que diferentes doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento alteraram o diâmetro do colmo de dois híbridos, sendo estes valores significativos para tratamentos com doses superiores a 300 g i.a. do produto. O tratamento que combinou doses sequenciais de etil trinexapac (V2 à V7) e o acúmulo de 600 g i.a. do produto incrementou em aproximadamente 6 mm o diâmetro do colmo da variedade de polinização aberta SCS 154 Fortuna.

Zagonel e Ferreira (2013) verificaram que o diâmetro de colmo não foi afetado pela aplicação de etil trinexapac no híbrido Maximus TLTG. Entretanto, para o híbrido Status TL foi observada resposta quadrática em relação à dosagem (0,00, 0,75, 1,50 e 2,25 L ha⁻¹) com tendência de incremento no diâmetro do colmo com as maiores doses. Durli (2016) verificou comportamentos distintos de dois híbridos de milho na presença de etil trinexapac. O híbrido P1630 diminuiu o diâmetro de colmo com a aplicação do regulador de crescimento, enquanto que o híbrido P30F53 não teve esta variável significativamente alterada com a utilização do produto.

Para Lozano e Leaden (2002), a aplicação do etil trinexapac interfere no diâmetro interno do colmo pelo espessamento do tecido esclerenquimático e causa maior resistência ao acamamento. Contudo, esse espessamento interno pode ou não interferir no seu diâmetro externo. Zagonel e Ferreira (2013) complementam que embora o diâmetro do colmo seja importante quando se trata da resistência ao acamamento, em trigo nem sempre há resposta desta variável à

aplicação do regulador de crescimento, mesmo em cultivares altamente responsivas. Este comportamento pode ser extrapolado para a cultura do milho e explicar a divergência dos resultados obtidos nos estudos até então realizados.

1.4.9 Rendimento de grãos e componentes

Tanto em 2014/15 quanto em 2015/16 houve efeito significativo da época de semeadura e da densidade de plantas sobre o rendimento de grãos. Estes efeitos se manifestaram isoladamente no primeiro ano agrícola e em interação no segundo (Apêndice 5).

Em 2014/15 a semeadura do milho na época recomendada promoveu o incremento de 3.595 kg no rendimento de grãos, representando um acréscimo de 32% de produtividade em relação à semeadura feita em dezembro, na média das quatro densidades e da presença ou ausência do regulador de crescimento (Tabela 13). O maior rendimento de grãos na semeadura recomendada era esperado uma vez que o potencial produtivo do milho é mais alto quando a cultura é semeada no início do que no final da primavera na região sul do país. Isto se deve a coincidência do período de maior área foliar da cultura (florescimento) com a época do ano de temperaturas elevadas e de maior disponibilidade de radiação solar (SANGOI et al., 2010). Já as semeaduras tardias apresentam menor potencial de rendimento, pois o florescimento vai ocorrer quando a radiação solar e a temperatura do ar são mais baixas, prejudicando o enchimento de grãos (MUNDSTOCK; SILVA, 2005). Alterações no rendimento de grãos em função de diferentes épocas de semeadura também foram constatadas por Forsthofer et al. (2006), Nascimento et al. (2011) e Ugur; Maden (2015).

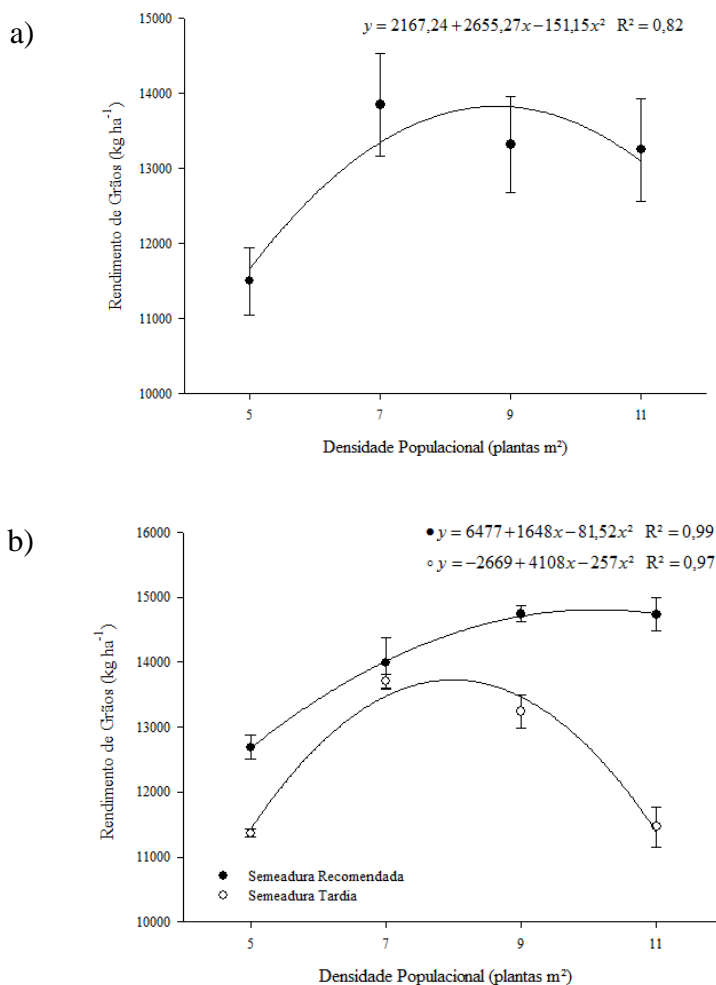
Tabela 13 – Rendimento de grãos, massa de 1.000 grãos, número de grãos por espiga e de espigas por planta de milho, em duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC, 2014/15.

Tratamentos		Rendimento de Grãos (kg ha ⁻¹)	Massa de 1.000 Grãos (g)	Grãos por Espiga (n°)	Espigas por Planta (n°)
Época de semeadura	Recomendada	14.777 a	390 a	242 b	1,05
	Tardia	11.182 b	380 b	284 a	0,89
	CV (%)	7,62	1,89	5,95	5,14

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Fonte: Produção da própria autora, 2016.

O aumento da densidade populacional promoveu incremento quadrático no rendimento de grãos, sendo o ponto de máxima produtividade de 13.828 kg ha⁻¹ observado na população de 8,8 plantas m⁻² (Figura 13a). No entanto, em valores absolutos, não houve aumento no rendimento de grãos com a utilização de densidades maiores do que 7 pl m⁻².

Figura 13 – Rendimento de grãos de milho em função da densidade de plantas em 2014/15 (a) e da interação entre época de semeadura e densidade de plantas em 2015/16 (b), na média de com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC.^{1/}



^{1/} As barras representam o erro do desvio padrão das médias.
 Fonte: Produção da própria autora, 2016.

A tendência de resposta do rendimento de grãos ao incremento na população de plantas foi similar a observada por Flesch; Vieira (2004), Brachtvogel et al. (2009) e Kappes et al. (2011), que também verificaram um comportamento quadrático do rendimento de grãos com o aumento da densidade de plantas.

O rendimento de grãos do milho aumenta com o incremento na densidade populacional até atingir um nível ótimo, que é determinado pelo genótipo e pelas condições ambientais e diminui com posteriores acréscimos na densidade (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001). Após atingir-se o ponto de máxima produção, a perda de rendimento individual é superior ao ganho com o aumento de plantas por área, proporcionando redução na produtividade de grãos por hectare (DOURADO NETO; FANCELLI; LOPES, 2001).

O elevado índice de área foliar também pode ter influenciado na redução do rendimento de grãos ao incremento da densidade acima de 9 pl m⁻². Os valores de IAF foram superiores aos índices de 4 a 5 determinados por Lauer, Roth e Bertram (2004) em todos os tratamentos (Figura 10). Assim, o incremento acentuado no IAF pode ter promovido maior autossombreamento das plantas, o que veio a reduzir a interceptação da radiação solar pelas folhas do terço médio/inferior, reduzindo a taxa fotossintética do dossel (PRICINOTTO, 2014). Além disto, o estresse ocasionado pelo adensamento pode ter alterado as taxas de transporte de fito-hormônios e carboidratos dentro da planta, tornando as espigas iniciadas tardiamente menos capazes de se tornarem funcionais e produzirem grãos, devido à sua menor capacidade competitiva por fotoassimilados com as demais estruturas da planta (SANGOI et al., 2013).

Em 2015/16 também houve resposta quadrática do rendimento de grãos ao incremento da densidade de plantas (Figura 13b). Assim como no primeiro ano, os maiores valores

de produtividade foram obtidos na semeadura feita durante o período recomendado em todas as populações estudadas.

Houve maior resposta do rendimento de grãos ao incremento na densidade de plantas quando o milho foi semeado em outubro do que na semeadura de dezembro. Neste sentido, os pontos de máximo rendimento foram obtidos nas densidades de 10,1 e 7,9 pl m⁻², nas semeaduras feitas na época recomendada e tardia, nas quais foram registradas as produtividades de 14.805 e 13.747 kg ha⁻¹, respectivamente. As maiores diferenças de produtividade entre as épocas de semeadura foram observadas na densidade de 11 pl m⁻².

Numericamente, independentemente da época de semeadura, as maiores diferenças no rendimento de grãos foram registradas entre as populações de 5 e 7 plantas m⁻². Assim, a resposta do rendimento de grãos a elevação da densidade acima de 7 pl m⁻² foi pequena, tanto na presença quanto na ausência do regulador de crescimento. Essa resposta provavelmente está associada a características morfofisiológicas inerentes do genótipo utilizado no experimento. O P30F53 é um híbrido de ciclo precoce e arquitetura foliar caracterizada pela presença de folhas decumbentes. Além disto, quando conduzido em baixas densidades, ele possui a capacidade de produzir perfilhos produtivos. Estas características diminuem os efeitos da densidade de plantas sobre o rendimento de grãos, conforme reportado por Sangoi et al. (2011). O rendimento de grãos dos híbridos super-precoces geralmente é mais beneficiado com a utilização de maior número de indivíduos por área, pois estes genótipos possuem folhas mais eretas em menor número (menor área foliar), reduzindo o nível de interferência de uma planta sobre a outra (TOLLENAAR; AGUILERA; NISSANKA, 1997).

Também é importante ressaltar que apesar do incremento na densidade aumentar a produtividade de grãos, ele não é uma prática de manejo que deve ser utilizada

isoladamente, mas sim conjugada a outras formas de manipulação do arranjo, como a redução do espaçamento entre linhas, para melhor distribuição das plantas na área. O aumento do rendimento de grãos com a utilização de espaçamentos entre linhas de 0,4 a 0,5 m é atribuído à maior eficiência na interceptação de radiação e ao decréscimo de competição por luz, água e nutrientes, entre as plantas na linha, devido a sua distribuição mais equidistante (JOHNSON; HOVERSTAD; GREENWALD, 1998). Os ganhos em rendimento de grãos com uso de espaçamentos reduzidos na cultura do milho são relatados na literatura, entretanto com diferentes respostas entre os híbridos (DOURADO NETO et al., 2003; PENARIOL et al., 2003; STRIEDER et al., 2008; KAPPES et al., 2011; SCHIMITT, 2014).

Segundo Sangoi et al. (2010), os híbridos de ciclo hiper e super-precoce, com folhas eretas e baixa estatura, são mais responsivos a distribuição espacial mais uniforme das plantas na área propiciada pela redução do espaçamento entre linhas quando se trabalha com estandes adensados, em relação aos de ciclo normal e com folhas decumbentes. Assim é possível inferir que dois fatores podem ter mitigado a resposta do rendimento de grãos ao incremento da densidade de plantas, independentemente da aplicação do regulador de crescimento: a plasticidade vegetativa do híbrido utilizado e a implantação do ensaio no espaçamento de 0,7 m.

A média de rendimento de grãos nos dois anos de estudo foi aproximadamente duas vezes maior que a média de produtividade brasileira (5.469 kg ha^{-1}), mesmo na menor densidade de semeadura no período recomendado de plantio e na maior população de plantas na semeadura tardia (Figura 13a e b). Entretanto é importante ressaltar que as produtividades registradas no ensaio não ultrapassaram $15.000 \text{ kg ha}^{-1}$ mesmo com um manejo de adubação almejando alcançar $21.000 \text{ kg ha}^{-1}$.

A resposta do rendimento de grãos do milho ao adensamento é diretamente proporcional aos tetos de produtividade alcançados. Neste sentido, Schmitt (2014), em ensaio conduzido no mesmo local experimental, obtiveram resposta linear do rendimento de grãos até a densidade de 11 pl m^{-2} , na qual o rendimento foi de $18.700 \text{ kg ha}^{-1}$. O monocultivo de milho, associado a presença de aveia preta como cobertura de inverno por quatro estações de crescimento consecutivas, podem ter limitado a produtividade da cultura e a sua resposta ao adensamento, tanto na presença quanto na ausência do regulador de crescimento.

A massa de 1.000 grãos foi afetada pelos efeitos principais de época de semeadura, densidade de plantas e uso do regulador de crescimento em 2014/15 (Apêndice 5). A aplicação de etil trinexapac reduziu em 11 g a massa de 1.000 grãos, na média das quatro densidades e duas épocas de semeadura (Tabela 14).

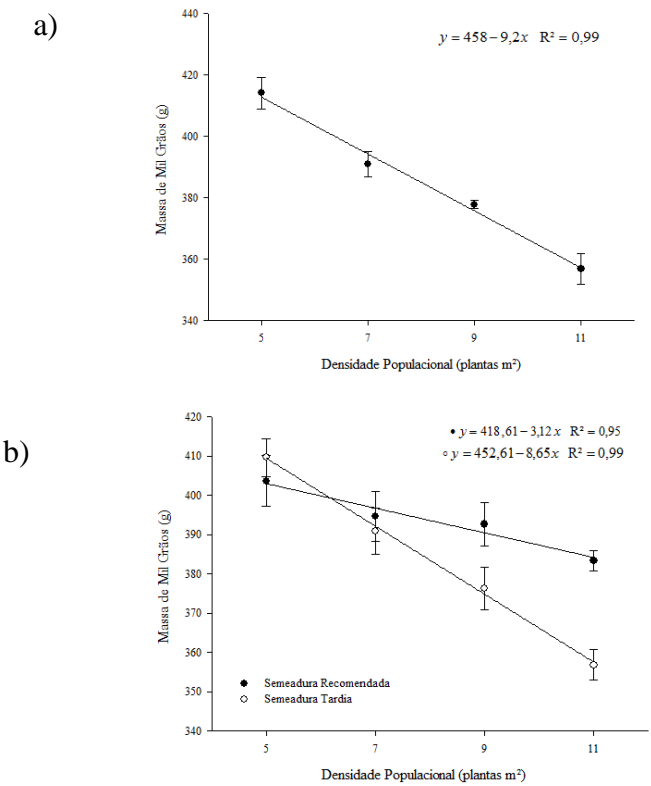
Tabela 14 – Massa de 1.000 grãos de milho, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de duas épocas de semeadura e quatro densidades de plantas, durante os anos agrícolas de 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.

Tratamentos		Massa de 1.000 Grãos (g)
		<u>Ano agrícola 2014/15</u>
Regulador de Crescimento	Com	379 b
	Sem	390 a
	CV(%)	3,27
		<u>Ano agrícola 2015/16</u>
Regulador de Crescimento	Com	380 b
	Sem	396 a
	CV(%)	1,90

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Fonte: Produção da própria autora, 2016.

A massa de 1.000 grãos na época de semeadura recomendada foi maior do que na semeadura tardia, contribuindo para maior produtividade do milho semeado em outubro (Tabela 13). No primeiro ano agrícola, a massa de 1.000 grãos diminuiu linearmente com o aumento da densidade de plantas (Figura 14a).

Figura 14 – Massa de 1.000 grãos de milho em função da densidade de plantas em 2014/15 (a) e da interação entre época de semeadura e densidade de plantas em 2015/16 (b), na média de com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC.^{1/}



^{1/}As barras representam o erro do desvio padrão das médias.
Fonte: Produção da própria autora, 2016.

No segundo ano agrícola, também se verificou efeito significativo da aplicação do regulador de crescimento na massa de 1.000 grãos (Apêndice 5). Assim como em 2014/15, houve redução na massa de 1.000 grãos dos tratamentos com etil trinexapac, independente das épocas de semeadura e densidades populacionais (Tabela 14).

Durli (2016) também constatou redução média de 3% na massa de 1.000 grãos de dois híbridos de milho nos tratamentos em que os mesmos foram submetidos ao regulador de crescimento. Pricinotto et al. (2015) observaram redução linear na massa de 1.000 grãos com o incremento das doses de etil trinexapac. Zagonel e Ferreira (2013) verificaram que a massa de 1.000 grãos respondeu de forma quadrática as doses de etil trinexapac para o híbrido Status TL. Já Fagherazzi (2015) verificou que a massa de 1.000 grãos não foi influenciada pela aplicação do regulador de crescimento nas diferentes doses do produto e nos estádios vegetativos de aplicação estudados para dois híbridos de milho.

O aumento de produtividade na cultura do trigo promovido pela aplicação de etil trinexapac se deve às mudanças morfológicas causadas pelo produto. Este regulador de crescimento, ao diminuir a altura da planta, deixa a cultura com uma arquitetura foliar mais adequada para aproveitar os recursos do meio, especialmente a radiação solar, e produzir mais. Na cultura do trigo, plantas com menor altura, influenciada pela aplicação do regulador de crescimento, redirecionam os fotoassimilados e produzem maior massa de grãos (ZAGONEL; FERNANDES, 2007).

O mesmo comportamento não foi observado no presente trabalho, uma vez que a redução da altura de plantas e a modificação de sua arquitetura promoveram a diminuição da massa de 1.000 grãos. Segundo Palhares (2003), a natureza alterna e oposta das folhas ao longo do dossel das plantas de milho é uma característica intrínseca da cultura que aumenta o sombreamento das folhas superiores sobre as inferiores e reduz

potencialmente a interceptação de luz. Alvim et al. (2010) afirmam que a área foliar acima da espiga do milho, mesmo sendo inferior a 40% do total, é a que mais influencia o rendimento de grãos da cultura.

Assim é plausível supor que a redução da massa de 1.000 grãos na cultura do milho se deve a menor incidência de luminosidade no terço superior do dossel devido às modificações na arquitetura foliar causadas pelo uso do produto. Os entrenós mais curtos diminuíram a distância entre as folhas superiores, o que pode ter limitado a incidência de radiação solar sobre a planta (Tabela 8). A menor radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela planta pode ter gerado menor produção de fotoassimilados que seriam direcionados posteriormente ao enchimento de grãos. Além disto, entrenós mais curtos possuem menor quantidade de reservas para direcionar aos grãos, contribuindo para redução de sua massa.

Aspectos hormonais também podem estar envolvidos nesse resultado. Segundo Roberts (1988), todos os processos fisiológicos são regulados por dois ou mais hormônios. A giberelina também está envolvida na atividade cambial e existe um forte sinergismo com a auxina no desenvolvimento normal dos vasos condutores, afetando a razão floema/xilema (WANG et al., 1992). A maior concentração de auxina favorece a formação de vasos de xilema e maiores níveis de giberelina a produção de vasos de floema (ALONI, 1987).

Deste modo, seria possível inferir que a razão floema/xilema foi menor em plantas que foram submetidas à aplicação do etil trinexapac, devido à redução da giberelina endógena, enquanto os níveis de auxina foram mantidos ou aumentaram. Assim, a razão auxina/giberelina pode ter induzido maior diferenciação de vasos do xilema em detrimento à formação de floema. O floema é o vaso condutor responsável pela translocação de fotoassimilados aos grãos. Logo, uma menor quantidade desses vasos implicaria na menor

translocação destes compostos, o que poderia explicar a menor massa de 1.000 grãos em tratamentos com a presença do regulador de crescimento.

Em 2015/16 houve também interação significativa dos fatores época de semeadura e densidade de plantas sobre a massa de 1.000 grãos. Nas duas épocas de semeadura, houve decréscimos neste componente do rendimento com o incremento na densidade de plantas (Figura 14b). Contudo, as taxas de decréscimo nesta variável foram maiores na semeadura de dezembro.

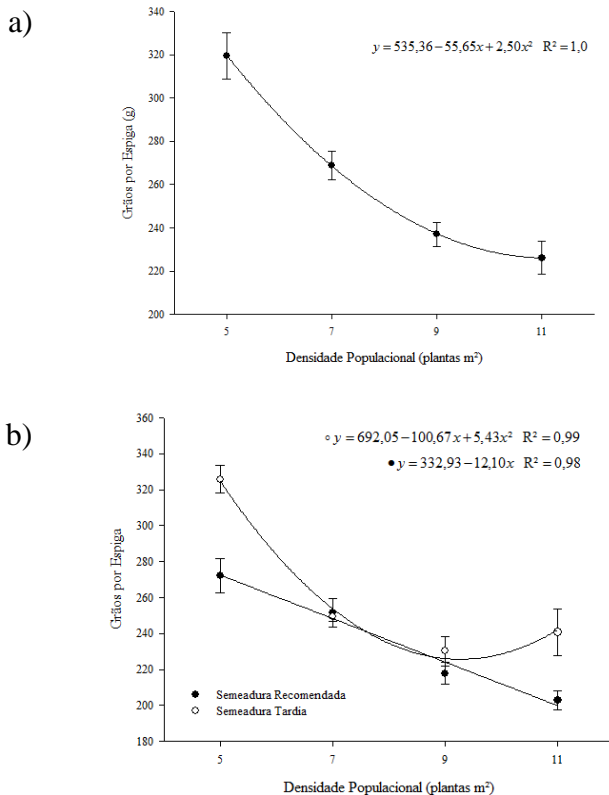
Brachtvogel et al. (2009), Demétrio et al. (2008) e Farinelli, Penariol e Fornasieri Filho (2012) também observaram redução da massa de 1.000 grãos com o aumento da densidade populacional. Apesar de ocorrerem ganhos de rendimento com o aumento da população de plantas, normalmente os componentes de produção são afetados negativamente (DOURADO NETO et al., 2003), independentemente do ciclo do híbrido (FLESCHE; VIEIRA, 2004). A disponibilidade de carboidratos por unidade de grão decresce linearmente com o aumento da população de plantas (BRACHTVOGEL et al., 2009).

A menor massa de 1.000 grãos também contribuiu para que o rendimento na semeadura tardia fosse inferior ao da recomendada. O menor peso de grão na semeadura tardia pode ser atribuído à menor disponibilidade de radiação solar durante o enchimento de grãos do milho semeado em dezembro, o que limitou a produção de fotoassimilados (KINIRY; OTEGUI, 2000), somado a maior pré-disposição a incidência de doenças foliares e de colmo (FORSTHOFER et al., 2006). A influência da época de semeadura na massa de 1.000 grãos também foi observada por Nascimento et al. (2011) e por Forsthofer et al. (2006).

O número de grãos por espiga foi influenciado pelos efeitos principais de época de semeadura e densidade no primeiro ano agrícola e pela interação destes dois fatores no

segundo ano (Apêndice 5). Em 2014/15 os maiores valores para este componente do rendimento foram encontrados na semeadura tardia (Tabela 13). Observou-se neste ano redução quadrática no número de grãos por espiga com o incremento da densidade populacional (Figura 15a).

Figura 15 – Número de grãos por espiga de milho em função da densidade de plantas em 2014/15 (a) e da interação entre época de semeadura e densidade de plantas em 2015/16 (b), na média de com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC.



^{1/}As barras representam o erro do desvio padrão das médias.
Fonte: Produção da própria autora, 2016.

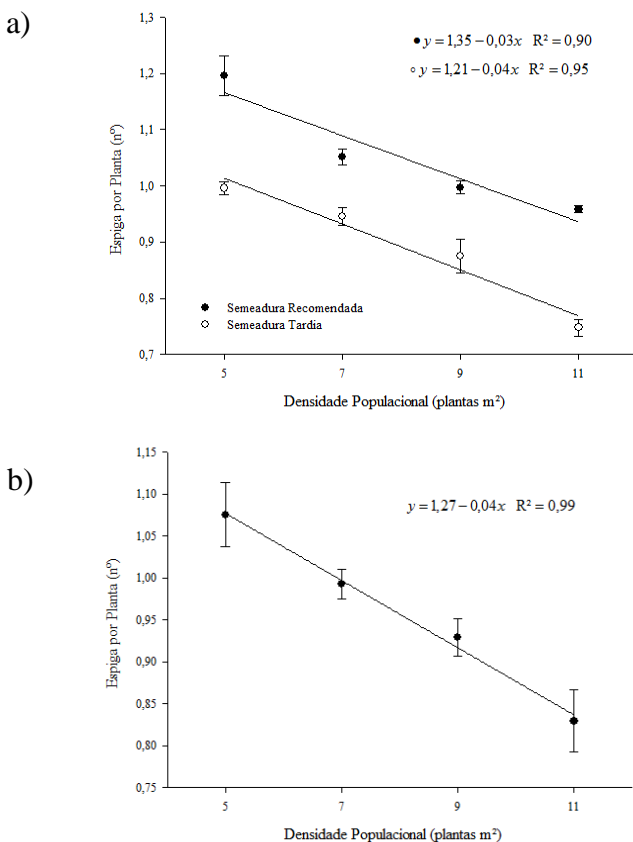
Já em 2015/16 observou-se resposta linear do número de grãos por espiga na época recomendada e quadrática para o período tardio, em relação ao aumento da população de plantas (Figura 15b). Em ambos os casos, independente do ajuste matemático, verificou-se tendência de redução do número de grãos por espiga com o incremento da densidade de semeadura e que os menores valores desta variável ocorreram na época de semeadura recomendada. A maior quantidade de grãos por espiga na época de semeadura tardia provavelmente ocorreu devido a condições ambientais pontuais mais favoráveis no momento de definição do número de óvulos na espiga (grãos potenciais), entre os estádios V10 e V18 de desenvolvimento da cultura (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993).

A redução do número de grãos por espiga com o aumento da densidade populacional também foi relatada por Silva et al. (2010), Brachtvogel et al. (2009), Farinelli, Penariol e Fornasieri Filho (2012) e Demétrio et al. (2008). No período entre a antese e o início da fase de dilatação dos grãos é necessária à disponibilidade de grande quantidade de açúcares solúveis e nitrogênio nas espigas. Isto é fundamental para manter a intensa atividade mitótica presente nos óvulos recém-fertilizados (SALVADOR; PEARCE, 1995). O uso de alta densidade de plantas promove limitações no suprimento de fotoassimilados às espigas logo após a fertilização, o que favorece o aborto de grãos que se apresentam no início da fase de enchimento (SETTER; FLANNINGAN; MELKONIAN, 2001). Com menos recursos disponíveis, a planta tende a abortar os óvulos recém fertilizados, principalmente aqueles localizados na ponta da espiga, reduzindo o número de grãos presentes na inflorescência feminina (BRACHTVOGEL et al., 2009).

O número de espigas por planta foi afetado pela interação entre época de semeadura e densidade no primeiro ano agrícola e pelos efeitos principais destes dois fatores no segundo ano (Apêndice 5). Nos dois anos agrícolas, o

incremento na população de plantas diminuiu o número de espigas produzidas por planta (Figura 16). Em 2014/15, as taxas de decréscimo com o adensamento foram maiores na semeadura tardia do que na semeadura feita na época recomendada (Figura 16a).

Figura 16 – Número de espigas por planta de milho em função da época de semeadura e da densidade de plantas em 2014/15 (a) e da densidade de plantas em 2015/16 (b).^{1/}



^{1/}As barras representam o erro do desvio padrão das médias.

Fonte: Produção da própria autora, 2016.

Quando semeado em outubro, o milho produziu mais espigas por planta do que na semeadura de dezembro, independentemente do ano agrícola ou da densidade de plantas (Figura 16a e Tabela 15). Isto também contribuiu para as maiores produtividades da semeadura de outubro. A menor produção de espigas por planta na semeadura tardia decorre pelo menor acúmulo de fotoassimilados (KINIRY; OTEGUI, 2000) e pelo maior custo respiratório da planta devido às elevadas temperaturas do ar (CIRILO; ANDRADE, 1994).

Tabela 15 – Número de espigas por planta de milho, em duas épocas de semeadura, na média de quatro densidades de plantas, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac. Lages, SC, 2015/16.

Tratamentos		Espiga por Planta (nº)
	Recomendada	1,03 a
Época de	Tardia	0,88 b
Semeadura	CV (%)	10,08

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Fonte: Produção da própria autora, 2016.

A densidade populacional também influenciou o índice de espiga em 2015/16. O aumento da densidade populacional diminuiu linearmente o número de espigas por planta (Figura 16b). A redução do índice de espiga com o aumento da densidade populacional também foi constatada por Cruz et al. (2007), Calonego et al. (2011) e Kappes et al. (2011). A restrição na qualidade da luz que penetra no dossel estimula a dominância apical do pendão sobre a espiga, inibindo o desenvolvimento de gemas laterais, as quais são responsáveis pela formação das espigas, estimulando a esterilidade feminina (SANGOI, 2001). Este efeito é mais intenso nas semeaduras tardias, onde o desenvolvimento da cultura é acelerado e o crescimento vegetativo é maior (SANGOI et al., 2010).

Kappes et al. (2011) propõem que os maiores rendimentos de grãos são obtidos nas populações cuja prolificidade esteja próxima da unidade. Estes valores de índice de espiga indicam que há adequação da população de plantas à fatores de ambiente como fertilidade do solo, disponibilidade hídrica e de radiação solar (NASCIMENTO et al., 2011).

No presente estudo, as menores densidades de semeadura (5 e 7 pl m⁻²) foram as que mais proporcionaram plantas com índice de espiga igual ou superior a 1,0 (Figura 16). Em menores densidades populacionais, a competição entre as plantas por água, luz e nutrientes é menor, sendo maior a disponibilidade de recursos necessários para o enchimento dos grãos em mais de uma espiga por planta (KAPPES et al., 2011). Por outro lado, a elevação da população para 9 e 11 pl m⁻² aumentou a quantidade de plantas sem espigas, que foi superior a 10% na maior densidade, nos dois anos de condução do trabalho. O aumento da esterilidade feminina contribuiu para limitar a resposta do rendimento de grãos ao adensamento (Figura 13).

1.4.10 Percentagem de colmos doentes e de grãos ardidos

A percentagem de colmos doentes foi afetada pela interação dos fatores época de semeadura e regulador de crescimento e pelo efeito principal da densidade populacional no primeiro ano agrícola (Apêndice 4). A aplicação de etil trinexapac diminuiu a percentagem de colmos doentes na semeadura tardia e não afetou essa variável quando o milho foi semeado na época recomendada (Tabela 16). Os índices máximos de colmos doentes foram observados nas maiores densidades populacionais estudadas (Figura 17a).

Tabela 16 – Percentagem de colmos doentes de milho em função da época de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, na média de quatro densidades de plantas. Lages, SC, 2014/15.

Tratamentos		<u>Regulador de Crescimento</u>		CV (%)
		Com	Sem	
		<u>Colmos Doentes (%)</u>		
Época de semeadura	Recomendada	22,4 aA	16,4 aA	26,30
	Tardia	11,2 bB	17,9 aA	

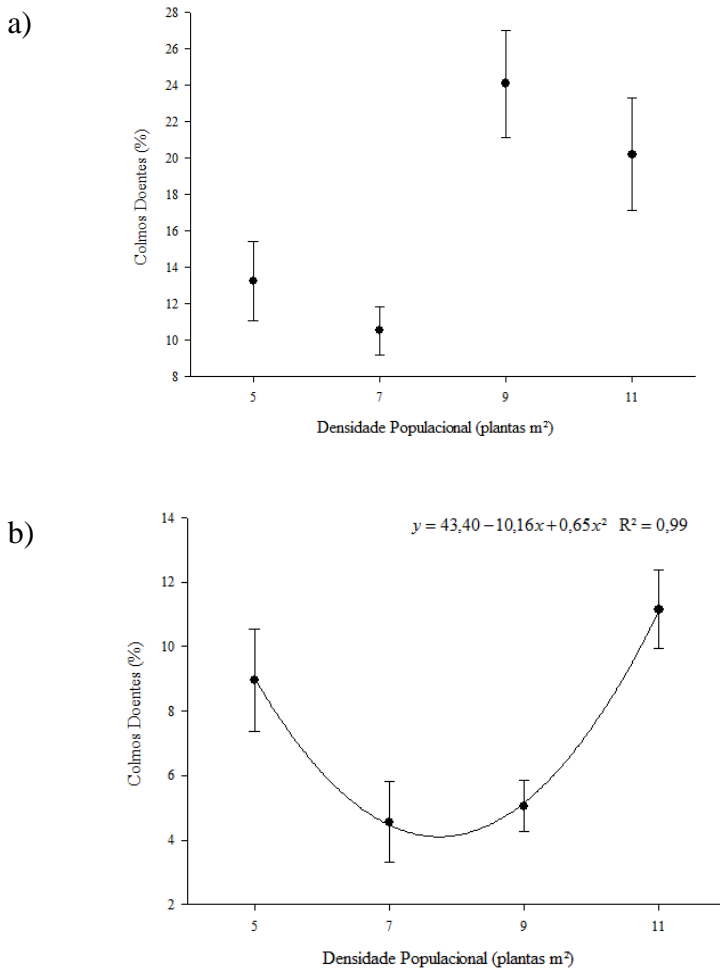
Médias seguidas por letra distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Fonte: Produção da própria autora, 2016.

De acordo com White (1999) doenças no colmo podem afetar a translocação de nutrientes e água do solo para a parte aérea da planta, reduzindo o rendimento da cultura do milho e a qualidade de grãos. Entretanto, também é possível que o rendimento da cultura não seja alterado sob maior incidência de doenças de colmo, caso a infecção tenha ocorrido próximo ao estágio de maturação fisiológica do grão (CASA et. al, 2007).

Durli (2016) verificou que a percentagem de colmos doentes foi influenciada de modo significativo pela aplicação de regulador de crescimento em dois híbridos de milho, com aumento médio de 10% para esta variável nos tratamentos em que foi realizada a aplicação do produto, contrariando o resultado obtido no presente trabalho.

Em 2015/16 a percentagem de colmos doentes foi afetada apenas pelo efeito principal da densidade de semeadura (Apêndice 4). Houve um comportamento quadrático desta variável frente ao incremento da população (Figura 17b).

Figura 17 – Percentagem de colmos doentes de milho em função da densidade de plantas, na média de duas épocas de semeadura, com e sem regulador de crescimento etil trinexapac, durante os anos agrícolas de 2014/15(a) e 2015/16 (b). Lages, SC.^{1/}



^{1/}As barras representam o erro do desvio padrão das médias.
Fonte: Produção da própria autora, 2016.

O aumento na intensidade de doenças no colmo em maiores densidades de plantas foi relatado por Denti e Reis (2001), Casa et al. (2007) e Fontoura et al. (2006). Altas populações impõem restrições à atividade fotossintética das folhas induzindo o colmo a redirecionar fotoassimilados em maior quantidade ao enchimento de grãos fragilizando suas estruturas e predispondo a ocorrência de podridões (SANGOI et al., 2000). A tendência de incremento na percentagem de colmos doentes com o adensamento não ficou claramente demonstrada no presente trabalho.

É importante ressaltar que os valores da percentagem de colmos doentes em 2015/16 não ultrapassaram 12%, independentemente do tratamento, sendo menores do que os registrados no primeiro ano agrícola (Tabela 16 e Figura 17). Em 2014/15 o cultivo do milho foi realizado em área de monocultura de milho, enquanto que em 2015/16 sob rotação com feijão no ano anterior. Assim, a maior incidência de podridão de colmos do primeiro ano, principalmente na época de semeadura recomendada, pode ser atribuída ao acúmulo de restos culturais infectados do milho devido à monocultura com o consequente aumento da densidade de inóculo de patógenos necrotróficos (CASA; REIS; ZAMBOLIM, 2003).

O cultivo do milho em semeadura direta sob monocultivo favorece a sobrevivência, a manutenção e a multiplicação do inóculo dos fungos necrotróficos. Os fungos causadores de podridões do colmo e da espiga sobrevivem principalmente nos restos culturais e na semente de milho infectada (CASA; REIS; ZAMBOLIM, 2006). A redução na intensidade das podridões do colmo quando o milho é cultivado em rotação de culturas também foi relatada por Denti e Reis (2001).

A percentagem de grãos ardidos externada pelo híbrido utilizado no trabalho não foi influenciada significativamente pelos efeitos de época de semeadura, densidade populacional e uso de regulador de crescimento nos dois anos de estudo.

(Apêndice 4). Os valores médios desta variável oscilaram entre 2,7 a 23,4% no primeiro ano e entre 1,4 a 10,8% no segundo. A grande variação de valores sem diferença estatística pode estar atrelada aos coeficientes de variação médios obtidos (45,6 e 56,2) para o primeiro e segundo ano agrícola, respectivamente. Altos valores de C.V. influenciam a análise estatística, dificultando a detecção de diferenças significativas entre tratamentos.

Segundo Reis e Casa (2001) muitos fungos que afetam o colmo migram posteriormente para as espigas, originando a formação de grãos ardidos. Assim, devido à influência de todos os fatores de estudo (época de semeadura, densidade de plantas e regulador de crescimento) na incidência de podridões de colmo esperava-se detectar a influência dos mesmos na percentagem de grãos ardidos. Entretanto, esta expectativa não foi confirmada estatisticamente.

1.5 CONCLUSÕES

A aplicação do regulador de crescimento etil trinexapac é efetiva para reduzir a altura da planta, principalmente devido ao encurtamento dos entrenós localizados acima do ponto de inserção da espiga.

O uso do regulador de crescimento não interfere na percentagem de plantas acamadas e quebradas, independentemente da densidade de plantas e da época de semeadura.

O regulador de crescimento etil trinexapac não afeta o rendimento de grãos do milho e nem altera a sua resposta à densidade de plantas, tanto na época de semeadura recomendada quanto na tardia.

1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do regulador de crescimento etil trinexapac tem mostrado respostas positivas frequentes em cereais de inverno, principalmente na redução de altura, acamamento e quebramento de plantas. Nestas culturas, a melhoria na arquitetura da planta se reflete no aumento do rendimento de grãos.

O presente trabalho foi concebido com base nos resultados promissores obtidos com a aplicação de etil trinexapac, principalmente na cultura do trigo. Ele foi pautado nas seguintes hipóteses: I) A utilização do regulador de crescimento etil trinexapac restringe o crescimento vegetativo, diminui o acamamento/quebra de colmos e aumenta a resposta do milho ao adensamento. II) O efeito da utilização de reguladores de crescimento é mais pronunciado nas semeaduras realizadas no final da primavera.

A única hipótese confirmada foi à redução da altura de plantas. De um modo geral, os estudos que vem sendo realizados até o presente momento demonstram a eficiência do regulador de crescimento em reduzir a altura de plantas. Entretanto os resultados são divergentes quanto à influência deste regulador de crescimento nos componentes de produção e rendimento de grãos.

Essa resposta está possivelmente associada ao efeito diferencial do produto sobre os entrenós para as diferentes culturas. No trigo, o etil trinexapac tem seu efeito mais pronunciado nos entrenós inferiores do colmo. Na cultura do milho, aplicações nos estádios V5 e V10 proporcionaram um efeito mais acentuado do produto nos entrenós superiores do colmo onde estão presentes as folhas que recebem maior radiação solar e que mais contribuem para o rendimento de grãos. Essa mudança de arquitetura de planta pode reduzir a eficiência da cultura na interceptação da radiação solar devido à disposição alterna e oposta de suas folhas, gerando

consequentemente menor produção de fotoassimilados. Isto pode comprometer componentes do rendimento, como a massa de 1.000 grãos, conforme observado no presente trabalho.

Nessa perspectiva, novos estudos são necessários para o entendimento da influência dos reguladores de crescimento na cultura do milho. Os mesmos devem contemplar produto, modo de aplicação (dose e estágio fenológico) e sensibilidade de híbridos, visando um ajuste desses parâmetros que proporcione a redução dos entrenós inferiores do colmo, assim como ocorre na cultura do trigo, o que pode tornar o produto realmente eficaz em evitar a quebra e acamamento de colmos.

No caso do presente trabalho, deve-se ressaltar que os tetos de rendimento menores do que o almejado, a baixa resposta do rendimento de grãos a elevação da densidade de plantas e a tolerância do híbrido utilizado ao acamamento e quebra de plantas também contribuíram para mitigar os possíveis efeitos benéficos do etil trinexapac ao milho cultivado em estandes adensados e nas semeaduras tardias.

2 REFERÊNCIAS

ABRANTES, F. L.; et al. Uso de regulador de crescimento em cultivares de feijão de inverno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 41. n. 2, p. 148-154, abr/jun. 2011.

ADAPAR (Agência de Defesa Agropecuária do Paraná). **Bula**: Moddus. Disponível em: <
<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Outros/MODDUS.pdf>>. Acesso em: 15 mar.2016.

ALMEIDA, M.L. et al. 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, jan/mar. 2000.

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M.; SANGOI, L. Evocação de afilhos pela qualidade da luz em plantas de trigo cultivadas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.1, p.25-36, jan/abr.2000.

ALONI, R (1987) Differentiation of vascular tissues. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.38, n.1, p. 179-204, june.1987.

ALVAREZ, R de C.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; NASCENTE, A.S. Produtividade de arroz de terras altas em função de reguladores de crescimento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n.1, p. 42-49, jan/fev.2014.

ALVIM, K. R. et al. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v 40, n. 5, p. 1017-1022, mai. 2010.

AMABILE, R. F. et al. **Efeito do regulador de crescimento trinexapac etyl em cevada cervejeira irrigada em áreas de cerrado do Distrito Federal**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2004. 14 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 120).

AMARAL FILHO, J.P.R. do. et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.3, p.467-473, maio/jun.2005.

ANDRADE, F.H. et al. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v.39, n.2, p.453-459, mar/apr.1999.

ARF, O. et al. Uso de etil-trinexapac em cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 150-158, abr/jun.2012.

ARGENTA, G. et al. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p. 109-119, jan/fev.2003.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, dec.2001.

BERNARDELI, K. **Mapeamento de QTLs associados à espessura da parede do colmo em milho**. 2005. 41f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

BORRÁS, L.; MADDONI, G.; OTEGUI, M. E. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.82, n.1, p. 13-26, mar. 2003.

BRACHTVOGEL, E.L. **Densidades e arranjos populacionais de milho e componentes agronômicos**. 106 p. 2008.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.

BRACHTVOGEL, E.L. et al. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2334-2339, nov. 2009.

BRASIL. Portaria nº 11 de 12 de abril de 1996. Estabelece critérios complementares para classificação do milho. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 abr. 1996. Seção 1, p.6231.

CALONEGO, J.C. et al. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 12, p. 84-90, abr/jun. 2011.

CASA, R. T. et al. Incidência de podridões de colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.33, n.4, p. 353-357, out/dez. 2007.

CASA, R.T., REIS, E.M. & ZAMBOLIM, L. Decomposição dos restos culturais do milho e sobrevivência saprofítica de *Stenocarpella macrospora* e *S. maydis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, n.4, p.355-361, july/aug. 2003.

CASA, R.T., REIS, E.M. & ZAMBOLIM, L. Doenças do milho causadas por fungos do Gênero *Stenocarpella*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n.5, p.427-439, sept/oct. 2006.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A; PERES, L. E. P. Hormônios e reguladores vegetais. In: __. **Manual de Fisiologia Vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. cap. 11.

CASSMAN, K.G. et al. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environment quality. **Annual Review of Environment and Resources**, v.28, n.1, p.315-358, nov.2003.

CHAVARRIA, G. et al. Regulador de crescimento em plantas de trigo: reflexos sobre o desenvolvimento vegetativo, rendimento e qualidade de grãos. **Ceres**, v.62, n.6, p. 583-588, nov/dez. 2015.

CIRILO, A.G.; ANDRADE, F.H. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. **Crop Science**, Madison, v.34, n.4, p.1044–1046, jul/aug.1994.

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

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos 2015/16**. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_07_10_39_11_boletim_gaos_abril_2016.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2016.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Séries Históricas: Área plantada, produtividade e produção relativas às safras 1976/77 a 2014/15 de grãos**. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&&Pagina_o

bjcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 25 abr. 2016.

CORREIA, N. M.; LEITE, G. J. Selectivity of the plant growth regulators trinexapac ethyl and sulfometuronmethyl. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 69, n. 3, p. 194-200, may/june. 2012.

COSTA, N. V. et al. Características morfológicas de gramas em resposta a ação de trinexapac-ethyl. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 113-122, jan/mar. 2009.

CRUZ, J. C. et al. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.1, p.60-73, jan/abr.2007.

CRUZ, J.C. et al. **Cultivo do Milho**: Plantio. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistemas de Produção, 1). Disponível em: <
[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejo milho.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejo_milho.htm)>. Acesso em: 27 abr. 2016.

CULTIVAR. **Indicação Técnica de Cultivares 2015/16**. Pelotas: Grupo Cultivar, v.16, n.195, p.34-53, ago. 2015.

DAVIES, P. J. The plant hormones: Their nature, occurrence, and functions. In: __. **Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!**.3. ed. Dordrecht: Springer, 2010. p. 1-15.

DEMÉTRIO, C.S. et al. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1691-1697, dez. 2008.

DINIZ, A. J. **Desempenho de cultivares de milho** (*Zea mays* L.) em áreas de plantio convencional e direto sob diferentes densidades de semeadura. 117 f. 1996. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1996.

DENTI, E.A.; REIS, E.M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de semeadura de plantas na incidência das podridões da base do colmo e no rendimento de grãos do milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.26, n.3, p. 635-639, set. 2001.

DOURADO NETO, D. et al. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.63-77, set/dez. 2003.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L.; LOPES, P.P. Milho: população e distribuição de plantas. In: FANCELLI, A. L. ; DOURADO NETO, D. (Org.). **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2001. p. 120-125.

DUETE, R. R. C. et al. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.1, p. 161-171, jan/fev.2008.

DURLI, M.M. **Uso do regulador de crescimento etil trinexapac como alternativa para aumentar a resposta do milho à adubação nitrogenada em cobertura**. 2016.111 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2016.

DUVICK, D.N. et al. Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program. In: JANICK, J. (Org.) **Plant Breeding Reviews**. New York: J. Wiley, 2004. p. 109-151.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa CNPS, 2006. 306 p.

EMPASC (Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária). **Zoneamento agroclimático do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: [s.n.], 1978. 70p.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2013-2014**. 2014. Disponível em: <http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2014.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2016.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. 2010. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/arquivos/porta/agricultura/zoneagroecologico/ZonAgroeco.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2016.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). **Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrologia de Santa Catarina (CIRAM)**. Estação Agrometeorológica de Lages, SC. 2016.

ESALQ (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo). Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1.n. 13, p. 8-11, jul/dez. 2016.

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

FAGHERAZZI, M. M. **Respostas morfo-agronômicas do milho à aplicação de trinexapac-ethyl em diferentes estádios fenológicos e doses de nitrogênio**. 2015. 93 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2015.

FANCELLI, A. L. Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. In: SIMPÓSIO DE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 1., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Esalq/Usq, 2000. 1 CD-ROM.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2 ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FARIA, A.T et al. Effect of trinexapac-ethyl on growth and yield of sugarcane. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 491-497, july/sept. 2015.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. **Científica: Revista de Ciências Agrárias**, Jaboticabal, v. 40, n. 1, p. 21–27, jan/jun.2012.

FERRARI, J.V. et al. Vegetative growth response of cotton plants due to growth regulator supply via seeds. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 3, p. 361-366, july/sept. 2015.

FLESH, R.D.; VIEIRA, L.C. Espaçamento e densidade de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 25-31, jan/fev. 2004.

FONTOURA, D. da. et al. Influência da população de plantas na incidência de doenças de colmo em híbridos de milho na safrinha. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 545-551, oct./dec.2006.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 574 p.

FORSTHOFER, E.L. et al. Desempenho agrônômico e econômico do milho em diferentes sistemas de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 399-407, mar. 2006.

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, dez. 2002

GARDNER, F.P.; PEARCE, R.B.; MITCHELL, R.L. **Physiology of crop plants**. 2 ed. Ames: Iowa State University Press, 1985. 327 p.

GOMES, L.S. et al. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo do milho tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 140-145, fev. 2010.

GRIJALVA-CONTRERAS, R.L. et al. Effects of trinexapac-ethyl on different wheat varieties under desert conditions of Mexico. **Agricultural Sciences**, Cambridge, v.3, n.5, p. 658-662, sept. 2012.

GROSS, M.R.; PINHO, R.G.; BRITO, A.H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, may/june. 2006.

GUERRA, M. P. Giberelinas. In: KERBAURY, G. B. (Org.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara, 2008. cap. 10.

GUTIERREZ, M. A. **Microclima e características agrônômicas em diferentes espaçamentos e populações na cultura do milho**. 2010. 58 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Jaboticabal, 2010.

HAMMER, G.L. et al. Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the U.S. Corn Belt? **Crop Science**, Madison, v. 49, n. 1, p. 299-312, jan.2009.

HAWERROTH, M.C. et al. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 115-125, fev. 2015.

HEDDEN, P.; PHILLIPS, A. L. Gibberellin metabolism: New insights revealed by the genes. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 5, n. 12, p. 523-530, dec. 2000.

JOHNSON, G.A., HOVERSTAD, T.R., GREENWALD, R.E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n. 1, p. 40-46, jan/feb. 1998.

KANEKO, F. H. et al. Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em espaçamentos reduzido e tradicional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 677-686, jul/set. 2010.

KAPPES, C. **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas**. 2010. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

KAPPES, C. et al. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.334-343, abr/jun. 2011.

KASPARY, T.E. et al. Regulador de crescimento na produtividade e qualidade de sementes de aveia-branca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 739-750, out/dez. 2015.

KASPERBAUER, M. J.; KARLEN, D. L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, Madison, v.34, n.6, p.1564-1569, nov/dec.1994.

KINIRY, J.R.; OTEGUI, M.E. Processes affecting maize grain yield potential in temperate conditions. In: OTEGUI, M.E.; SLAFER, G.A. (Org.). **Physiological bases for maize improvement**. New York : Haworth, 2000. p.31-45.

KOTTEK, M. et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, n. 3, p. 259-263, jul.2006.

LAMAS, F. M. Reguladores de crescimento. In: EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa-Cpao, 2001. p. 238-242.

LAUER, J.G.; ROTH, G.W.; BERTRAM, M.G. Impact of defoliation on corn forage yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, n.5, p.1459-1463, setp. 2004.

LEITE, G. H. P. et al. Invertases enzymes activity and sucrose accumulation in sugarcane (*Saccharumofficinarum* L.) under effect the potassium nitrate, ethephon and ethyl-trinexapac. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 649-656, aug. 2011.

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

LOZADA, B.I. ANGELOCCI, L. R. Efeito da temperatura do ar e da disponibilidade hídrica do solo na duração de subperíodos e na produtividade de um híbrido de milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 37-43, abr.1999.

LOZANO, C. M.; LEADEN, M. I. Efecto de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento y altura en dos cultivares de trigo. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRIGO, 5., SIMPÓSIO NACIONAL DE CEREALES DE SIEMBRA OTOÑO INVERNAL, 3., 2002, Argentina, **Anais...** Argentina: Inta, 2002.

MIRANDA; R.A. de.; DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C. **Cultivo do Milho**: Economia da Produção. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Sistema de Produção, 1). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/economia.htm>. Acesso em: 20 mar. 2016.

MONTEITH, J.L., ELSTON, J. Climatic constraints on crop production, In: FOWDEN, L., MANSFIELD, T., STODDART, J. (Org.). **Plant adaptation to environmental stress**. London: Chapman & Hall, 1996. p. 3-18.

MUNDSTOCK, C.M; SILVA, P.R.F. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2005. 51 p.

NAGASHIMA, G. T. et al. Desenvolvimento do algodoeiro em resposta a modo de aplicação e doses de cloreto de mepiquat via sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 007-011, jan/fev. 2010.

NASCIMENTO, F.M. et al. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Ceres**, Viçosa, v. 58, n.2, p. 193-201, mar/abr. 2011.

NIED, A.H. et al. Épocas de semeadura do milho com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica no município de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 995- 1002, set/out. 2005.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PENARIOL, F.G. et al. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais na safrinha, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 52-60, maio/ago. 2003.

PENCKOWSKI, L.H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Qualidade industrial do trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1492-1499, nov/dez. 2010.

PIANA, A.T. et al. Rendimento de grãos de milho em função da densidade de plantas e arquitetura foliar em semeadura precoce no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.9, p. 2608-2612, dez. 2008.

PIEKIELEK, W.P. et al. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate N sufficiency. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.3, p.403-408, may/june.1995.

PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELLI, C. Paclobutrazol no crescimento e desempenho produtivo da soja sob diferentes densidades de semeadura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 65-74, out/dez. 2014.

PRICINOTTO, L.F. **Densidades populacionais e regulador de crescimento em híbridos de milho com diferentes arquiteturas**. 2014. 109 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

PRICINOTTO, L.F. et al. Trinexapac-ethyl in the vegetative and reproductive performance of corn. **African Journal of Agricultural Research**, Ebene, v.10, n.14, p. 1735-1742, apr.2015.

RADEMACHER, W. Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Mineapolis, v. 51, n.1. p. 501-531, june. 2000.

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.v5, n. 93, p. 936-943, july. 2001.

REIS, E.M.; CASA, R.T. Milho: manejo integrado de doenças. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Org.). **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: Esalq/LPV, 2001. p. 223-237.

REIS, E. M.; CASA, R. T. **Manual de identificação e controle de doenças do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 80 p.

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

ROBERTS, L.W. Hormonal aspects of vascular differentiation. In: ROBERTS, L.W.; GAHAN, P.B.; ALONI, R. (Org.). **Vascular differentiation and plant growth regulators**. New York: T. E. TIMELL, 1988. p. 39-59.

RODRIGUES, O. et al. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 18 p. (Circular Técnica Online, 14). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci14.htm>. Acesso em: 20 mar. 2016.

SALVADOR, R. J.; PEARCE, R. B. Proposed standard system of nomenclature for maize grain filling events and concepts. **Maydica**, Bérghamo, v.40, n.1, p.141-146, jan/mar.1995.

SANGOI, L. et al. Senescência foliar e resposta de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo em diferentes épocas ao adensamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.1, p. 21-32, set/dez.2013.

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, jun. 2011.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. Ecofisiologia e estádios fenológicos. In: FILHO, J. A. W.; ELIAS, H. T. (Org.). **A cultura do milho em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2010. p. 47-114.

SANGOI, L; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho**. Lages: Graphel, 2010. 64 p.

SANGOI, L. et al. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2010. 87 p.

SANGOI, L. et al. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2007. 96 p.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C. G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de planta. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n.3, p. 263-271, set/dez.2007.

SANGOI, L. et al. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n. 1, p.25-31, jan/mar. 2005.

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, maio/ago. 2002.

SANGOI, L. et al. Influência da redução do espaçamento entre linhas no rendimento do milho em regiões de verões curtos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.6, p. 861-869, jun. 2001.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.159-168, jan/fev. 2001.

SANGOI, L. et al. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados em diferentes densidades de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.17-21, jan/mar. 2000.

SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z. Evolução dos cultivares de milho no Brasil. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. (Org.). **Tecnologias de produção do milho**. 20. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.13-53.

SCHMITT, A. **Arranjo de plantas para maximizar o desempenho agrônômico do milho em ambientes de alto manejo**. 2014. 226 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2014.

SERPA, M da S. **Adequação da densidade de plantas de milho a disponibilidade hídrica em semeadura no final do inverno**. 2011. 98 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SERPA, et al. M da S. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.541-549, abr. 2012.

SETTER, T.M.; FLANNINGAN, B.A.; MELKONIAN, J. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscisic acid, and cytokinins. **Crop Science**, Madison, v.41, n.5, p.1530-1540, setp. 2001.

SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L.; GERAGE, A. C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 381-390, set/dez.2004.

SILVA et al. Adequação da densidade de plantas à época de semeadura em milho irrigado. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.9, n.1, p. 48-57, jan/jun.2010

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

SLAFFER, G.A.; OTEGUI, M. E. **Physiological bases for maize improvement**. New York: CRC Press, 2000. 217 p.

SRIVASTAVA, L.M. **Plant growth and development: Hormones and environment**. Academic Press: San Diego. 2002. 772 p.

STONE, P.J.; SORENSEN, I.B.; JAMIESON, P.D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperate climate. **Field Crops Research**, Hastings, v.63, n.2, p.169-178, set. 1999.

STRIEDER, M.L. et al. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes espaçamentos e sistemas de manejo.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.3, p.309-317, mar. 2008.

STRIEDER, M.L **Resposta do milho a redução do espaçamento entre linhas em diferentes sistemas de manejo.**

2006. 88 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. 918 p.

TEIXEIRA, M. C. C.; RODRIGUES, O. **Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 20). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bp20.htm>. Acesso em: 20 maio. 2016.

TOLLENAAR, M.; LEE, E.A. Yeld potencial, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.75, n.2-3, p. 161-169, may. 2002.

TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A.; NISSANKA, S.P. Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. **Agronomy Journal**, v.89, n.2 p. 239-246, mar/apr.1997.

TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, Ames, v. 37, n.2, p. 305-311, apr/june.1992.

UGUR, A , MADEN, H.A. Sowing and planting period on yield and ear quality of sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.39, n.1, p.48-57, jan/fev. 2015.

USDA (United States Department of Agriculture). **Production, Supply and Distribution Online**. 2016. Disponível em: < <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

VON PINHO, R.G. et al. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.235-245, abr/jun. 2007.

WANG Q. et al. Effect of exogenous gibberellin A_{4/7} on tracheid production, longitudinal growth and the levels of indole-3-acetic acid and gibberellins A₄, A₇ and A₉ in the terminal shoot of *Pinus sylvestris* seedlings. **Physiologia Plantarum**, Hoboken, v.86, n.2, p. 202-208. oct.1992.

WHITE, D.G. **Compendium of corn diseases**. 3. ed. Saint Paul: APS, 1999. 78 p.

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, abr/jun. 2013.

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, abr/jun.2007.

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, n.6, p.1001-1016, jun. 1991.

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.1, p. 82-89, aug. 2014.

3 APÊNDICES

Apêndice 1 – Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis altura de planta e altura de inserção de espigas durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.

Fonte de Variação	G. L.	Altura de planta			Inserção de Espiga
		V5	V10	R3	
<u>Ano Agrícola 2014/15</u>					
Época de semeadura (fator A)	1	770,0213 **	69,4885 **	347,4925 **	0,4113 ns
Erro A	4				
Densidade de semeadura (fator B)	3	0,6152 ns	0,3563 ns	0,2274 ns	4,4616 *
Interação AB	3	0,4259 ns	0,8809 ns	1,4210 ns	2,1389 ns
Erro B	12				
Reg. de crescimento (fator C)	1	3,4579 ns	15,8412 **	7,5607 *	0,7197 ns
Interação AC	1	2,8111 ns	0,7915 ns	2,1016 ns	1,3516 ns
Interação BC	3	2,7412 ns	0,6431 ns	3,0115 ns	0,4893 ns
Interação ABC	3	0,3483 ns	0,3096 ns	1,2526 ns	1,0737 ns
Erro C	16				
Total	47				
<u>Ano Agrícola 2015/16</u>					
Época de semeadura (fator A)	1	92,1245 **	156,0989 **	1,9236 ns	5,4020 ns
Erro A	4				
Densidade de semeadura (fator B)	3	7,5338 **	3,6713 *	1,7903 ns	1,1968 ns
Interação AB	3	3,1500 ns	6,5062 **	2,0373 ns	1,0984 ns
Erro B	12				
Reg. de crescimento (fator C)	1	9,9728 **	35,7063 **	15,7597 **	0,0211 ns
Interação AC	1	3,9516 ns	14,0346 **	29,6165 **	17,0014 **
Interação BC	3	0,9709 ns	1,3205 ns	0,9983 ns	0,5088 ns
Interação ABC	3	0,5603 ns	0,7204 ns	1,3387 ns	0,2711 ns
Erro C	16				
Total	47				

Apêndice 2 – Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis número total de folhas, número de folhas verdes e senescidas no espigamento durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.

Fonte de Variação	G. L.	Produção de Folhas		
		Total	Verde	Senescida
<u>Ano Agrícola 2014/15</u>				
Época de semeadura (fator A)	1	38,5944 **	101,8947 **	8,0592 *
Erro A	4			
Densidade de semeadura (fator B)	3	12,3119 **	12,9429 **	2,1330 ns
Interação AB	3	1,4738 ns	0,6286 ns	0,4151 ns
Erro B	12			
Reg. de crescimento (fator C)	1	0,1556 ns	0,4808 ns	0,0714 ns
Interação AC	1	0,1556 ns	0,3077 ns	1,7857 ns
Interação BC	3	0,8328 ns	0,2628 ns	1,9127 ns
Interação ABC	3	1,7302 ns	2,6026 ns	0,9603 ns
Erro C	16			
Total	47			
<u>Ano Agrícola 2015/16</u>				
Época de semeadura (fator A)	1	14,6399 *	5,2252 ns	50,6134 **
Erro A	4			
Densidade de semeadura (fator B)	3	1,4331 ns	4,0536 *	2,2565 ns
Interação AB	3	0,2170 ns	0,3928 ns	0,0228 ns
Erro B	12			
Reg. de crescimento (fator C)	1	0,0265 ns	0,0056 ns	0,0406 ns
Interação AC	1	2,1504 ns	5,3989 *	0,0406 ns
Interação BC	3	1,1672 ns	0,4850 ns	0,3519 ns
Interação ABC	3	1,1042 ns	2,3127 ns	1,2724 ns
Erro C	16			
Total	47			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 = p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Apêndice 3 – Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis distância entre o nó da espiga e extremidade do pendão, índice de área foliar e teor de clorofila durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.

Fonte de Variação	G. L.	Dist. Nó da Espiga e Extremidade Pendão	Índice de Área Foliar	Teor de Clorofila
<u>Ano Agrícola 2014/15</u>				
Época de semeadura (fator A)	1	2078.5536 **	5,5563 ns	19.1835 *
Erro A	4			
Densidade de semeadura (fator B)	3	6.5621 **	232,7459 **	2.9862 ns
Interação AB	3	0.0738 ns	0,7527 ns	0.4746 ns
Erro B	12			
Reg. de crescimento (fator C)	1	11.1520 **	0,1604 ns	0.0053 ns
Interação AC	1	0.1212 ns	0,2506 ns	0.0447 ns
Interação BC	3	1.3957 ns	0,5013 ns	0.5744 ns
Interação ABC	3	0.4264 ns	1,2063 ns	0.5060 ns
Erro C	16			
Total	47			
<u>Ano Agrícola 2015/16</u>				
Época de semeadura (fator A)	1	0.1913 ns	2,1631 ns	20,6561*
Erro A	4			
Densidade de semeadura (fator B)	3	2.1725 ns	413,4915 **	52,0019**
Interação AB	3	0.9972 ns	2,6989 ns	2,3902 ns
Erro B	12			
Reg. de crescimento (fator C)	1	33.5906 **	1,4128 ns	0,2633 ns
Interação AC	1	7.4115 *	2,1105 ns	0,1324 ns
Interação BC	3	1.0710 ns	0,5342 ns	0.5616 ns
Interação ABC	3	2.1238 ns	0,9115 ns	0,1445 ns
Erro C	16			
Total	47			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 = p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Apêndice 4 – Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis percentagem de plantas acamadas e quebradas, diâmetro de colmo, percentagem de colmos doentes e grãos ardidos durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.

Fonte de Variação	G.L.	Acamadas e Quebradas	Diâmetro de Colmo	Colmos Doentes	Grãos Ardidos
<u>Ano Agrícola 2014/15</u>					
Época de semeadura (fator A)	1	6,4465 ns	1,3459 ns	2,5807 ns	3,3722 ns
Erro A	4				
Densidade de semeadura (fator B)	3	1,6820 ns	7,5882 **	6,2053 **	0,6267 ns
Interação AB	3	2,8082 ns	0,6442 ns	0,9252 ns	0,3746 ns
Erro B	12				
Reg. de crescimento (fator C)	1	0,3914 ns	6,2224 *	0,0326 ns	1,3870 ns
Interação AC	1	0,3677 ns	0,2826 ns	9,7698 **	0,6392 ns
Interação BC	3	0,5720 ns	2,1031 ns	0,5675 ns	0,1453 ns
Interação ABC	3	0,5907 ns	1,8200 ns	0,5524 ns	0,8227 ns
Erro C	16				
Total	47				
<u>Ano Agrícola 2015/16</u>					
Época de semeadura (fator A)	1	0,1975 ns	16,6876 *	0,0727 ns	0,6172 ns
Erro A	4				
Densidade de semeadura (fator B)	3	0,3897 ns	37,7726 **	5,5315 *	1,8734 ns
Interação AB	3	0,3915 ns	2,1414 ns	2,0059 ns	2,3583 ns
Erro B	12				
Reg. de crescimento (fator C)	1	0,0317 ns	2,2891 ns	0,3751 ns	0,1581 ns
Interação AC	1	0,2851 ns	3,5130 ns	0,2094 ns	0,0856 ns
Interação BC	3	1,5136 ns	5,9648 **	0,0063 ns	0,0541 ns
Interação ABC	3	0,1464 ns	0,9198 ns	1,0751 ns	2,1319 ns
Erro C	16				
Total	47				

Apêndice 5 – Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis rendimento de grãos, massa de 1.000 grãos, grãos por espiga e espigas por planta durante os anos agrícolas 2014/15 e 2015/16. Lages, SC.

Fonte de Variação	G.L.	Rendimento de Grãos	Massa de 1.000 Grãos	Grãos por Espiga	Espigas por Planta
<u>Ano Agrícola 2014/15</u>					
Época de semeadura (fator A)	1	158,4569 **	23,4787 **	87,9435 **	125,8729 **
Erro A	4				
Densidade de semeadura (fator B)	3	9,5312 **	35,3393 **	73,2065 **	61,9432 **
Interação AB	3	1,3722 ns	1,8762 ns	3,1144 ns	4,4321 *
Erro B	12				
Reg. de crescimento (fator C)	1	3,7816 ns	8,6913 **	0,0040 ns	0,0221 ns
Interação AC	1	0,3426 ns	0,1567 ns	0,2117 ns	0,0000 ns
Interação BC	3	1,0296 ns	0,5273 ns	0,1400 ns	0,0810 ns
Interação ABC	3	0,9743 ns	0,5435 ns	0,0641 ns	0,4616 ns
Erro C	16				
Total	47				
<u>Ano Agrícola 2015/16</u>					
Época de semeadura (fator A)	1	20,7830 *	4,5616 ns	15,2597 *	29,3623 **
Erro A	4				
Densidade de semeadura (fator B)	3	17,4068 **	34,7800 **	50,7512 **	33,1392 **
Interação AB	3	8,3066 **	7,5777 **	6,1128 **	3,1606 ns
Erro B	12				
Reg. de crescimento (fator C)	1	1,9625 ns	55,9625 **	1,5964 ns	0,1739 ns
Interação AC	1	0,4134 ns	2,8232 ns	0,0239 ns	0,0021 ns
Interação BC	3	0,0652 ns	1,9335 ns	0,2604 ns	0,4330 ns
Interação ABC	3	0,6728 ns	0,8647 ns	1,0476 ns	1,8357 ns
Erro C	16				
Total	47				