

ANTONIO EDUARDO COELHO

**ÉPOCAS DE SEMEADURA E RESPOSTA DE HÍBRIDOS DE MILHO A DOSES DE
NITROGÊNIO EM COBERTURA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Luis Sangoi

Co-Orientador: Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze

LAGES, SC

2017

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

Coelho, Antonio Eduardo
Épocas de Semeadura e Resposta de Híbridos de
Milho a Doses de Nitrogênio em Cobertura / Antonio
Eduardo Coelho- Lages, 2017.
129 p.

Orientador: Prof. Dr. Luis Sangoi
Co-Orientador: Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal, Lages, 2017.

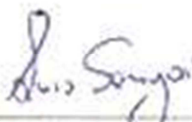
1. *Zea mays* L. 2. Adubação Nitrogenada. 3.
Rendimento de Grãos. I. Sangoi, Luis. II. Fioreze,
Samuel Luiz. III. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV.
Época de Semeadura e Resposta de Híbridos de Milho a
Doses de Nitrogênio em Cobertura.

ANTONIO EDUARDO COELHO

**ÉPOCAS DE SEMEADURA E RESPOSTA DE HÍBRIDOS DE MILHO A DOSES DE
NITROGÊNIO EM COBERTURA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca examinadora

Orientador: 
Professor Dr. Luis Sangoi
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV-
UDESC).

Coorientador: 
Professor Dr. Samuel Luiz Fioreze
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus de Curitibanos.

Membro: 
Professor Dr. Clovis Arruda de Souza
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV-
UDESC).

Membro: 
Pesquisador Dr. Alvaro Antonio Balbinot Junior
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-Soja).

Lages, SC, 27 de Julho de 2017.

À minha mãe Ivanir, a minha
namorada Renata e minha irmã
Ivânia, pelo incentivo, amor,
carinho e, acima de tudo, pela
dedicação e paciência nos
momentos em que precisei.

Ofereço e dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela minha vida e por ter me dado força e saúde para superar as dificuldades.

A minha mãe pela vida, pela educação, pelo amor, pelas orações, pelo exemplo e pelo esforço para que eu conseguisse cumprir mais essa etapa na minha vida.

A minha namorada Renata e minha irmã Ivânia, pelo incentivo, ajuda, apoio, amor, carinho e, acima de tudo, pela dedicação e paciência nos momentos em que precisei.

Ao meu “pai” científico, professor Dr. Luis Sangoi, pela confiança depositada, por todo auxílio e ensinamento proporcionado, pelo acolhimento em sua equipe, pela paciência e pelo exemplo de profissional.

Aos colegas de trabalho e amigos do grupo “Zea mays”, Alex, Eduardo Haverroth, Eduardo Peruch, Fernando, Francieli, Gustavo, Hugo, Juliano, Julio, Leonardo, Lucieli, Maria Thereza, Matheus, Natalia, Rafael Leandro, Rafael Mergener, Ramon e Vander, que nesses dois anos me auxiliaram na implantação, avaliação e coleta de dados, além do compartilhamento de conhecimento, ideias e boas risadas. Muito obrigado.

Aos mestres e amigos Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze, Prof. Dr. Jonatas Thiago Piva, Prof. Dr. Eduardo Leonel Bottega, Prof. Dr. Ivan Sestari e Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior, pelos conselhos, incentivo, paciência, atenção, e pelos conhecimentos repassados.

A todos os Professores e colegas que contribuíram de alguma forma em minha formação.

A banca avaliadora, pelas contribuições, críticas e disponibilidade.

A toda equipe do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, pela estrutura, ajuda e pela formação profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo auxílio financeiro.

E a todos que de maneira direta ou indireta contribuíram com este trabalho ou fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a deus, não sou o que era antes”.
(Marthin Luther King)

RESUMO

COELHO, ANTONIO E. **Épocas de Semeadura e Resposta de Híbridos de Milho a Doses de Nitrogênio em Cobertura**. 2017. 129 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2017.

O nitrogênio é o nutriente que mais interfere na produtividade do milho, além de ser o mais instável no solo. Os padrões de crescimento e desenvolvimento do milho, assim como as condições climáticas às quais a cultura está submetida, interferem na eficiência agrônômica de uso do nitrogênio. Portanto, a época de semeadura e o ciclo do híbrido podem afetar o manejo ideal da adubação nitrogenada. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da época de semeadura na resposta de híbridos de milho a doses de nitrogênio em cobertura. O experimento foi conduzido a campo, no município de Lages, SC, com três repetições no ano agrícola de 2015/16, e no município de Atalanta, SC, com quatro repetições no ano agrícola de 2016/17. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-subdivididas. Na parcela principal foram testados dois híbridos: AG9025 PRO3 (ciclo super-precoces) e P30F53 VYH (ciclo precoce). Nas subparcelas foram avaliadas duas épocas de semeadura: preferencial (início da primavera) e tardia (final da primavera). Nas sub-subparcelas foram testadas quatro doses de nitrogênio em cobertura, equivalentes a 0; 0,5; 1,0 e 1,5 vezes a dose necessária para atingir produtividades de 21 Mg ha^{-1} (0, 150, 300 e 450 kg de N ha^{-1}). Foram avaliados parâmetros morfológicos, fisiológicos e biométricos de interesse agrônômicos, tais como área foliar, altura de plantas, altura de inserção de espiga, teor relativo de clorofila, produtividade, eficiência agrônômica de uso do nitrogênio e incidência de podridões de colmos e espigas. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F. Quando apresentaram diferenças significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey e por análise de regressão polinomial, ao nível de significância de 5%. Tanto em Lages quanto em Atalanta, o incremento na dose de N em cobertura aumentou a altura da planta no espigamento quando os híbridos foram semeados na época preferencial e não interferiu sobre esta variável na semeadura tardia. Nos dois locais em que se conduziu o trabalho, o uso de doses crescentes de N proporcionou a elevação do teor relativo de clorofila no enchimento de grãos, bem como a maior manutenção do IAF durante este período para os dois híbridos e épocas de semeadura. A semeadura tardia reduziu a produtividade do milho nos dois locais, principalmente do híbrido super-precoces. O menor potencial produtivo e a maior disponibilidade de nitrogênio no solo reduziram a resposta da produtividade ao nitrogênio em cobertura na semeadura tardia, principalmente no híbrido AG9025 PRO3. A eficiência agrônômica de uso do nitrogênio aumentou com o incremento da produtividade e reduziu com a elevação da dose de N aplicada em cobertura. Na semeadura tardia houve maior incidência de podridões de colmo e grãos ardidos no AG9025 PRO3 do que no P30F53 VYH. As doses de nitrogênio aplicadas em cobertura não apresentaram uma tendência clara de aumento ou redução na incidência de doenças de colmo, espigas e grãos.

Palavras-chave: *Zea mays*. Adubação Nitrogenada. Rendimento de Grãos.

ABSTRACT

Nitrogen is the nutrient that affects the most maize productivity and it is also the most unstable element in the soil. The patterns of maize growth and development and the climatic conditions which the crop is submitted interfere on the agronomic efficiency of nitrogen use. Therefore, the sowing time and hybrid cycle may affect nitrogen side-dress management. This work was carried out aiming to evaluate the effect of sowing date on the response of maize hybrids to nitrogen side-dress rates. A field experiment was set in Lages, during the growing season of 2015/16, with three repetitions, and Atalanta, during the growing season of 2015/16, with four repetitions. A randomized block design, disposed in split-split plots was used. Two hybrids were tested in the main plots: AG9025 PRO3 (hyper-early) and P30F53 VYH (early). Two sowing dates were assessed in the split plots: preferential (early spring) and delayed (late spring). Four nitrogen side-dress rates were evaluated in the split-split plots, equivalent to 0; 0.5; 1.0; and 1.5 times the recommended rate to achieve grain productivities of 21 Ma ha⁻¹. Morphological, physiological and biometric of interest agronomic traits were determined, such as leaf area, plant height, ear insertion height, leaf relative chlorophyll content, grain yield, nitrogen efficiency use, stem rot and ear rot incidence and plant lodging. Data were statistically evaluated by the variance analysis using the F test. When F values were significant, averages were compared by the Tukey's test and polynomial regression analysis, both at the significance level of 5%. In both environments, the increment in nitrogen side-dress rate increased plant height at silking when maize hybrids were sown at the preferential time and did not interfere with this variable at the late sowing date. At both places where the trial was set, increasing N rates enhanced leaf relative chlorophyll content and leaf area index during grain filling for the two hybrids and sowing dates. The late sowing reduced maize productivity in both places, mainly of the hyper-early hybrid. The lower productivity potential and the higher availability of nitrogen in the soil reduced grain yield response to nitrogen rates at late sowings, especially for AG9025 PRO3. Nitrogen use efficiency increased with the enhancement of productivity and decreased with the increment in N rate. There were higher incidence of stem and ear rots in AG9025 PRO3 than P30F53 VYH when the sowing of both hybrids was delayed. Nitrogen side-dress rates did not present a clear tendency of increasing or decreasing stem, ear and grain diseases.

Key words: *Zea mays*. Nitrogen Fertilization. Grain yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Série histórica da área, produtividade e produção do milho em Santa Catarina.....	34
Figura 2 - Temperaturas mínima e máxima, precipitação pluviométrica e irrigações realizadas no ano agrícola 2015/16 Lages, SC (A) e ano agrícola 2016/17 Atalanta, SC (B).....	46
Figura 3 - Soma térmica mensal da cultura do milho em graus-dia (GD). Ano agrícola 2015/16 (A), Lages-SC. Ano agrícola 2016/17 (B), Atalanta-SC.	47
Figura 4 - Altura de plantas no estágio V6, em função de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Lages, SC, 2015/16.	51
Figura 5 - Altura de plantas de milho no espigamento em função da época de semeadura e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages, SC, 2015/16 (A). Atalanta, SC, 2016/17 (B).....	53
Figura 6 - Altura de plantas de milho no espigamento em função do híbrido e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Atalanta, SC, 2016/17.	54
Figura 7 - Índice de área foliar (a) e teor relativo de clorofila (b) no espigamento do milho em função da época de semeadura e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages-SC, ano agrícola 2015/16.	57
Figura 8 - Índice de área foliar (A) e teor de clorofila (B) no espigamento, na média de dois híbridos e duas épocas de semeadura. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.....	59
Figura 9 - Índice de área foliar do híbrido P30F53 VYH nas épocas de semeadura preferencial (A) e tardia (B), em função de doses de nitrogênio em cobertura e tempo. Lages, SC, ano agrícola 2015/16.	61
Figura 10 - Índice de área foliar do híbrido AG9025 PRO3 em função da avaliação no tempo e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Lages-SC, 2015/16.	62

Figura 11 - Índice de área foliar do híbrido P30F53 VYH nas épocas de semeadura preferencial e tardia, em função de doses de nitrogênio em cobertura e tempo. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.....	63
Figura 12 - Índice de área foliar do híbrido AG9025 PRO3 em função da época de semeadura e avaliação no tempo, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta, SC, 2016/17.....	64
Figura 13 - Índice de área foliar do híbrido AG9025 PRO3 em função da dose de nitrogênio em cobertura e avaliação no tempo. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.	65
Figura 14 - Teor relativo de clorofila nas épocas de semeadura preferencial e tardia, em função de doses de nitrogênio em cobertura e tempo. P30F53 VYH (A, B) e AG9025 PRO3 (C, D). Lages, SC, ano agrícola 2015/16.....	66
Figura 15 - Teor relativo de clorofila do híbrido P30F53 VYH nas épocas de semeadura preferencial e tardia, em função de doses de nitrogênio em cobertura e tempo. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.....	67
Figura 16 - Teor relativo de clorofila do híbrido AG9025 PRO3 em função da época de semeadura e avaliação no tempo, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta, SC, 2016/17.....	68
Figura 17 - Teor relativo de clorofila do híbrido AG9025 PRO3 em função da dose de nitrogênio em cobertura e avaliação no tempo. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.	68
Figura 18 - Produtividade (A), número de grãos por espiga (B) e percentagem de plantas sem espigas (C) de milho em função do híbrido e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Lages, SC, 2015/16.....	79
Figura 19 - Produtividade (A), número de grãos por espiga (B), espigas por planta (C) e massa de mil grãos (D) do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages, SC, 2015/16.....	80
Figura 20 - Produtividade (a) e número de grãos por espiga (b) do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Atalanta, SC, 2016/17.	82

Figura 21 - Massa de 1.000 grãos de híbridos de milho nas épocas de semeadura preferencial e tardia, em função de doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta, SC, 2016/17.	83
Figura 22 - Número de grãos por espiga (b) de milho em função de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Atalanta, SC, 2016/17.	84
Figura 23 - Número de espigas por planta (A) e percentagem de plantas sem espiga (B) de milho em função da dose de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura e dois híbridos. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.	85
Figura 24 - Eficiência agronômica de uso do N do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages, SC, Ano agrícola 2015/16.	88
Figura 25 - Eficiência agronômica de uso do N de milho em função do híbrido e da doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Lages, SC, Ano agrícola 2015/16.	89
Figura 26 - Eficiência agronômica de uso do N de milho, em função da dose de nitrogênio em cobertura na média de duas épocas de semeadura e dois híbridos. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.	90
Figura 27 - Incidência de Podridões de Colmo (IPC) (A) e Incidência de Podridões de Espiga (IPE) (B) de milho em função do Híbrido e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Lages, SC, ano agrícola 2015/16.	102
Figura 28 - Incidência de Podridões de Colmo (IPC) (A) e Incidência de Podridões de Espiga (IPE) (B) do milho em função da época de semeadura e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages, SC, ano agrícola 2015/16.	103
Figura 29 - Incidência de Podridões de Colmo (IPC) de milho em função do híbrido e da doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Atalanta, SC, Ano agrícola 2016/17.	104

Figura 30 - Incidência de Podridões de Colmo (IPC) do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Atalanta, SC, 2016/17.....	105
Figura 31 - Incidência de Grãos Ardidos (IGA), na média de dois híbridos e duas épocas de semeadura. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.	106
Figura 32 - Altura de inserção de espiga do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages, SC, 2015/16 (A) e Altura de inserção de espiga na média de dois híbridos e duas épocas de semeadura. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17 (B).....	107
Figura 33 - Diâmetro da base do colmo na colheita (DDC) em função de doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos e duas épocas de semeadura. Lages-SC, ano agrícola 2015/16 (A) e Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17 (B).....	108
Figura 34 - Percentagem de plantas acamadas (%Acamadas), de híbridos de milho nas épocas de semeadura preferencial e tardia, em função de doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta, SC, 2016/17.....	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas e físicas do solo das áreas experimentais de Lages (Ano agrícola 2015/16) e Atalanta (Ano agrícola 2016/17).....	45
Tabela 2 - Altura de plantas do milho no estágio V6 em função da época de semeadura, na média de dois híbridos e quatro doses de nitrogênio. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.....	51
Tabela 3 - Altura de plantas no estágio V9 de híbridos de milho, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de nitrogênio e em função da época de semeadura na média de dois híbridos e quatro doses de nitrogênio. Lages-SC, ano agrícola 2015/16.	52
Tabela 4 - Altura de plantas no estágio V9 em função do híbrido utilizado e da época de semeadura, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta-SC, 2016/17.....	52
Tabela 5 - Diâmetro da base de colmo (mm) do milho nos estádios V6 e V9 em função da época de semeadura, na média de dois híbridos e quatro doses de nitrogênio. Lages, SC, ano agrícola 2015/16.....	55
Tabela 6 - Diâmetro da base do colmo (mm) no estágio V6 e V9 de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta-SC, 2016/17.....	56
Tabela 7 - Índice de área foliar no espigamento em função do híbrido utilizado e da época de semeadura, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta-SC, 2016/17.....	59
Tabela 8 - Produtividade de grãos e componentes de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Lages-SC, ano agrícola 2015/16.	78
Tabela 9 - Produtividade de grãos de dois híbridos de milho nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta, SC, 2016/17.....	81
Tabela 10 - Número de espigas por planta e percentagem de plantas sem espiga de milho em função da época de semeadura, na média de dois híbridos e quatro doses de nitrogênio. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.	85

Tabela 11 - Percentagem de plantas sem espigas de híbridos de milho, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de nitrogênio. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.....	85
Tabela 12 - Correlações de Pearson entre Produtividade (Mg/ha), número de espigas por planta (Esp./pl.), número de grãos por espiga (grãos/Esp.), massa de mil grãos (M 1000) (g) e porcentagem de plantas sem espigas (Esterilidade) (%) de híbridos de milho em função da época de semeadura e da dose de nitrogênio em cobertura. Lages, SC, ano agrícola 2015/16. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.	86
Tabela 13 - Eficiência agronômica de uso do N de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC, ano agrícola 2015/16.	87
Tabela 14 - Eficiência agronômica de uso do N de milho, em função da época de semeadura na média de dois híbridos e quatro doses de nitrogênio. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.....	89
Tabela 15 - Incidência de Podridões de Colmo (IPC), Incidência de Podridões de Espiga (IPE) e Incidência de Grãos Ardidos (IGA) de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Lages-SC, ano agrícola 2015/16.	100
Tabela 16 - Incidência de Grãos Ardidos (IGA), de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura.. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.....	101

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	31
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	33
2.1	ORIGEM E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO	33
2.2	NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO	35
2.3	RELAÇÃO DO NITROGÊNIO COM ÉPOCA DE SEMEADURA E CICLO DO HÍBRIDO	36
3	PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA E ÉPOCAS DE SEMEADURA.....	41
3.1	RESUMO	41
3.2	ABSTRACT	42
3.3	INTRODUÇÃO	43
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	44
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.6	CONCLUSÕES	69
4.	PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DE USO DO NITROGÊNIO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA E ÉPOCAS DE SEMEADURA	71
4.1	RESUMO	71
4.2	ABSTRACT	72
4.3	INTRODUÇÃO	73
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	74
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4.6	CONCLUSÕES	92
5	INCIDÊNCIA DE DOENÇAS E SUSTENTABILIDADE DO COLMO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA E DOSES DE N EM COBERTURA.....	93
5.1	RESUMO	93

5.2	ABSTRACT	94
5.3	INTRODUÇÃO	95
5.4	MATERIAL E MÉTODOS	96
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	99
5.6	CONCLUSÕES	110
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
	REFERÊNCIAS	113
	APÊNDICES.....	121

1 INTRODUÇÃO GERAL

O diretor-geral da Organização da ONU para a Alimentação e a Agricultura (FAO), José Graziano da Silva, durante sua participação no Fórum Global para a Alimentação e a Agricultura, afirmou que até 2050 será necessário um aumento de 60% na produção de alimentos para suprir as demandas da crescente população mundial (FAO, 2015). O milho, por ser o cereal mais cultivado no mundo, possuir elevado potencial produtivo, ter uma excelente composição química, elevado valor nutritivo em seus grãos, ser multifacetado e ter como principal uso a alimentação humana e animal, desempenha papel fundamental no contexto de aumento na produção mundial de alimentos (AWIKA, 2011).

Os sistemas de produção de grãos requerem cada vez mais um maior conhecimento técnico para obter resultados econômicos significativos, tornando a cultura sustentável e mantendo-a competitiva com os demais sistemas produtivos. Para isso, existem basicamente duas formas de maximizar ganhos econômicos: aumentando a produtividade ou diminuindo custos. O equilíbrio entre esses dois pontos é chamado de máxima eficiência econômica. Ele define qual, quanto e quando se deve empregar determinada tecnologia num sistema agrícola (PAVINATO, 2008).

Cantarella (2007) estimou que a cultura do milho requer aproximadamente 28 kg de N por megagrama de grãos produzido. O nitrogênio é o nutriente mais exigido pela cultura, com o agravante de que 68% do total absorvido pela planta são exportados pelos grãos. Com isso, são necessárias altas doses de N para alcançar produtividades elevadas. A adubação nitrogenada é considerada um dos maiores responsáveis pelo aumento da produtividade da cultura do milho (MACHADO et al., 1998). Contudo, ela representa 54% dos custos com adubação e 29% dos custos totais de produção da cultura (EPAGRI/SEPA, 2013 apud PANDOLFO et al., 2015).

Por mais que a adubação nitrogenada exerça papel fundamental na eficiência técnica e econômica na cultura do milho, atualmente a recomendação da adubação nitrogenada não leva em conta todos os fatores que interferem na dinâmica do nitrogênio no sistema produtivo, o que pode estar diretamente relacionado ao alto

custo de produção e ao menor retorno econômico, em comparação a outros sistemas produtivos.

O nitrogênio é o nutriente essencial mais dinâmico e instável no solo. Sua disponibilidade e absorção são influenciadas por uma série de variáveis. Entre os fatores que tem influência na resposta da cultura à adubação nitrogenada estão a época de semeadura e o ciclo do híbrido utilizado. Contudo, não se tem informações precisas sobre a magnitude da importância destes fatores, sendo crucial o estudo de sua interação para definir estratégias de manejo da cobertura nitrogenada que maximizem a eficiência de uso de nitrogênio pela cultura do milho.

Diante do exposto, elaboraram-se as seguintes hipóteses:

- I. A época de semeadura do milho interfere na resposta da cultura a doses de N em cobertura.
- II. A resposta a doses crescentes de nitrogênio em cobertura é maior em semeaduras mais precoces, nas quais se tem um menor crescimento vegetativo e maior potencial produtivo.
- III. O efeito da época de semeadura sobre a resposta do milho a doses crescentes de nitrogênio em cobertura é influenciado pelo ciclo do híbrido.
- IV. A resposta do rendimento de grãos de híbridos de milho de ciclo super-precoces a doses de N é comprometida nas semeaduras tardias.

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da época de semeadura na resposta de híbridos de milho de ciclo contrastantes a doses de nitrogênio em cobertura e suas possíveis interações.

A dissertação foi estruturada em três capítulos. O primeiro aborda parâmetros morfológicos e fisiológicos. O segundo enfatiza a produtividade, seus componentes e a eficiência de uso do nitrogênio. O terceiro enfoca aspectos relacionados a fitossanidade e a sustentabilidade da planta.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEM E IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.), planta diplóide, monocotiledônea, pertence à família *Poaceae* e tem como centro de origem a América Central. A hipótese mais aceita é que seja originário da espécie *Zea mays* L. ssp. Mexicana (Teosinte). Com origem no continente americano, atualmente é cultivado no mundo todo até mesmo nas áreas agricultáveis mais remotas do planeta.

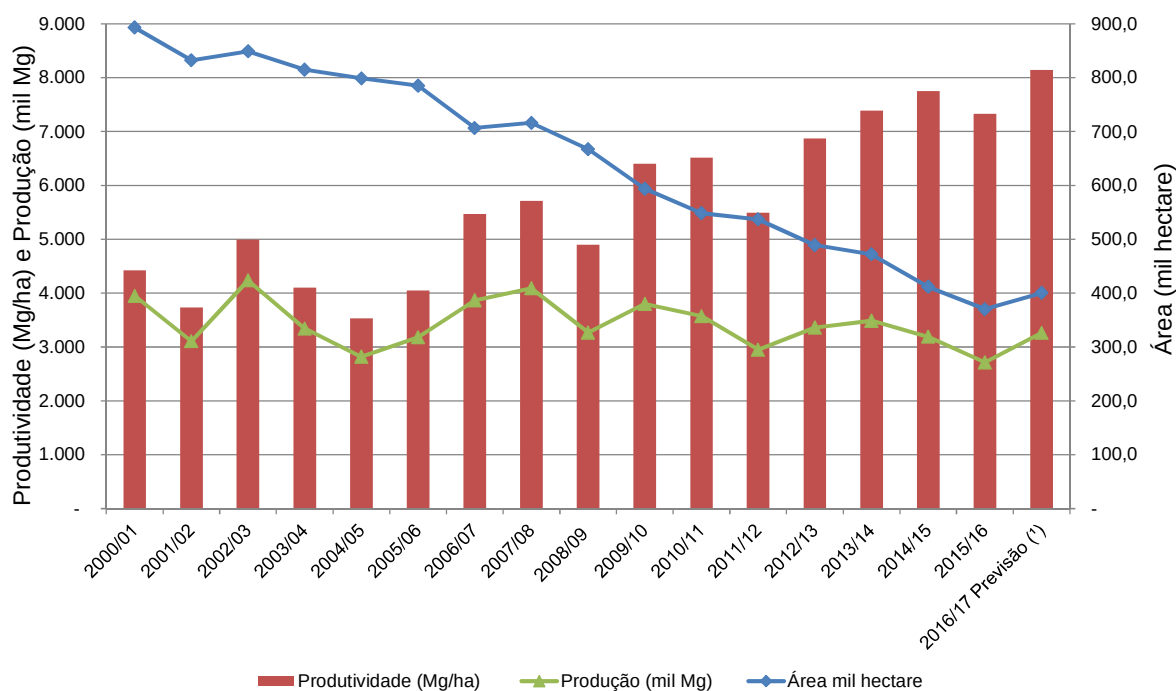
O grão de milho é considerado um alimento energético, se destacando nutricionalmente devido a sua alta concentração de carboidratos. Estima-se que sua composição média em base seca é de 72% de amido, 9,5% proteína, 9% fibra e 4% de óleo (PAES, 2006). A cultura do milho tem extrema relevância para o Brasil e para o mundo, por ser multifacetada. Considerando somente a indústria alimentícia, o milho possui mais de 500 derivados, sendo estratégico no desenvolvimento da segurança alimentar, além de possuir alta qualidade. Isto torna a cultura crucial na alimentação humana e animal (PONCIANO et al., 2003).

A produção mundial de milho no ano agrícola 2016/17 registrou 1,1 bilhões de megagramas (DEAGRO/FIESP, 2017). Os maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos, China e Brasil, juntos correspondendo a 60% da produção mundial (DALL'AGNOL, 2017). Segundo estimativas da Conab (2017a), no Brasil o milho ocupou no ano agrícola 2016/17, somando primeira e segunda safra, uma área de 17,2 milhões de hectares, produzindo 92,8 milhões de megagramas do grão, com produtividade média de 5,4 Mg ha⁻¹. Em Santa Catarina, o cereal esteve presente no ano agrícola 2016/17 em 400,3 mil hectares, produzindo 3,3 milhões de megagramas com uma média de produtividade de 8,1 Mg ha⁻¹ (CONAB, 2017a).

Nos últimos anos houve um decréscimo na área colhida de milho primeira safra no Brasil. Isto se deve ao alto custo de implantação da cultura e aos maiores valores de comercialização da cultura da soja. A longo prazo, este cenário pode acarretar em consequências socioeconômicas negativas, aumentando a exportação de produtos primários com baixo valor agregado, em detrimento daqueles que tem alto valor agregado, pois a produção de milho é a base de cadeias produtivas como a de aves e suínos.

No estado de Santa Catarina, o milho é a principal cultura utilizada em rotação com a cultura da soja. Onde a redução da área cultivada é um indicador do aumento do monocultivo de soja no estado (Figura 1). A diversificação de espécies vegetais é de suma importância para a sustentabilidade dos sistemas de produção de grãos (DEBIASI et al., 2015). A redução desta prática pode acarretar em consequências indesejáveis no futuro. A utilização predominante de sistemas de produção pouco diversificados, principalmente com baixo aporte de fitomassa, tem provocado problemas, como compactação do solo e alta incidência de algumas doenças necrotróficas e fitonematóides na cultura da soja (FRANCHINI et al., 2012).

Figura 1 - Série histórica da área, produtividade e produção do milho em Santa Catarina.



Fonte: CONAB (2017b), Adaptada pelo autor. (¹) Estimativa em maio/2017.

Atualmente, há uma lacuna entre o rendimento médio de milho das lavouras Brasileiras e Catarinenses, com produtividades médias de $5,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $8,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ do ano agrícola 2016/17, respectivamente (CONAB, 2017a). Esta defasagem é maior ainda quando as produtividades médias brasileira e catarinense são comparadas com o potencial produtivo da cultura, que é de 31 Mg ha^{-1} (YAMADA, 1997), e as produtividades encontradas em lavouras comerciais de alto nível tecnológico ou obtidas em experimentos conduzidos sob condições ótimas de manejo, as quais apresentam valores superiores a 15 Mg ha^{-1} (SANGOI et al., 2003).

A grande discrepância entre os valores descritos no parágrafo anterior se deve a vários motivos, como o uso de genótipos com baixo potencial de rendimento de grãos ou não adaptados à região de cultivo, ataque de pragas e doenças, competição com plantas daninhas, intempéries climáticas, épocas de semeadura impróprias, escolha inadequada de arranjos de plantas e erros de manejo na aplicação de fertilizantes, principalmente os nitrogenados (SANGOI et al., 2010).

2.2 NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO

O nitrogênio (N) é o elemento mineral absorvido em maior quantidade pelas plantas, sendo essencial para o seu crescimento e desenvolvimento. O N é indispensável em processos como fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular. É constituinte de aminoácidos, aminas, proteínas, ácidos nucleicos, coenzimas e outros componentes das células vegetais. Pode ser absorvido na forma amoniacal ou nítrica (TAIZ; ZEIGER, 2013). O nitrogênio é o elemento que causa maiores efeitos nas características relacionadas ao crescimento e desenvolvimento do milho, sendo o nutriente que mais afeta a produtividade da cultura (OKUMURA et al., 2011).

Por ser um nutriente extremamente dinâmico, é muito difícil determinar a quantidade exata de fertilizante nitrogenado que o milho necessita para atingir a máxima eficiência agronômica e econômica. Sua disponibilidade no solo é influenciada pelas condições ambientais, práticas de manejo e outros fatores do sistema produtivo. Com isso, as recomendações de adubação nitrogenada são sempre uma aproximação das reais necessidades da cultura (YAMADA; ABDALLA, 2000). Portanto, é importante conhecer todos os fatores que interferem na eficiência do manejo da adubação nitrogenada para melhorar a estimativa da quantidade de fertilizante nitrogenado a ser utilizada.

A dose de nitrogênio a ser aplicada é o fator mais importante no manejo da fertilidade do solo na cultura do milho. Para que se faça uma correta recomendação, deve-se levar em consideração as condições edafoclimáticas, sistema de cultivo, época de semeadura, responsividade do material genético, rotação de culturas,

época e modo de aplicação, fontes de nitrogênio, aspectos econômicos e operacionais (OKUMURA et al., 2011).

Porém, buscando simplificar o manejo da adubação nitrogenada, no sul do Brasil atualmente os critérios levados em consideração pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo do RS/SC (2016) para a determinação da dose de nitrogênio a ser aplicada na lavoura de milho são o teor de matéria orgânica no solo, a cultura antecessora, a quantidade de biomassa produzida da mesma e a expectativa de produtividade. Esta simplificação pode influenciar negativamente a eficiência agrônoma de uso do nitrogênio, causando um impacto econômico e ambiental negativo.

2.3 RELAÇÃO DO NITROGÊNIO COM ÉPOCA DE SEMEADURA E CICLO DO HÍBRIDO

O crescimento e desenvolvimento do milho são limitados pela disponibilidade de água, temperatura e radiação solar. Para que o potencial genético de produtividade da cultura se expresse ao máximo, são necessárias condições ambientais ótimas. As condições ambientais encontradas pela cultura no decorrer do ciclo são determinadas pela escolha da época de semeadura.

Variáveis climáticas como temperatura, radiação solar, umidade do solo e do ar e fotoperíodo são influenciadas pela época de semeadura, interferindo diretamente na dinâmica do nitrogênio. A alteração das condições climáticas encontradas pela cultura do milho em função da época de semeadura modifica a velocidade de crescimento e desenvolvimento da planta. Estas mudanças fenológicas podem trazer alterações na eficiência agrônoma do nitrogênio aplicado.

O período de semeadura do milho no estado de Santa Catarina varia de 01 de agosto a 10 de janeiro. A amplitude do período recomendado para a semeadura de milho no município de Lages-SC é de 01 de setembro a 20 de dezembro (EPAGRI, 2007). A grande amplitude do período de semeadura do milho confere flexibilidade aos agricultores para manejar a cultura do milho dependendo do seu sistema produtivo. Contudo, estudos conduzidos por Sangoi (1993), no município de Lages,

e Forsthofer (2004), em Eldorado do Sul, RS, demonstraram que o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho, assim como produtividade de grãos, apresentam grande diferença em função da época de semeadura, mesmo dentro do período recomendado no zoneamento agrícola. Assim, existem épocas consideradas ideais para a semeadura da cultura, as quais são influenciadas por características do genótipo e do ambiente.

Do ponto de vista de aproveitamento da radiação solar, a época ideal de semeadura do milho é aquela onde os estádios de floração e início de enchimento de grãos, nos quais a cultura possui maior área foliar, coincidem com o período de maior disponibilidade de radiação. Já em regiões com alto risco de deficiência hídrica, deve-se procurar semear o milho numa época que minimize a possibilidade de que a cultura atinja o florescimento nos períodos com maior risco de estiagem (SANGOI et al., 2010).

Muitas vezes, a época de semeadura utilizada busca priorizar o sistema produtivo vigente da propriedade, em detrimento do conceito de época ideal de semeadura. Como exemplos, citam-se o caso de propriedades onde se tem como cultura principal cebola, fumo e feijão, que tem maior importância econômica para os agricultores. Nestes casos, a semeadura do milho é realizada tardiamente, durante os meses de dezembro e janeiro, após a colheita da cultura mais rentável (FORSTHOFER et al., 2004).

Com a semeadura tardia, a cultura é submetida a altas temperaturas e elevada radiação solar no início do ciclo. Isto acelera seu desenvolvimento e aumenta o crescimento vegetativo. Porém, quando a cultura atinge a floração e o período de enchimento de grãos, tem-se um menor fotoperíodo, menor quantidade de radiação disponível e menores temperaturas, limitando a capacidade fotossintética, o que acarreta em um menor desempenho no período reprodutivo. Temperaturas baixas no período reprodutivo diminuem a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos, reduzindo o peso específico final. A limitação fotossintética e o menor acúmulo de matéria seca nos grãos provocam menor rendimento de grãos em semeaduras tardias (CASTRO et al., 2008; FORSTHOFER et al., 2006).

A cultura do milho apresenta incrementos na área foliar a doses crescente de nitrogênio (FRANÇA et al., 2011). A deficiência de nitrogênio induz mudanças na resistência difusiva do CO₂, em virtude do aumento na resistência do mesófilo e, em

menor extensão, na resistência estomática, provocando redução nas taxas fotossintéticas (RYLE; HESKETH, 1969).

A resposta a adubação nitrogenada em cobertura é maior no milho semeado precocemente, sobretudo em regiões temperadas e sub-tropicais. As plantas semeadas mais cedo apresentam menor crescimento vegetativo em função das menores temperaturas encontradas no período vegetativo, com isso há mais nitrogênio disponível para o enchimento de grãos (SANGOI; SILVA; PAGLIARINI, 2016). Quanto maior o potencial produtivo maior é a resposta ao incremento da dose de nitrogênio em cobertura. Devido a isso, o fator de maior importância na recomendação das doses de nitrogênio em cobertura é a expectativa de produtividade (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2016).

Existe uma forte correlação entre o teor de nitrogênio na planta e a biomassa vegetal e a capacidade fotossintética da planta, proporcionando maior produção de grãos. A assimilação de carbono na fotossíntese aumenta a medida que se eleva a assimilação de nitrogênio (LAWLOR, 2002). Plantas bem nutridas em nitrogênio apresentam menores taxas de senescência foliar (WOLFE et al., 1988), bem como uma maior capacidade de interceptação da radiação, devido ao maior índice de área foliar (FRANÇA et al., 2011). Desta forma, o uso de doses crescentes de nitrogênio em semeadura tardia pode mitigar o efeito negativo da baixa radiação solar através do incremento da área foliar e aumento da eficiência fotossintética.

No que diz respeito ao ciclo do híbrido, geralmente materiais mais precoces possuem menor número de folhas expandidas na antese, menor área foliar e menor altura final de plantas (ALMEIDA et al., 2000). Estas características podem contribuir para uma menor competição intraespecífica e maior produção por indivíduo, em situações em que não se tem limitação ambiental. Porém, segundo Taiz e Zeiger (2013), a precocidade é uma desvantagem quando almejado obter maior produtividade, pois plantas mais precoces tem pouco tempo para se recuperar em caso de ocorrência de estresses diversos. Desta forma, genótipos mais precoces podem ser mais exigentes quanto a dose de nitrogênio a ser aplicada, sendo mais sensíveis a deficiência deste nutriente e apresentam menor resposta ao emprego de altas doses de nitrogênio em situações de limitação produtiva, imposto por estresses ambientais.

Trabalho conduzido por Durães et al. (1995), em cultivo de milho segunda safra, detectou que genótipos com taxa de crescimento semelhante demonstraram correlação positiva entre o número de dias de ciclo e o rendimento de grãos. Com isso, é possível que doses crescentes de nitrogênio e genótipos de ciclo mais longo possam contribuir para uma maior fotossíntese líquida no período de enchimento de grãos, mitigando os efeitos negativos da baixa radiação solar disponível em semeaduras tardias.

Por outro lado, em situações onde se tem grande estímulo ao crescimento vegetativo, como em semeaduras tardias de materiais vigorosos e com utilização de altas doses de nitrogênio, pode-se aumentar o coeficiente de extinção de luz, diminuindo a eficiência da conversão da radiação em biomassa e da eficiência de partição de biomassa em grãos, além de aumentar os índices de acamamento (ANDRADE; SADRAS, 2003).

A interação entre adubação nitrogenada, época de semeadura e o ciclo do híbrido afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho. Isto, por sua vez, afeta a produtividade e a eficiência de utilização do nitrogênio. Contudo, não se tem claro a magnitude dessas relações, tornando necessário o desenvolvimento de estudos que possibilitem um melhor entendimento, para mais tarde melhorar o posicionamento destas técnicas de manejo em lavouras comerciais.

Erros no manejo da adubação nitrogenada acarretam em baixa eficiência agrônômica de uso nitrogênio, causando perdas de produtividade e prejuízos econômicos. Além disto, fertilizações nitrogenadas incorretas podem apresentar elevado risco ambiental, pois esse nutriente possui alta mobilidade no solo e pode ser perdido por lixiviação, desnitrificação e volatilização. Para evitar essas perdas e diminuir o risco ambiental é necessário que a quantidade de fertilizante nitrogenado a ser aplicado seja a mais exata possível. Desta forma, previne-se os riscos decorrentes da aplicação de nitrogênio em excesso, que podem prejudicar a qualidade ambiental e aumentar os custos de produção, e se evita a falta de nitrogênio para o desenvolvimento da cultura, que acarreta na redução do rendimento de grãos.

3 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA E ÉPOCAS DE SEMEADURA.

3.1 RESUMO

A adubação nitrogenada, a época de semeadura e o ciclo do híbrido utilizado interferem nos padrões de crescimento e desenvolvimento do milho. Atualmente não se tem claro o comportamento das interações destes fatores sobre o crescimento da cultura. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da época de semeadura na resposta de parâmetros morfológicos e fisiológicos de híbridos de milho de ciclo contrastantes a doses de nitrogênio em cobertura. Dois experimentos foram conduzidos nos municípios de Lages, SC, no ano agrícola de 2015/16 e Atalanta, SC, no ano agrícola de 2016/17. Os experimentos foram conduzidos a campo, no delineamento experimental de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-subdivididas. Na parcela principal foram testados dois híbridos: AG9025 PRO3 (ciclo super-precoce) e P30F53 VYH (ciclo precoce). Nas subparcelas foram avaliadas duas épocas de semeadura: preferencial (início da primavera) e tardia (final da primavera). Nas sub-subparcelas foram testadas quatro doses de nitrogênio em cobertura: 0, 150, 300 e 450 kg de N ha⁻¹. As características avaliadas foram altura de plantas, diâmetro da base do colmo, índice de área foliar e teor relativo de clorofila. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F. Quando apresentaram diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e por análise de regressão polinomial, ao nível de significância de 5%. Tanto em Lages quanto em Atalanta, o incremento na dose de N em cobertura aumentou a altura da planta no espigamento quando os híbridos foram semeados na época preferencial e não interferiu sobre esta variável na semeadura tardia. A maior disponibilidade de N fomentou o crescimento em altura do P30F53 VYH e não interferiu na altura final de planta do AG9025 PRO3. Não houve efeito significativo da dose de N sobre o diâmetro de colmo em V9, o qual foi maior na semeadura feita na época recomendada para o híbrido P30F53 VYH. O incremento na dose de nitrogênio aumentou o IAF e o teor relativo de clorofila da folha índice no espigamento de forma mais acentuada na semeadura feita na época preferencial do que na tardia, quando o milho foi cultivado em Lages, num sistema de monocultura. Nos dois locais em que se conduziu o trabalho, o uso de doses crescentes de N proporcionou a elevação do teor relativo de clorofila no enchimento de grãos, bem como a maior manutenção do IAF durante este período para os dois híbridos e épocas de semeadura.

Palavras-chave: *Zea mays*. Teor relativo de clorofila. Ciclos contrastantes. Cobertura nitrogenada.

3.2 ABSTRACT

Nitrogen fertilization, sowing time and growth cycle may interfere the patterns of maize development. Currently, it is not clear how the interaction among these three factors affect the crop growth. This work was carried out aiming to evaluate the effect of sowing on the response of morphological and physiological traits of maize hybrids with contrasting growth cycles to nitrogen side-dress rates. Two experiments were set in Lages, SC, during the growing season of 2015/16 and Atalanta, SC, during the growing season of 2016/17. The experiments were installed in the field, using a randomized block design, disposed in split-split plots. Two hybrids were tested in the main plots: AG9025 PRO3 (hyper-early) and P30F53 VYH (early). Two sowing dates were assessed in the split plots: preferential (early spring) and delayed (late spring). Four nitrogen side-dress rates were evaluated in the split-split plots, equivalent to 0; 0.5; 1.0; and 1.5 times the recommended rate to achieve grain productivities of 21 Ma ha⁻¹. Plant height, ear insertion height, stem diameter, leaf area index and leaf relative chlorophyll content were determined. Data were statistically evaluated by the variance analysis using the F test. When F values were significant, averages were compared by the Tukey's test and polynomial regression analysis, both at the significance level of 5%. In both environments, the increment in nitrogen side-dress rate increased plant height at silking when maize hybrids were sown at the preferential time and did not interfere with this variable at the late sowing date. The greater availability of nitrogen increased the final plant height of P30F53 VYH and did not interfere with this trait of AG9025 PRO3. There was no significant effect of nitrogen rate on stem diameter in V9 which was higher when the sowing of hybrid P30F53 VYH was performed at the recommended time. The increment in nitrogen rate enhanced leaf area index and leaf relative chlorophyll content at silking more consistently at the recommended than at late sowing date, when maize was grown in Lages, without crop rotation. At both experimental sites, increasing N rates enhanced leaf relative chlorophyll content and leaf area index during grain filling for the two hybrids and sowing dates.

Key-words: *Zea mays*. Leaf relative chlorophyll content. Contrasting cycles. Nitrogen side-dress.

3.3 INTRODUÇÃO

O milho apresenta metabolismo C4 de fixação de carbono, o que lhe confere alta eficiência fotossintética. Porém, o aproveitamento da energia luminosa é dependente de um adequado manejo da cultura. Para atingir o potencial agronômico do milho, é necessário que se tenha adequado entendimento da dinâmica de crescimento da cultura, não somente em função das condições agroclimáticas, mas também das interações entre práticas de manejo.

O crescimento em altura e diâmetro de colmo no estágio vegetativo são determinantes da capacidade de reservas de nutrientes e fotoassimilados até a floração (FAVARATO et al., 2016). O índice de área foliar é um dos fatores que determinam a capacidade de interceptação de luz pela cultura (SANGOI et al., 2002). O teor relativo de clorofila é um indicativo da capacidade de conversão de energia luminosa em energia química (NOGUEIRA et al., 2013). O teor relativo de clorofila é um parâmetro mais confiável na predição do desempenho agronômico que o teor de nitrogênio nas folhas, pois o teor de N nas folhas continua aumentando e o rendimento de grãos fica estável com doses altas deste nutriente, enquanto o teor relativo de clorofila não se eleva com o consumo de luxo de nitrogênio (RAMBO et al., 2004). Portanto, estes três parâmetros são determinantes do desempenho agronômico do milho.

De uma maneira geral, independente do híbrido utilizado, o aumento da dose de nitrogênio em cobertura acarreta em maior altura de plantas. Com isso, técnicos e produtores tem adequado práticas de manejo buscado evitar a ocorrência de acamamento, principalmente quando a semeadura é realizada tardiamente. Portanto, é importante adequar a dose de nitrogênio à época de semeadura para não limitar o potencial agronômico do milho.

França et al. (2011) constataram que a cultura do milho apresenta incrementos na área foliar com doses crescente de nitrogênio. A alteração das condições climáticas encontradas pela cultura do milho em função da época de semeadura, modifica a velocidade de crescimento e desenvolvimento da planta. É possível que o ciclo do híbrido utilizado esteja ligado com a magnitude destas modificações.

O aumento da área foliar possibilita uma maior interceptação da radiação solar (MALDANER et al., 2009), o que acarreta em maiores taxas fotossintéticas. Porém, quando o índice de área foliar se torna muito elevado, aumenta-se o auto sombreamento da cultura (CAMACHO; GARRIDO; LIMA, 1995) o que provoca uma redução na fotossíntese líquida devido ao aumento na taxa de respiração. Desta forma, surgiu o conceito de índice de área foliar ótimo, que é aquele que possibilita o melhor desempenho agronômico. Agronomicamente espera-se que no espigamento as plantas atinjam o índice de área foliar ideal (SANGOI et al, 2010), que a área foliar se mantenha durante o enchimento de grão e que no final do ciclo os nutrientes e fotoassimilados presentes nas folhas sejam translocados aos grãos.

O nitrogênio, por ser constituinte de biomoléculas vegetais, está estritamente ligado ao crescimento vegetal (FARIA et al., 2015), a senescência foliar (BOOMSMA et al., 2009), assim como, na eficiência fotossintética das plantas (RYLE; HESKETH, 1969). As múltiplas funções fisiológicas do nitrogênio tornam crucial o estudo de sua dinâmica nos parâmetros determinantes do desempenho da cultura, em função da época de semeadura e do ciclo do híbrido utilizado.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da época de semeadura na resposta de parâmetros morfológicos e fisiológicos de híbridos de milho de ciclo contrastantes a doses crescentes de nitrogênio em cobertura.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em dois locais, a campo e com suplementação hídrica. O primeiro experimento foi conduzido durante o ano agrícola 2015/16, no município de Lages-SC, distrito Santa Terezinha do Salto. As coordenadas geográficas da área experimental são 27°50'35" de latitude Sul, 50°29'45" de longitude Oeste e altitude de 849 metros. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22°C e precipitações pluviais bem distribuídas. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico Típico (EMBRAPA, 2006).

O segundo experimento foi conduzido no município de Atalanta, Distrito de Ribeirão Matilde, durante o ano agrícola 2016/17. As coordenadas geográficas, do

local são 27° 26' 03" de latitude Sul, 49° 42' 06" de longitude Oeste e altitude de 586 m. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical mesotérmico úmido de verões quentes, temperatura média anual entre 18 a 19°C, precipitação média anual entre 1300 a 1500 mm e umidade relativa do ar de 82 a 85%. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico distrófico, de textura franco argila siltosa (EMBRAPA, 2006).

Foram coletadas quatro amostras de solo, um mês antes da implantação dos experimentos, as quais foram encaminhadas para análise química e física de fertilidade. A média dos indicadores de fertilidade do solo são apresentados na Tabela 1.

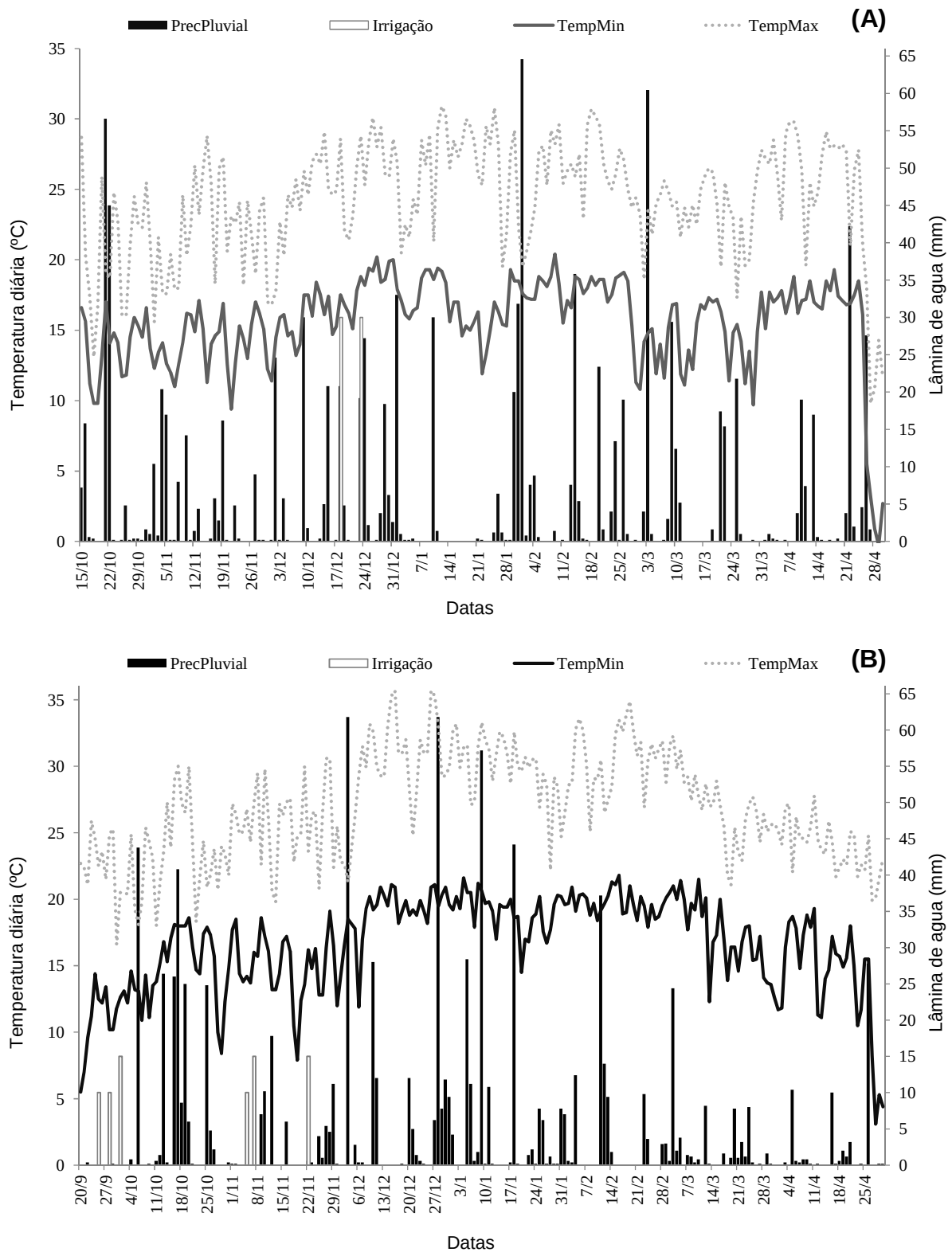
Tabela 1 - Características químicas e físicas do solo das áreas experimentais de Lages (Ano agrícola 2015/16) e Atalanta (Ano agrícola 2016/17).

	Local	
	Lages-SC	Atalanta-SC
Argila (%)	53,0	45,3
pH H ₂ O	5,1	5,7
Índice SMP	5,2	6,2
Matéria Orgânica (g.kg ⁻¹)	36,0	22,5
P (mg dm ⁻³)	13,0	80,1
K (mg dm ⁻³)	195,0	222,5
Ca (cmolc dm ⁻³)	7,0	7,6
Mg (cmolc dm ⁻³)	2,5	2,1
Al (cmolc dm ⁻³)	0,3	0,0
CTC (cmolc dm ⁻³)	20,8	13,8

Análises realizadas pelos laboratórios do Campus de Campos Novos da Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC) (ano agrícola 2015/16) e da Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) de Ituporanga (Ano agrícola 2016/17). Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados meteorológicos foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados climáticos foram coletados nas estações experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), de Lages-SC para ao ano agrícola 2015/16 e de Ituporanga-SC para ao ano agrícola 2016/17, localizados a 20 e 5 km das áreas experimentais, respectivamente. Os dados de precipitação pluvial, irrigação, temperatura mínima e máxima do ar são apresentados na Figura 2 A para ao ano agrícola 2015/16 e Figura 2 B para ao ano agrícola 2016/17.

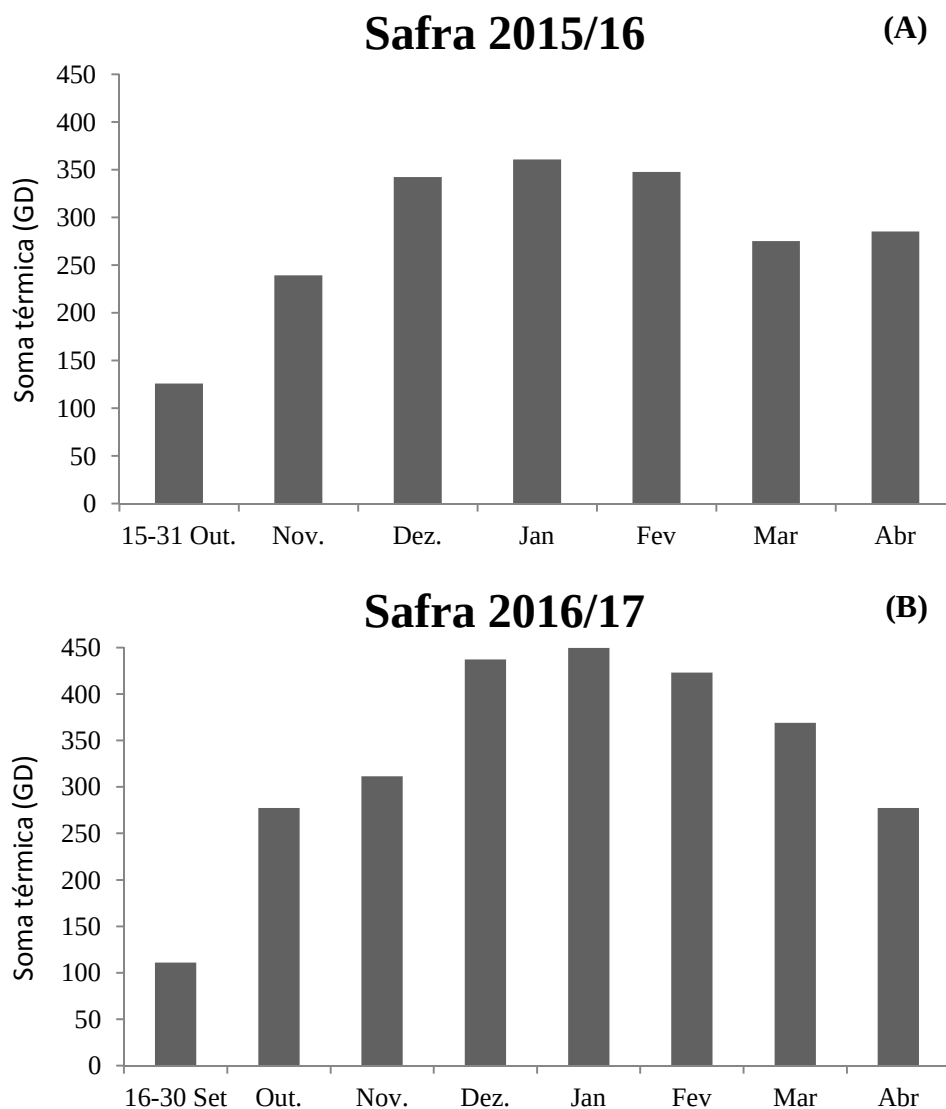
Figura 2 - Temperaturas mínima e máxima, precipitação pluviométrica e irrigações realizadas no ano agrícola 2015/16 Lages, SC (A) e ano agrícola 2016/17 Atalanta, SC (B).



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), adaptada pelo autor.

Calculou-se a soma térmica em graus-dia (GD) 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 $GD = \sum [(T_{\text{máx}} + T_{\text{min}})/2 - T_b]$ 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). Na Figura 3 são apresentados os dados de soma térmica acumulados mensalmente pela cultura, no ano agrícola 2015/16 (Figura 3 A) e ano agrícola 2016/17 (Figura 3 B).

Figura 3 - Soma térmica mensal da cultura do milho em graus-dia (GD). Ano agrícola 2015/16 (A), Lages-SC. Ano agrícola 2016/17 (B), Atalanta-SC.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), adaptada pelo autor.

A área experimental no município de Lages estava sendo manejada em monocultivo, com milho no verão e aveia preta no inverno nos últimos quatro anos agrícolas, em sistema de semeadura direta, não atendendo o fundamento da rotação de culturas do sistema plantio direto. Já a área experimental de Atalanta vinha sendo manejada com a seguinte composição de rotação de cultura: no ano agrícola 2012/13 aveia-preta/cebola/feijão, ano agrícola 2013/14 aveia-preta/milho, ano agrícola 2014/15 aveia-preta/cebola/soja, e ano agrícola 2015/16 aveia-preta/soja.

O delineamento experimental utilizado nos dois locais foi de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-subdivididas, com três repetições por tratamento no primeiro ano e quatro repetições no segundo ano agrícola. Na parcela principal foram testados dois híbridos: AG9025 PRO3 e P30F53 VYH, de ciclos super-precoce e precoce, respectivamente. Nas subparcelas foram avaliadas duas épocas de semeadura: época preferencial e época tardia, com a semeadura realizada no dia 15/10/2015 e 05/12/2015 no primeiro ano e 20/09/2016 e 05/12/2016 no segundo. Nas sub-subparcelas foram testadas quatro doses de nitrogênio em cobertura, equivalentes a 0; 0,5; 1,0 e 1,5 vezes a dose necessária para atingir produtividades de 21 Mg ha⁻¹ (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2004). Quantitativamente, as doses equivaleram à aplicação de 0, 150, 300 e 450 kg de N ha⁻¹. Estas doses foram divididas igualmente em três épocas de aplicação, nos estádios V4, V8 e V12 da escala de Ritchie et al. (1993). Cada unidade experimental foi composta por quatro linhas de seis metros de comprimento, considerando-se as duas linhas centrais como área útil e as duas linhas externas sendo bordadura.

A densidade de plantas utilizada foi 75.000 pl ha⁻¹ e o espaçamento entre linhas de 70 cm. A semeadura foi feita com semeadoras manuais, depositando-se três sementes por cova. As sementes foram previamente tratadas com os inseticidas Thiametoxan e Fipronil e com os fungicidas Fludioxonil + Metalaxyl + Carbendazin. Foi realizado desbaste quando as plantas estavam em estágio V2 para ajustar a população ao valor almejado. Na semeadura utilizou-se como adubação de base 30 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O, seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) para obtenção de tetos produtivos de 21.000 kg ha⁻¹.

O controle de plantas daninhas foi feito em duas épocas. Logo após a semeadura aplicou-se uma mistura dos herbicidas Atrazina + Metalacloro. No estágio V2 complementou-se o controle das plantas daninhas com a aplicação da mistura dos herbicidas Atrazina + Tembotriona. Os inseticidas para controle da lagarta de cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foram aplicados quando houve 10% de plantas com sintomas de raspagem, utilizando Turbo (beta-ciflutrina) no estágio V3, Larvim (Tiodecarbe) em V6 e Ampligo (Lambda cialotrina, clorantraniliprole) em V9. Nos estádios V12 e V18 do primeiro ano e no estágio V14 do segundo ano foi feita a aplicação da mistura dos fungicidas Azoxystrobina e Cyproconazole para o controle de doenças foliares.

Determinou-se a altura de planta nos estádios V6, V9 e R1 e o diâmetro da base do colmo nos estádios V6 e V9 da escala Ritchie et al. (1993), em cinco plantas previamente marcadas em cada sub-subparcela.

A avaliação do teor relativo de clorofila, expressos pelo índice de clorofila Falker (ICF), através da leitura com o medidor portátil de clorofila da marca Falker modelo Clorofilog CFL1030, em cinco plantas por parcela, com três medidas por planta. O ICF é um valor relativo do conteúdo de clorofila, baseado em correlações de absorbância e reflectância. Essa análise foi realizada na folha inserida no mesmo nó de inserção da espiga superior da planta, com primeira avaliação quando a cultura alcançou o estágio R1 e demais periodicamente aos 14, 28, 42 e 56 dias após o espigamento.

No estágio R1 (espigamento) avaliou-se a área foliar, nas mesmas cinco plantas utilizadas nas avaliações biométricas de diâmetro do colmo e altura. A área foliar foi estimada medindo-se o comprimento (C) e a maior largura (L) de todas as folhas fotossinteticamente ativas de cinco plantas. Considerou-se fotossinteticamente ativas as folhas com mais de 50% de sua área verde, de acordo com critério proposto por Borrás, Maddoni e Otegui (2003). A área foliar (A) por planta foi estimada utilizando-se a fórmula: $A = C \times L \times 0,75$, onde o valor 0,75 é um coeficiente de correção, uma vez que as folhas não apresentam área retangular, conforme procedimento utilizado por Tollenaar (1992). Determinou-se a área foliar aos 14, 28, 42 e 56 dias após o espigamento, subtraindo-se as folhas que apresentaram menos de 50% da sua área foliar verde em cada avaliação. O índice

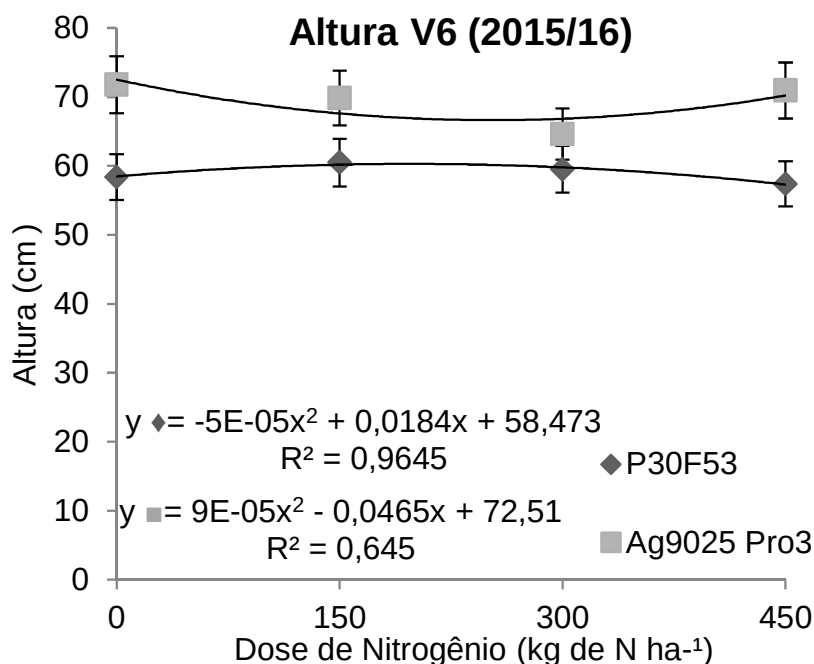
de área foliar (IAF) foi estimado pela relação entre a área foliar e o espaço ocupado pelas plantas em cada tratamento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F. Quando significativos, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey e por análise de regressão polinomial, ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). Para a análise da medida repetida no tempo das variáveis índice de área foliar (IAF) e teor relativo de clorofila desdobrou-se o fator híbrido, sendo considerado cada híbrido um experimento distinto. Neste caso, utilizou-se o modelo matemático referente a parcelas sub-subdivididas em blocos casualizados, sendo adotado o seguinte procedimento; na parcela principal foram alocadas as épocas de semeadura, nas subparcelas as doses de nitrogênio em cobertura e na sub-subparcela as medidas repetidas no tempo.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano agrícola 2015/16 em Lages, a altura de plantas no estágio V6 foi afetada pela interação entre dose de nitrogênio e híbrido (Apêndice 1). O híbrido AG9025 PRO3 apresentou maior altura de planta do que o P30F53 VYH, independente da dose utilizada (Figura 4).

Figura 4 - Altura de plantas no estágio V6, em função de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Lages, SC, 2015/16.



*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2016/17, a altura de plantas em V6 só foi afetada pelo efeito principal da época de semeadura (Tabela 2). A semeadura tardia aumentou em 33,5% a altura de plantas neste estágio fenológico.

Tabela 2 - Altura de plantas do milho no estágio V6 em função da época de semeadura, na média de dois híbridos e quatro doses de nitrogênio. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.

Época de Semeadura (ES)	Altura (cm)
Recomendada	45,01 b*
Tardia	60,10 a
C.V.	9,61%

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2015/16, a altura de plantas em V9 foi influenciada pelo efeito principal de híbrido e época de semeadura (Apêndice 1). O híbrido super-precoces apresentou 17,7% maior altura de planta que o híbrido precoce, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de nitrogênio (Tabela 3). A diferença em altura encontrada entre as épocas de semeadura no estágio V6 em Atalanta se intensificou

no estágio V9 em Lages, onde a semeadura tardia acarretou em 45,4% maior altura de plantas que a época preferencial.

Tabela 3 - Altura de plantas no estágio V9 de híbridos de milho, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de nitrogênio e em função da época de semeadura na média de dois híbridos e quatro doses de nitrogênio. Lages-SC, ano agrícola 2015/16.

Híbrido	Altura (cm)
P30F53 Vyh	126 b*
AG9025 Pro3	149 a
C.V.	2,65%
Época de Semeadura (ES)	Altura (cm)
Recomendada	112 b
Tardia	163 a
C.V.	6,42%

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

No segundo ano agrícola observou-se efeito significativo da interação entre híbrido e época de semeadura na variável altura de planta no estágio V9 (Tabela 4). O híbrido AG9025 PRO3 apresentou maior altura de planta que o P30F53 VYH. A semeadura tardia aumentou a altura de plantas dos dois híbridos, com efeito mais pronunciado no híbrido AG9025 PRO3.

Tabela 4 - Altura de plantas no estágio V9 em função do híbrido utilizado e da época de semeadura, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta-SC, 2016/17.

Altura (cm)		
Híbrido (H)		
Época de Semeadura (ES)	P30F53 VYH	AG9025 Pro3
Recomendada	93 bB*	101 bA
Tardia	105 aB	123 aA
C.V. Fator A (H)	12,83%	
C.V. Fator B (ES)	7,24%	

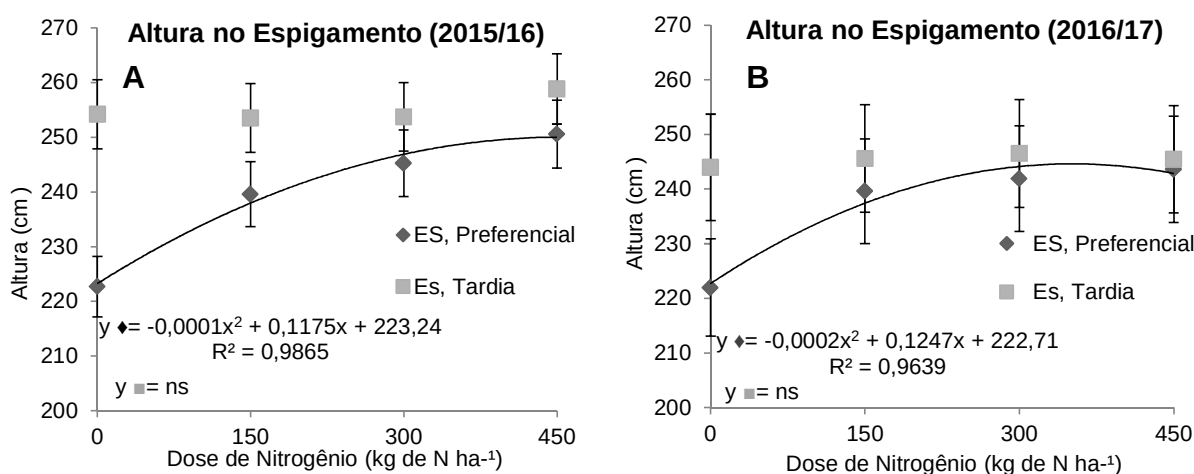
*Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

A maior soma térmica encontrada no período vegetativo (V6-V9) proporcionou maior crescimento em altura na época de semeadura tardia, principalmente para o AG9025 PRO3 que apresentou maiores taxas de crescimento.

A dose de N não teve efeito significativo na altura de plantas em V6 e V9 nos dois ambientes em que se conduziu o trabalho. Diferentemente do presente estudo, Dartora et al. (2013) encontraram resposta quadrática ou incremento da dose de nitrogênio em cobertura para a variável altura de planta em V9.

A altura de plantas no espigamento nas duas safras foi afetada pela interação entre dose de nitrogênio e época de semeadura (Apêndice 1). Na época de semeadura preferencial houve resposta quadrática ao incremento da dose de nitrogênio, com máxima altura teórica de 258 cm, alcançada com a aplicação de 587 kg ha⁻¹ de N em cobertura no ano agrícola 2015/16 (Figura 5 A) e de 242 cm, obtida com a aplicação de 311,75 ha⁻¹ de N em cobertura no ano agrícola 2016/17 (Figura 5 B). Em ambas as safras, na época de semeadura tardia a altura de plantas não respondeu ao incremento da dose de N. As plantas semeadas na época tardia encontraram temperaturas elevadas no desenvolvimento vegetativo. O grande estímulo térmico ao crescimento em altura minimizou o efeito das doses de nitrogênio sobre a variável.

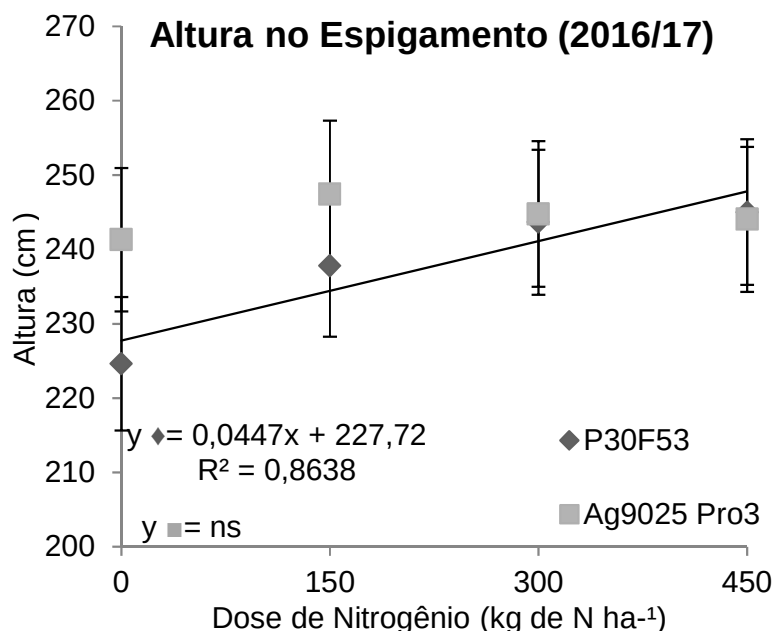
Figura 5 - Altura de plantas de milho no espigamento em função da época de semeadura e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages, SC, 2015/16 (A). Atalanta, SC, 2016/17 (B).



*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2016/17 em Atalanta observou-se também interação significativa entre dose de nitrogênio em cobertura e híbrido para a variável altura de plantas no espigamento (Apêndice 1). O híbrido P30F53 VYH apresentou resposta linear ao incremento da dose de nitrogênio, com taxas de aumento de 0,045 cm por kg de N aplicado em cobertura. O híbrido AG9025 PRO3 não alterou a altura no espigamento com o incremento da dose de nitrogênio em cobertura (Figura 6).

Figura 6 - Altura de plantas de milho no espigamento em função do híbrido e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Atalanta, SC, 2016/17.



*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

A correlação positiva entre o aumento da dose de nitrogênio e a altura final de plantas foi observada por Duete et al. (2008), corroborando com os resultados do presente estudo. Contudo, as doses de nitrogênio em cobertura tiveram maior interferência na altura de planta no híbrido de ciclo mais longo e em condições climáticas de menor estímulo ao crescimento vegetativo.

Goes et al. (2013), em experimento irrigado com o híbrido P30F53 VYH de ciclo precoce e semeadura realizada em 12 de julho, em Selvíria-MS, concluiu que a adubação nitrogenada incrementa a altura de plantas. Já Biscaro et al. (2011), num experimento implantado em março em Dourados-MS, utilizando o híbrido AG9040 de ciclo superprecoce, não observou diferença significativa na altura de plantas em

relação às doses de N. Os dados obtidos nestes dois trabalhos reforçam a hipótese que a dose de nitrogênio em cobertura interfere na altura de planta em materiais de ciclo mais longo e sob condições climáticas de menor estímulo ao crescimento vegetativo.

O diâmetro de colmo no período vegetativo (V6 e V9) foi influenciado pelo efeito principal de época de semeadura no ano agrícola 2015/16 (Apêndice 1). No estágio V6 em Lages, as plantas semeadas na época de semeadura tardia apresentaram 23,9% maior diâmetro de colmo que as semeadas na época preferencial (Tabela 5). Porém, em V9 o diâmetro de colmo foi 8,9% menor na época de semeadura tardia. É provável que com menor investimento de energia em altura e um maior período vegetativo, as plantas semeadas no período recomendado apresentaram um menor alongamento e maior desenvolvimento dos tecidos de reserva, desta forma apresentando um maior diâmetro de colmo no estágio V9.

Tabela 5 - Diâmetro da base de colmo (mm) do milho nos estádios V6 e V9 em função da época de semeadura, na média de dois híbridos e quatro doses de nitrogênio. Lages, SC, ano agrícola 2015/16.

Época de Semeadura (ES)	Diâmetro V6	Diâmetro V9
Recomendada	18,9 b*	28,9 a
Tardia	23,5 a	26,3 b
C.V.	15,29%	7,22%

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

No segundo ano houve interação significativa entre época de semeadura e híbrido utilizado para a variável diâmetro de colmo em V6 e V9 (Apêndice 1). No estágio V6, a época de semeadura tardia incrementou em 7,4% e 18,11% o diâmetro de colmo do híbrido P30F53 VYH e AG9025 PRO3, respectivamente (Tabela 6). O híbrido AG9025 PRO3, com a evolução do desenvolvimento vegetativo de V6 para V9, não respondeu a época de semeadura, diferentemente do P30F53 VYH que na semeadura tardia apresentou um diâmetro 9,7% menor que na preferencial. No estágio V9, o P30F53 VYH apresentou 14,8% maior diâmetro de colmo que o AG9025 PRO3 na época de semeadura preferencial. Na tardia os híbridos não diferiram entre si para esta variável.

Tabela 6 - Diâmetro da base do colmo (mm) no estágio V6 e V9 de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta-SC, 2016/17.

	Diâmetro V6		Diâmetro V9	
	Híbrido (H)		Híbrido (H)	
Época de Semeadura (ES)	P30F53 VYH	Ag9025 Pro3	P30F53 VYH	AG9025 Pro3
Preferencial	22,5 bA*	19,6 bB	30,9 aA	26,9 aB
Tardia	24,1 aA	23,1 aB	27,9 bA	27,5 aA
C.V. Fator A (H)	14,99%		11,45%	
C.V. Fator B (ES)	4,73%		6,40%	

*Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

Segundo Favarato et al. (2016), um maior diâmetro de colmo no período vegetativo proporciona maior espaço físico para o armazenamento de reservas. Consequentemente, plantas de milho com maior diâmetro de colmo tendem a apresentar melhor desempenho agrônômico, além de possuírem maior tolerância ao acamamento e quebramento.

O presente trabalho fornece indícios de que em condições de grande estímulo ao crescimento em altura, imposto pela semeadura tardia, há um decréscimo do diâmetro de colmo, apresentando correlação negativa com altura de planta. Trabalho conduzido por Leolato (2016) com população de plantas, observou correlação negativa entre diâmetro do colmo e altura de plantas de milho. Onde nas densidades mais altas houve maior crescimento em altura e menor diâmetro de colmo. Porém, resultados reportados por Goes et al. (2013) com fontes e doses de nitrogênio em cobertura demonstraram correlação positiva entre a altura de planta e o diâmetro do colmo. Evidenciando que a relação entre diâmetro de colmo e altura de plantas é definida pela natureza do fator determinante. Embora doses de nitrogênio estimulem tanto o crescimento em altura como em diâmetro, o grande estímulo ambiental ao crescimento em altura acarretou em detrimento ao diâmetro de colmo.

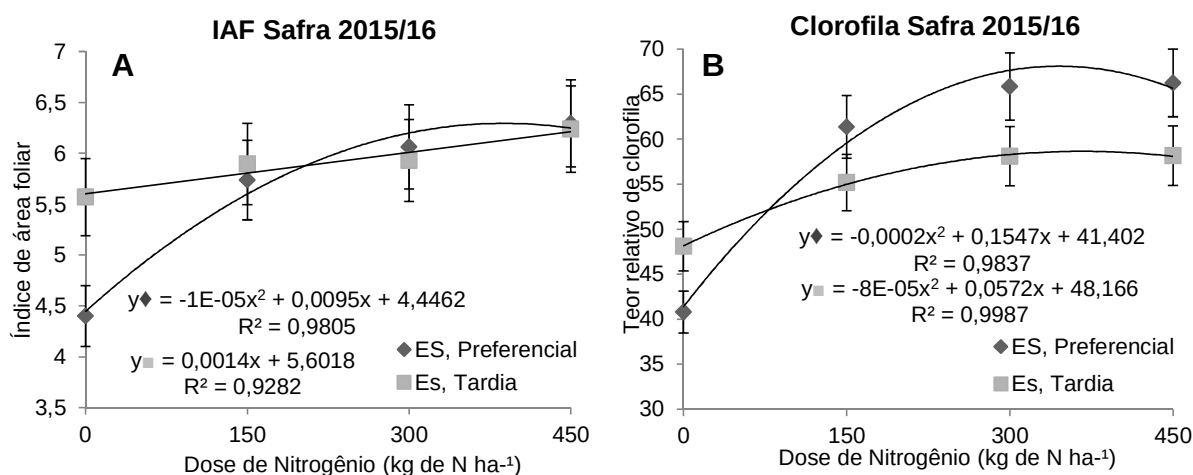
Diferentemente dos estudos de Soratto et al. (2010), não se observou efeito significativo da dose de nitrogênio em cobertura sobre o diâmetro de colmo em nenhuma das safras. A semeadura feita na época preferencial favoreceu o desenvolvimento do colmo do híbrido mais tardio (Tabela 6).

No ano agrícola 2015/16, observou-se interação entre época de semeadura e dose de nitrogênio em cobertura para as variáveis índice de área foliar (Apêndice 2) teor relativo de clorofila no espigamento (Apêndice 3).

A medida que se aumentou a dose de nitrogênio em cobertura se elevou o índice de área foliar (Figura 7 A). Na primeira época de semeadura, se observa que os tratamentos que não receberam nitrogênio tiveram um índice de área foliar expressivamente inferior aos tratamentos que receberam, o que não aconteceu na segunda época de semeadura, onde o efeito de doses crescentes de nitrogênio foi menos acentuado. Esse comportamento se torna mais evidente quando se analisam as equações do ajuste de regressão. Na primeira época de semeadura houve um comportamento quadrático, enquanto a semeadura tardia apresentou comportamento linear com baixo incremento na área foliar à medida que se aumentou a dose de nitrogênio em cobertura.

O teor de clorofila no ano agrícola 2015/16 da época tardia foi superior a preferencial nos tratamentos que não receberam nitrogênio (Figura 7 B). Provavelmente esse comportamento ocorreu devido a maior disponibilidade de nitrogênio do solo advindo da matéria orgânica e palhada. A medida que se aumentou a dose de nitrogênio em cobertura, se elevou o teor relativo de clorofila nas duas épocas de semeadura. Contudo, assim como registrado para o IAF, o maior impacto do nitrogênio sobre esta variável ocorreu na semeadura feita na época preferencial. O maior teor de clorofila nos tratamentos que receberam nitrogênio é explicado pela correlação positiva entre teor relativo de clorofila e teor de nitrogênio em tecido vegetal (RAMBO et al., 2007; VARGAS et al., 2012).

Figura 7 - Índice de área foliar (a) e teor relativo de clorofila (b) no espigamento do milho em função da época de semeadura e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages-SC, ano agrícola 2015/16.



*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2015/16, a dessecação da aveia foi realizada 30 dias antes da semeadura da primeira época de semeadura em todas as parcelas. Vargas, Selbach e Sá (2005), em estudo da mineralização da aveia durante o ciclo do milho, constataram que a mineralização do nitrogênio em gramíneas com alta relação C/N é lenta e gradual. Com isso, a grande biomassa advinda da palhada do milho e da aveia cultivados antes da implantação do experimento possivelmente proporcionou maior disponibilidade de nitrogênio na semeadura tardia do que na preferencial. Na semeadura feita em dezembro houve mais tempo para a decomposição dos restos culturais, o que diminuiu a imobilização de nitrogênio e atenuou o efeito das doses de N mineral sobre o IAF e o teor relativo de clorofila da folha índice no espigamento.

No ano agrícola 2016/17 houve efeito significativo do efeito principal de dose e da interação entre época de semeadura x híbrido para o índice de área foliar no espigamento (Apêndice 2). Observou-se também significância do efeito principal da dose de nitrogênio em cobertura para o teor relativo de clorofila (Apêndice 3).

O IAF do híbrido P30F53 VYH não apresentou resposta em função da época de semeadura. Já o AG9025 PRO3 teve um menor índice de área foliar na semeadura tardia (Tabela 7). Possivelmente a maior soma térmica do segundo ano agrícola acelerou o desenvolvimento da cultura em detrimento do crescimento, principalmente para o material mais precoce. Forsthofer et al (2004) observaram maior área foliar no milho semeado na época de semeadura preferencial em relação a tardia. Os mesmos autores destacam que na ausência de déficit híbrido as plantas semeadas na época preferencial apresentam maior área foliar que as semeadas precocemente. Materiais mais precoces, apresentam menor número de folhas expandidas na antese e menor área foliar (ALMEIDA et al., 2000; FORSTHOFER et al 2004), o que é intensificado na semeadura tardia, por um maior favorecimento do desenvolvimento em detrimento do crescimento vegetativo, provocado pelas maiores temperaturas que as plantas encontram no período vegetativo.

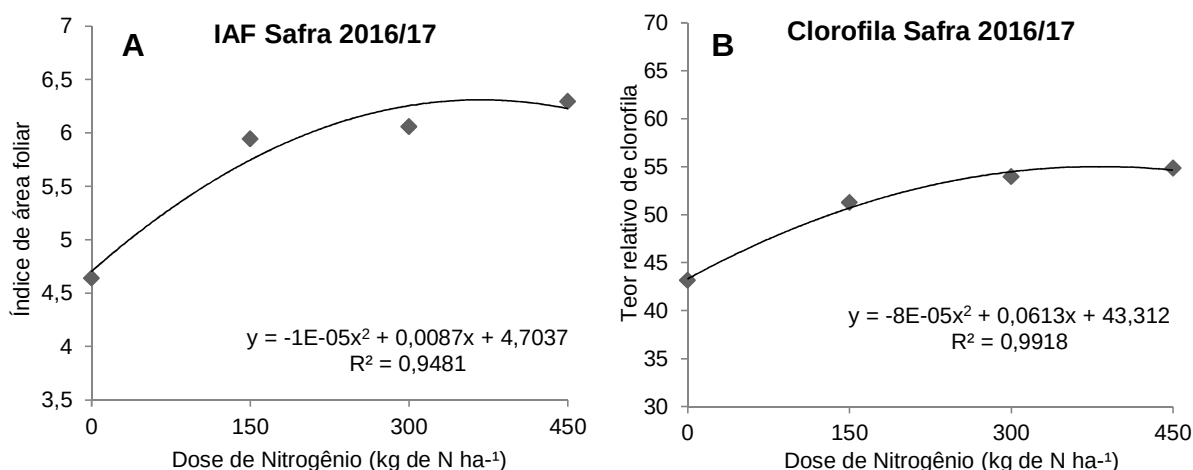
Tabela 7 - Índice de área foliar no espigamento em função do híbrido utilizado e da época de semeadura, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta-SC, 2016/17.

Época de Semeadura (ES)	Índice de área foliar no espigamento	
	Híbrido (H)	
	P30F53 Vyh	AG9025 Pro3
Recomendada	6,0 aA*	5,7 aB
Tardia	6,0 aA	5,2 bB
C.V. Fator A (H)	11,62%	
C.V. Fator B (ES)	5,58%	

*Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2016/17, as variáveis índice de área foliar e teor relativo de clorofila se elevaram à medida que se aumentou a dose de nitrogênio em cobertura (Figura 8). O índice de área foliar respondeu de forma quadrática a dose de nitrogênio em cobertura, sendo o máximo IAF teórico de 6,6 alcançada com a aplicação de 435 kg de N em cobertura. O máximo teor relativo de clorofila teórico foi de 55,1, alcançado com a aplicação de 383 kg de N em cobertura.

Figura 8 - Índice de área foliar (A) e teor de clorofila (B) no espigamento, na média de dois híbridos e duas épocas de semeadura. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O índice de área foliar e o teor relativo de clorofila são correlacionados com o potencial agrônomo da cultura do milho. A medida que se aumenta o teor relativo de clorofila se eleva a capacidade da planta em absorver e transformar a energia luminosa interceptada em energia química. Já o índice de área foliar está relacionado com a capacidade de interceptação luminosa das plantas, embora

muitas vezes excessos de área foliar aumentem demasiadamente o índice de extinção de luz, elevando as taxas de respiração, o que diminui a taxa de fotossíntese líquida.

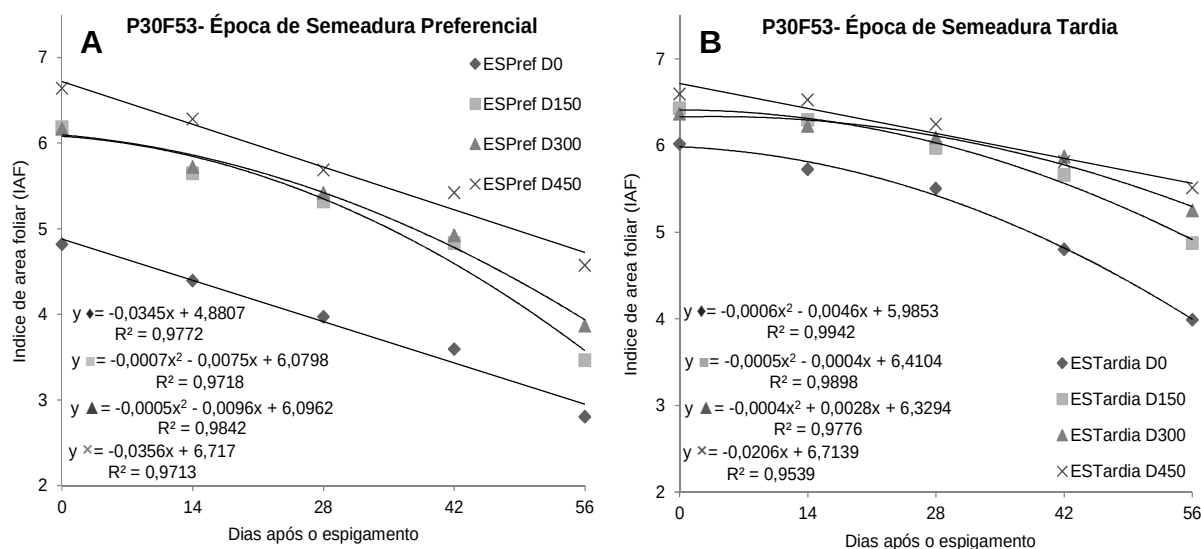
Segundo Lauer, Roth e Bertram (2004), o milho deve alcançar valores de IAF entre 4 e 5 no florescimento para otimizar seu desempenho agrônômico. Porém Schimdt et al. (2014), estudando as melhores estratégias de manipulação do arranjo de plantas para altas produtividades, obteve produtividade de $18,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ com IAF próximo a 8, na densidade de plantas de $11 \text{ plantas m}^{-2}$, em espaçamento de 0,4 m entre linhas. Isto pode ser um indicativo de que os maiores valores de IAF encontrados no presente estudo, os quais foram inferiores a 6,6, provavelmente não favoreceram as taxas de respiração, em detrimento da fotossíntese líquida.

Buscando explorar melhor as variáveis índice de área foliar (Apêndice 2) e teor relativo de clorofila (Apêndice 3), procedeu-se a avaliação estatística destas variáveis no tempo, considerando cada híbrido um experimento distinto como descrito na metodologia.

No primeiro ano agrícola, o índice de área foliar do P30F53 VYH foi influenciado pela interação entre época de semeadura, dose de nitrogênio em cobertura e avaliação no tempo (Apêndice 4). Para facilitar a visualização e compreensão dos dados, optou-se pela divisão dos mesmos em dois gráficos, onde a época de semeadura preferencial é apresentada na Figura 9 A e a tardia na 9 B.

De maneira geral, o índice de área foliar na época tardia foi maior que na preferencial. Embora nas duas épocas os tratamentos que receberam nitrogênio tenham apresentado uma maior área foliar, as diferenças nos valores de IAF entre doses de N foram menores na semeadura tardia. Isto pode ser justificado pelas maiores temperaturas no período vegetativo do milho semeado em dezembro, as quais limitaram a magnitude dos efeitos da dose de N sobre o crescimento vegetativo. A senescência foliar durante o enchimento de grãos foi mais rápida quando o P30F53 VYH foi semeado na época preferencial, porque as plantas semeadas mais cedo encontraram maiores temperaturas no período reprodutivo, o que acelerou seu metabolismo e desenvolvimento.

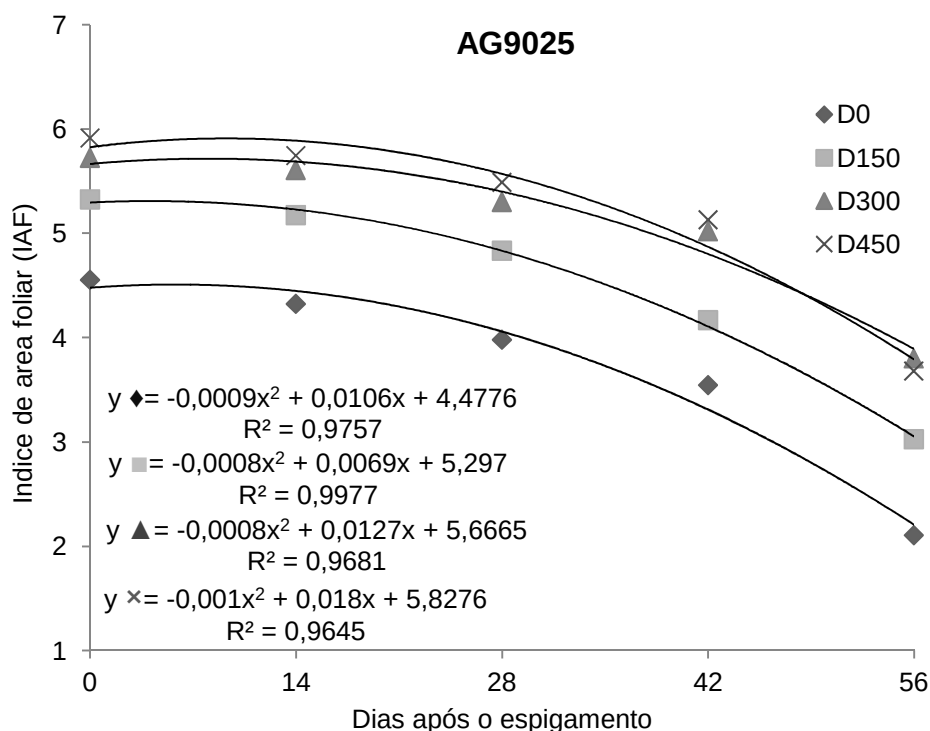
Figura 9 - Índice de área foliar do híbrido P30F53 VYH nas épocas de semeadura preferencial (A) e tardia (B), em função de doses de nitrogênio em cobertura e tempo. Lages, SC, ano agrícola 2015/16.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o AG9025 PRO3, a única interação significativa no ano agrícola 2015/16 foi entre doses de nitrogênio em cobertura e avaliação no tempo (Apêndice 5). Isto indica que provavelmente a manutenção da área foliar no enchimento de grãos do AG9025 PRO3 tenha uma menor interferência do ambiente que o P30F53 VYH, o que justificaria o comportamento diferenciado em relação à época de semeadura. Assim como o P30F53 VYH, houve incremento do IAF do AG9025 PRO3 com o aumento das doses de nitrogênio (Figura 10). À medida que se aumentou as doses de nitrogênio houve maior número de folhas verdes no final do ciclo. Desta forma, altas doses de nitrogênio favoreceram maior retenção de fotoassimilados nas folhas que deveriam ter sido direcionados aos grãos.

Figura 10 - Índice de área foliar do híbrido AG9025 PRO3 em função da avaliação no tempo e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Lages-SC, 2015/16.

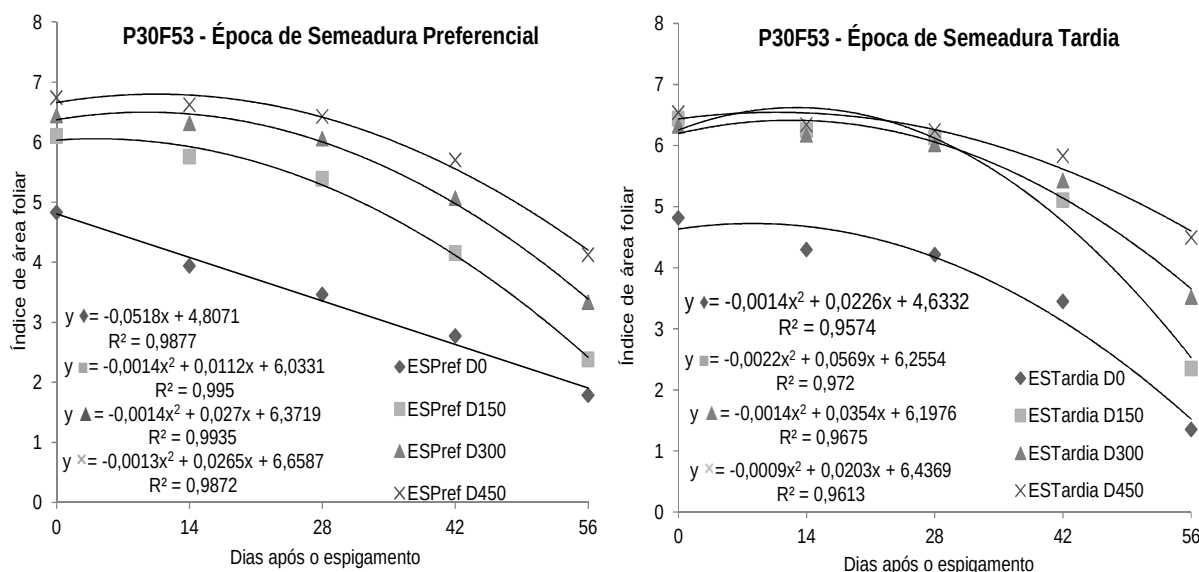


Fonte: Elaborada pelo autor.

Assim como no primeiro ano, foi possível observar interação tripla entre época de semeadura, dose de nitrogênio em cobertura e tempo de avaliação para o IAF do híbrido P30F53 VYH no ano agrícola 2016/17 (Apêndice 4).

Observou-se uma menor taxa de senescência no início do enchimento de grãos em comparação ao ano agrícola anterior, pois os tratamentos que receberam nitrogênio só apresentaram queda no índice de área foliar significativa após os 28 dias do espigamento (Figura 11). Porém, no final do enchimento de grãos a área foliar remanescente foi menor ou semelhante ao ano agrícola 2015/16, o que demonstra uma menor retenção de fotoassimilados nas folhas no segundo ano agrícola.

Figura 11 - Índice de área foliar do híbrido P30F53 VYH nas épocas de semeadura preferencial e tardia, em função de doses de nitrogênio em cobertura e tempo. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.

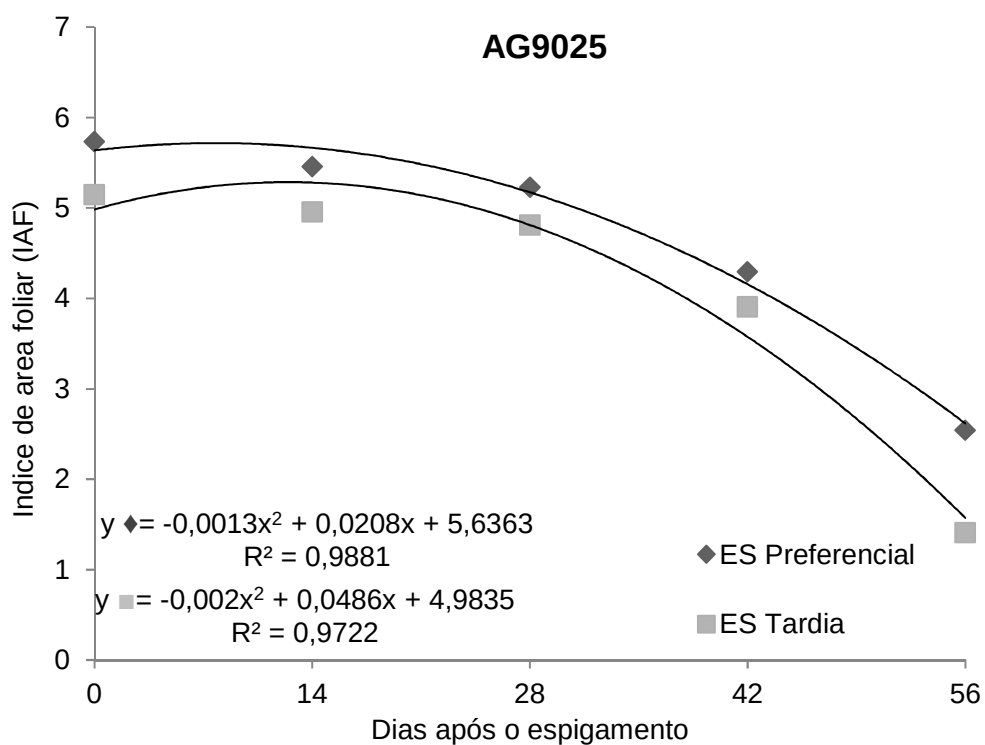


Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2016/17 observou-se efeitos significativos das interações entre época de semeadura e avaliação no tempo e dose de nitrogênio em cobertura e avaliação no tempo no AG9025 PRO3 (Apêndice 5).

As parcelas semeadas na época preferencial apresentaram maior índice de área foliar, e menores taxas de senescência no final do enchimento de grãos (Figura 12).

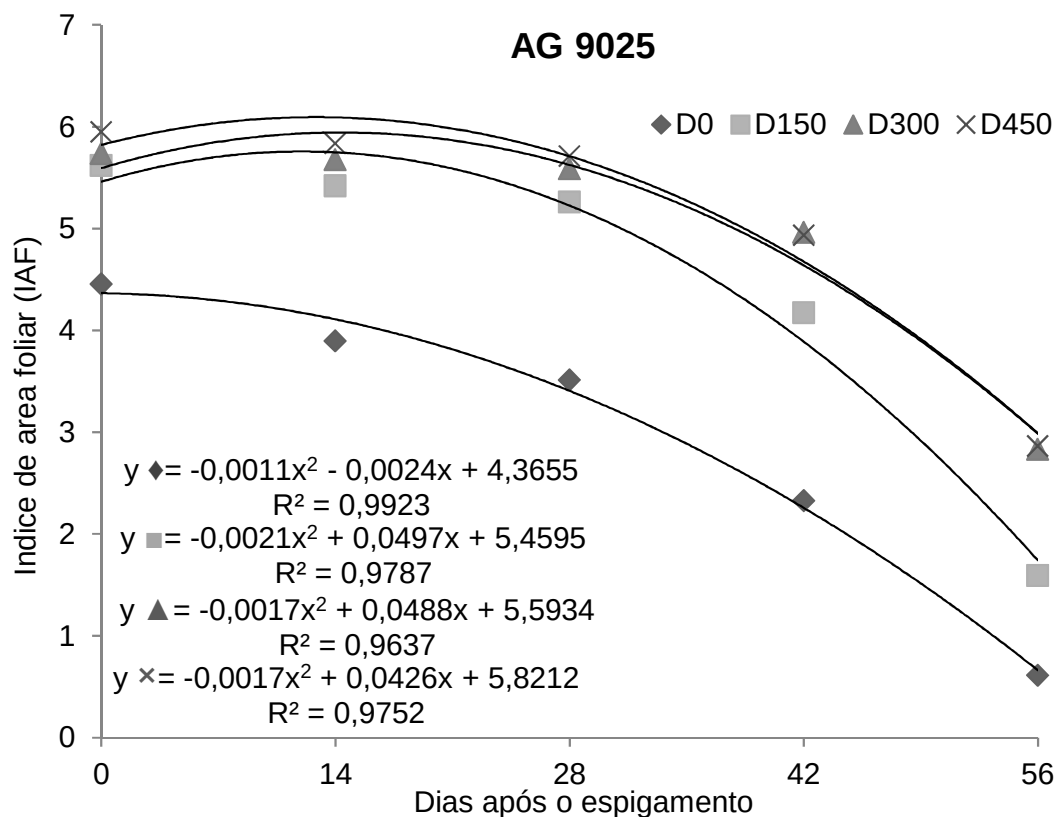
Figura 12 - Índice de área foliar do híbrido AG9025 PRO3 em função da época de semeadura e avaliação no tempo, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta, SC, 2016/17.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Assim como no ano agrícola 2015/16, no segundo ano agrícola o uso de doses crescentes de nitrogênio contribuiu para o aumento do índice de área foliar e sua manutenção no decorrer do enchimento de grãos (Figura 13).

Figura 13 - Índice de área foliar do híbrido AG9025 PRO3 em função da dose de nitrogênio em cobertura e avaliação no tempo. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.

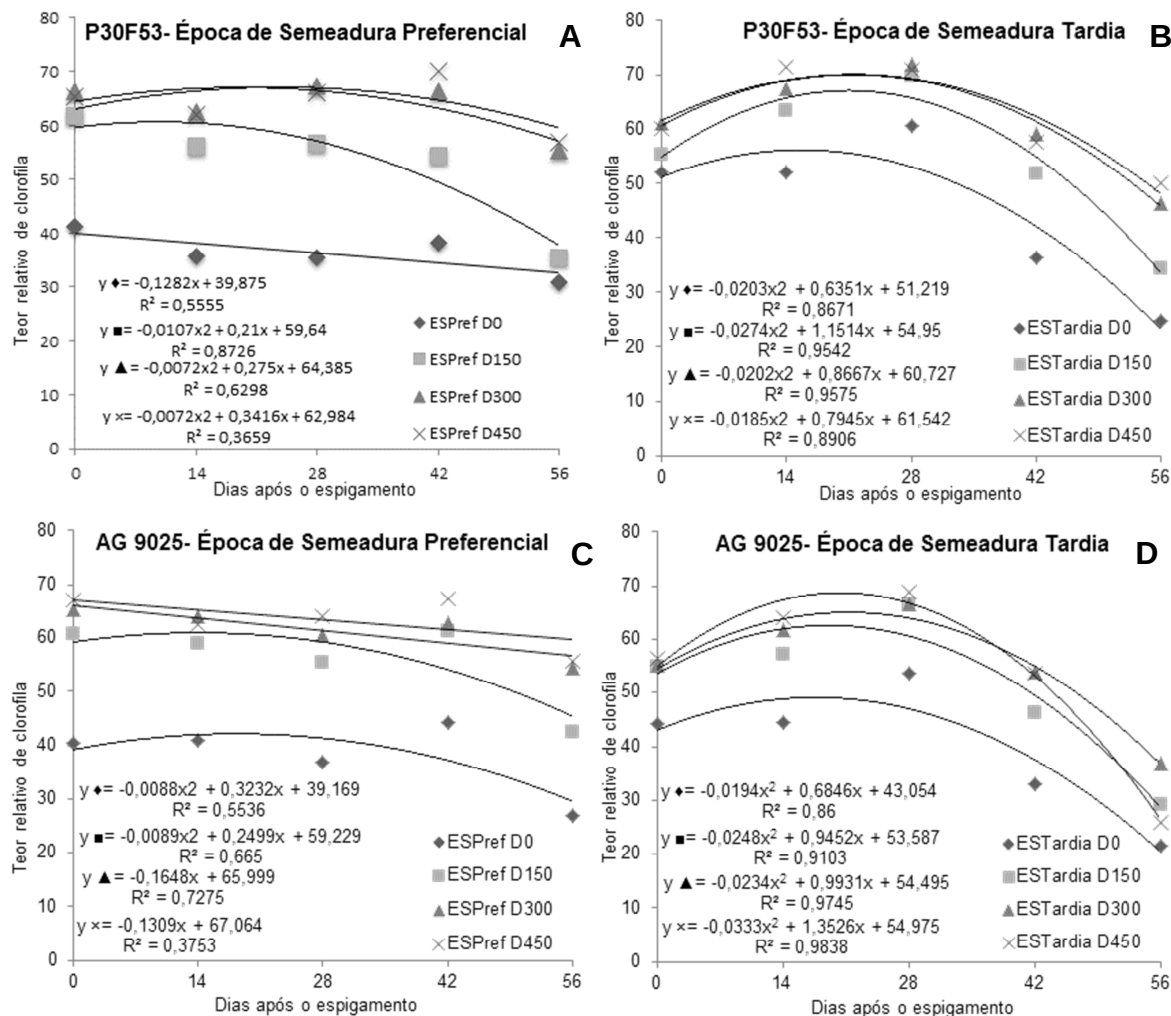


Fonte: Elaborada pelo autor.

O teor relativo de clorofila no ano agrícola 2015/16 para os dois híbridos apresentou interação tripla significativa entre época de semeadura, dose de nitrogênio em cobertura e avaliação no tempo para os dois híbridos (Apêndice 4 e 5).

Enquanto na época de semeadura preferencial os teores relativos de clorofila dos dois híbridos se mantiveram relativamente constantes até próximo ao fim do enchimento de grãos, na semeadura tardia ocorreu uma elevação no teor relativo de clorofila na primeira metade do enchimento de grão e depois um decréscimo mais acentuado no final do período amostral (Figura 14). Tendo em vista que no início do enchimento de grãos, a capacidade de dreno de fotoassimilados e de nitrogênio dos grãos ainda está sendo desenvolvida, existe uma tendência que o nitrogênio que continua sendo absorvido se acumule nas folhas para mais tarde ser redirecionado aos grãos.

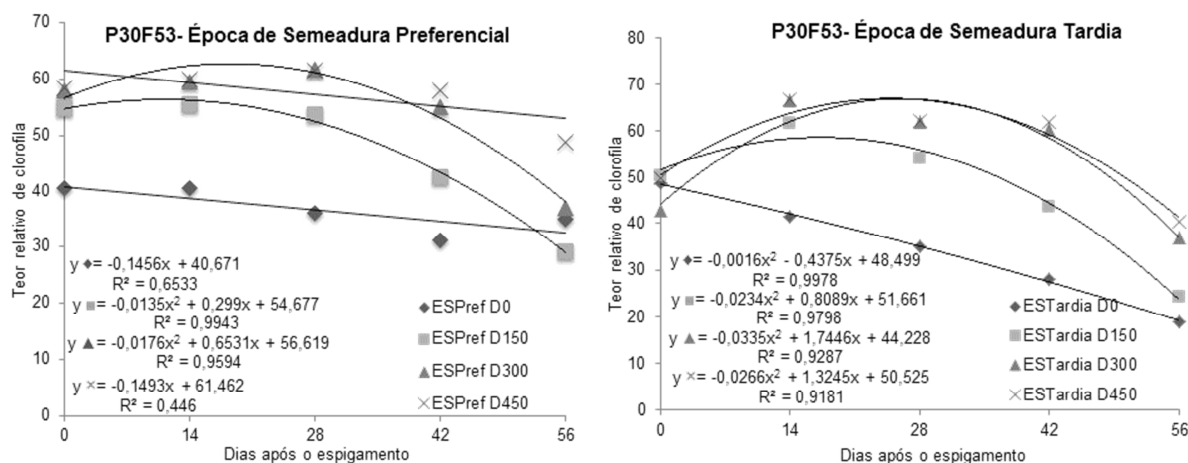
Figura 14 - Teor relativo de clorofila nas épocas de semeadura preferencial e tardia, em função de doses de nitrogênio em cobertura e tempo. P30F53 VYH (A, B) e AG9025 PRO3 (C, D). Lages, SC, ano agrícola 2015/16.



Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2016/17 em Atalanta houve efeito significativo da interação tripla entre época de semeadura, dose de nitrogênio em cobertura e avaliação no tempo para a variável teor relativo de clorofila no híbrido P30F53 VYH (Apêndice 4). Assim como na primeira safra, nos tratamentos que receberam nitrogênio em cobertura ocorreu uma elevação no teor relativo de clorofila de forma quadrática, com maior resposta nas maiores doses de nitrogênio e na semeadura tardia (Figura 15). Já as parcelas que não receberam nitrogênio em cobertura houve uma redução linear no teor relativo de clorofila.

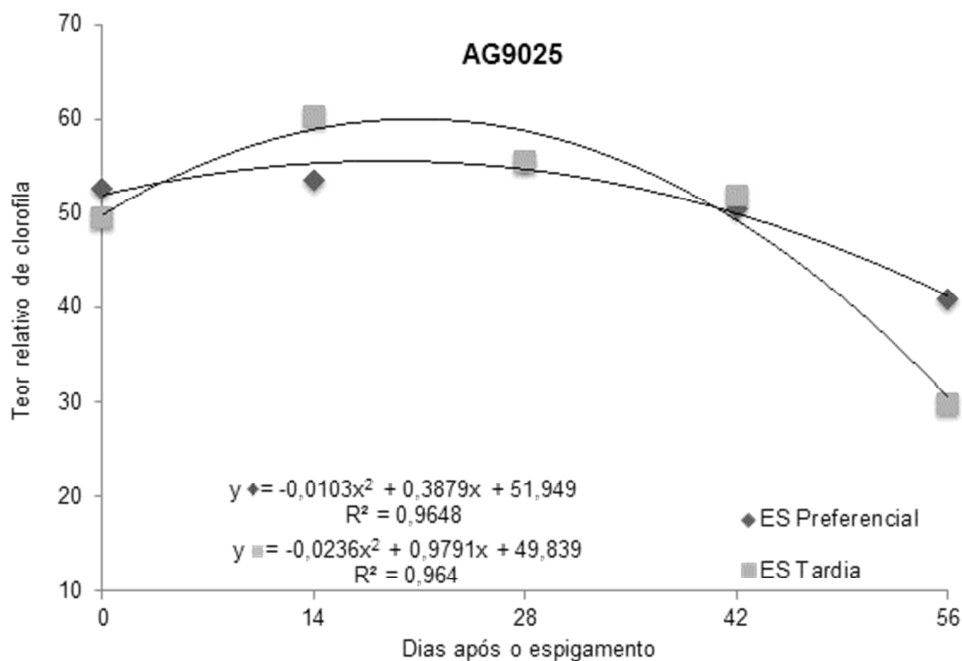
Figura 15 - Teor relativo de clorofila do híbrido P30F53 VYH nas épocas de semeadura preferencial e tardia, em função de doses de nitrogênio em cobertura e tempo. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.



Fonte: Elaborada pelo autor.

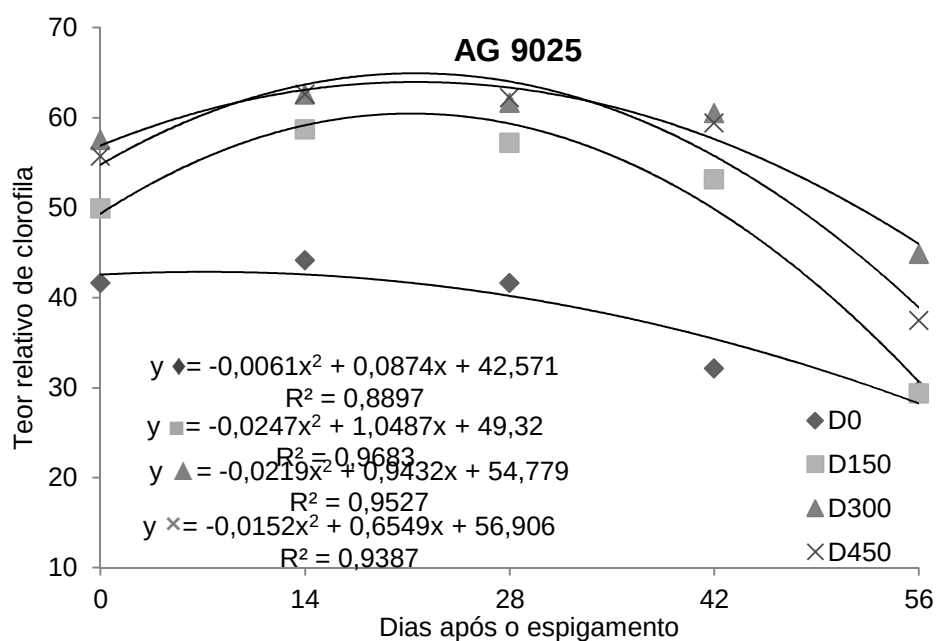
No ano agrícola 2016/17, as interações significativas entre época de semeadura e avaliação no tempo e dose de nitrogênio em cobertura e avaliação no tempo do AG9025 PRO3 (Apêndice 5) revelaram comportamento similar ao ocorrido no ano agrícola 2015/16. As plantas semeadas tardiamente apresentaram maior elevação no teor relativo de clorofila na fase inicial do enchimento de grãos e maior decréscimo ao final do mesmo (Figura 16). Os tratamentos que receberam nitrogênio em cobertura apresentaram maior teor relativo de clorofila do que a testemunha em todas as amostragens realizadas (Figura 17).

Figura 16 - Teor relativo de clorofila do híbrido AG9025 PRO3 em função da época de semeadura e avaliação no tempo, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta, SC, 2016/17.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 17 - Teor relativo de clorofila do híbrido AG9025 PRO3 em função da dose de nitrogênio em cobertura e avaliação no tempo. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O teor relativo de clorofila é um indicativo da capacidade de conversão de energia luminosa em energia química (NOGUEIRA et al., 2013). Plantas bem nutridas em nitrogênio apresentam menores taxas de senescência foliar (WOLFE et al., 1988), bem como uma maior capacidade de interceptação da radiação, devido a um maior índice de área foliar (FRANÇA et al., 2011). A maior absorção de nitrogênio no período reprodutivo de híbridos modernos é reportada por Ning et al. (2014) e Bruin & Butzen (2014).

Resumidamente, pode-se dizer que nas duas safras o uso de doses crescentes de nitrogênio proporcionou a elevação do teor relativo de clorofila durante o enchimento de grãos, bem como a manutenção da área foliar. Isso indica que quando se tem maior disponibilidade de N no solo, a absorção de nitrogênio no estágio reprodutivo se intensifica, o que pode fomentar o desempenho agrônômico da cultura do milho.

3.6 CONCLUSÕES

O incremento na dose de nitrogênio aumentou a altura da planta durante o espigamento na época preferencial e não interferiu sobre ela nas semeaduras tardia.

O aumento da dose de N teve maior efeito sobre o IAF e o teor de clorofila da folha índice no espigamento quando o milho foi semeado na época preferencial do que na tardia.

O híbrido super-precoces semeado tardiamente apresentou menor índice de área foliar no espigamento.

O uso de doses crescentes de nitrogênio proporcionou a elevação do teor relativo de clorofila no enchimento de grãos, bem como a manutenção da área foliar fotossinteticamente ativa durante este período.

4. PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DE USO DO NITROGÊNIO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA E ÉPOCAS DE SEMEADURA

4.1 RESUMO

O nitrogênio é o nutriente mais absorvido pelo milho sendo o que mais interfere na sua produtividade. A época de semeadura e a duração do ciclo do híbrido podem afetar o manejo da adubação nitrogenada. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da época de semeadura sobre a resposta produtiva de híbridos de milho com ciclos contrastantes a doses de N em cobertura. O experimento foi conduzido a campo, no delineamento experimental de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-subdivididas. Na parcela principal foram testados dois híbridos: AG9025 PRO3 (ciclo super-precoces) e P30F53 VYH (ciclo precoce). Nas subparcelas foram avaliadas duas épocas de semeadura: preferencial (início da primavera) e tardia (final da primavera). Nas sub-subparcelas foram testadas quatro doses de nitrogênio em cobertura, equivalentes a 0, 150, 300 e 450 kg de N ha⁻¹. O trabalho foi implantado em dois locais: no município de Lages, SC, no ano agrícola de 2015/16; e no município de Atalanta, SC, no ano agrícola de 2016/17. Avaliou-se a produtividade de grãos, seus componentes e a eficiência agrônômica de uso do nitrogênio. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F. Quando apresentaram diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e por análise de regressão polinomial, ao nível de significância de 5%. Os tetos máximos de produtividade alcançados no trabalho foram de 16.446 kg ha⁻¹ em Lages e de 19.512 kg ha⁻¹ em Atalanta. A semeadura tardia reduziu a produtividade do milho nos dois locais, principalmente do híbrido super-precoces. O número de grãos por espiga foi o componente que mais afetou a produtividade do milho. O menor potencial produtivo e a maior disponibilidade de nitrogênio no solo reduziram a resposta da produtividade ao nitrogênio em cobertura na semeadura tardia, principalmente no híbrido AG9025 PRO3. A produtividade do híbrido P30F53 VYH foi mais estável do que a do AG9025 PRO3, o que lhe proporcionou maior eficiência agrônômica de uso do nitrogênio em cobertura na semeadura tardia feita em Lages. A eficiência agrônômica de uso do nitrogênio aumentou com o incremento da produtividade e reduziu com a elevação da dose de N aplicada em cobertura.

Palavras-chave: Rendimento. Adubação nitrogenada. Precocidade. Estabilidade.

4.2 ABSTRACT

Nitrogen is the nutrient taken up in higher amounts by maize and also the element that has the greatest impact on its productivity. The sowing time and duration of hybrid growth cycle may affect nitrogen fertilization management. This work was carried out aiming to evaluate the sowing date effect on the productivity response of maize hybrids with contrasting growth cycles to nitrogen side-dress rates. The experiment was set in the field, using a randomized block design, disposed in split-split plots. Two hybrids were tested in the main plots: AG9025 PRO3 (hyper-early) and P30F53 VYH (early). Two sowing dates were assessed in the split plots: preferential (early spring) and delayed (late spring). Four nitrogen side-dress rates were evaluated in the split-split plots, equivalent to 0; 0.5; 1.0; and 1.5 times the recommended rate to achieve grain productivities of 21 Ma ha⁻¹. The trial was set in two places: Lages, SC, during the growing season of 2015/16, and Atalanta, SC, during the growing season of 2016/17. Grain productivity, its components and nitrogen efficiency use were assessed. Data were statistically evaluated by the variance analysis using the F test. When F values were significant, averages were compared by the Tukey's test and polynomial regression analysis, both at the significance level of 5%. The highest grain productivity plateaus reached in the experiments were 17,410 kg ha⁻¹ in Lages and 20,766 kg ha⁻¹ in Atalanta. Late sowing reduced maize productivity at both places, especially of the hyper-early hybrid. The number of grains per ear was the yield component that affect the most maize productivity. The lower productivity potential and the higher availability of nitrogen in the soil reduced grain yield response to nitrogen rates at late sowings, especially for AG9025 PRO3. The P30F53 VYH presented a more stable productivity than AG9025 PRO3 which allowed the early hybrid to present higher nitrogen efficiency use at late sowings in Lages. Nitrogen use efficiency increased with the enhancement of productivity and decreased with the increment in N rate.

Key words: Yield. Nitrogen side-dress. Earliness. Stability.

4.3 INTRODUÇÃO

A expressão do potencial produtivo das plantas cultivadas através de boas práticas de manejo é um dos principais desafios da pesquisa frente à crescente demanda de alimentos. Segundo a FAO (2015), até 2050 será necessário um aumento de 60% na produção de alimentos para suprir as demandas da crescente população mundial. Muitos esforços têm sido direcionados para as pesquisas com o objetivo de aproximar a produtividade de culturas a campo do potencial teórico.

O nitrogênio é o nutriente mineral absorvido em maior quantidade pelas plantas, sendo essencial para o seu crescimento e desenvolvimento. Ele é indispensável em inúmeros processos bioquímicos, sendo constituinte de uma infinidade de biomoléculas das células vegetais (TAIZ e ZEIGER, 2013). O N é o nutriente que mais afeta a produtividade da cultura do milho (OKUMURA et al., 2011).

O nitrogênio é o nutriente essencial mais dinâmico e instável no solo. Sua disponibilidade e absorção são influenciadas por uma série de variáveis. A interação entre adubação nitrogenada, época de semeadura e o ciclo do híbrido, afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho. Isto, por sua vez, afeta a produtividade e a eficiência de utilização do nitrogênio.

Geralmente materiais mais precoces possuem menor número de folhas expandidas na antese, menor área foliar e menor altura final de plantas (ALMEIDA et al., 2000). Segundo Taiz e Zeiger (2013), a precocidade é uma desvantagem quando almejado obter maior produtividade, pois plantas mais precoces tem pouco tempo para se recuperar em caso de ocorrência de estresses diversos. Desta forma, genótipos mais precoces podem ser mais exigentes quanto a dose de N a ser aplicada e mais sensíveis a deficiência deste nutriente.

As condições encontradas no ciclo de desenvolvimento da cultura, como temperatura, radiação solar, umidade do solo e do ar, fotoperíodo, pressão de pragas e doenças são influenciadas pela época de semeadura (BRITO et al., 2007; SANGOI, 1993). As modificações climáticas decorrentes da época de semeadura alteram a velocidade de crescimento e desenvolvimento, bem como o potencial produtivo da cultura. Estas mudanças fenológicas e produtivas podem trazer alterações na eficiência agrônômica de uso do nitrogênio aplicado.

As recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do solo (2016) para adubação nitrogenada na cultura do milho no sul do Brasil não levam em consideração a época de semeadura e o ciclo do híbrido utilizado. Atualmente não se tem claro a magnitude das interações entre estes dois fatores e os seus efeitos na resposta do milho a fertilização nitrogenada. Isto torna necessário o desenvolvimento de estudos que possibilitem um melhor entendimento destas interações. Estes estudos possibilitarão melhorar o posicionamento do manejo da fertilização nitrogenada em lavouras comerciais e definir estratégias que maximizem a eficiência de uso de nitrogênio.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da época de semeadura sobre a resposta da produtividade e a eficiência agrônômica de uso do nitrogênio de híbridos de milho com ciclos contrastantes a doses de N em cobertura.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos a campo, durante o ano agrícola 2015/16, no município de Lages-SC, distrito de Santa Terezinha do Salto, e 2016/17, no Distrito de Ribeirão Matilde, município de Atalanta-SC.

As coordenadas geográficas da área experimental do primeiro experimento são 27°50'35" de latitude Sul e 50°29'45" de longitude Oeste e altitude de 849 metros. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22°C e precipitações pluviais bem distribuídas. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico Típico (EMBRAPA, 2006). Já no segundo experimento as coordenadas geográficas são 27°26'03" de latitude Sul e 49°42'06" de longitude Oeste e altitude de 586 m. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical mesotérmico úmido de verões quentes, temperatura média anual entre 18 a 19°C, precipitação média anual entre 1300 a 1500 mm e umidade relativa do ar de 82 a 85%. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico distrófico, de textura franco argila siltosa (EMBRAPA, 2006). Os dados das análises de fertilidade do solo

realizada em um mês antes da implantação dos experimentos, são apresentados na Tabela 1.

Os dados de precipitação pluvial, temperatura mínima, média e máxima do ar durante a condução dos experimentos são apresentados na Figura 2 A para o ano agrícola 2015/16 e na Figura 2 B para o ano agrícola 2016/17.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-subdivididas, com três repetições por tratamento no primeiro ano e quatro repetições no segundo. Na parcela principal foram testados dois híbridos: AG9025 PRO3 e P30F53 VYH, de ciclos super-precoce e precoce, respectivamente. Nas subparcelas foram avaliadas duas épocas de semeadura: época preferencial e época tardia, com a semeadura realizada no dia 15/10/2015 e 05/12/2015 no primeiro ano e 20/09/2016 e 05/12/2016 no segundo ano. Nas sub-subparcelas foram testadas quatro doses de nitrogênio em cobertura, equivalentes a 0; 0,5; 1,0 e 1,5 vezes a dose necessária para atingir produtividades de 21 Mg ha⁻¹ (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2004). Quantitativamente, as doses equivaleram à aplicação de 0, 150, 300 e 450 kg de N ha⁻¹. Estas doses foram divididas igualmente em três épocas de aplicação, nos estádios V4, V8 e V12 da escala de Ritchie et al. (1993). Cada unidade experimental foi composta por quatro linhas de seis metros de comprimento, considerando-se as duas linhas centrais como área útil e as duas linhas externas sendo bordadura.

A densidade de plantas utilizada foi de 75.000 pl ha⁻¹ e o espaçamento entre linhas de 70 cm. A semeadura foi feita com semeadoras manuais, depositando-se três sementes por cova. As sementes foram previamente tratadas com os inseticidas Thiametoxan e Fipronil e com os fungicidas Fludioxonil + Metalaxyl + Carbendazin. Foi realizado o desbaste quando as plantas estavam em estágio V2 para ajustar a população ao valor almejado. Na semeadura utilizou-se como adubação de base 30 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O, seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) para obtenção de tetos produtivos de 21.000 kg ha⁻¹.

O controle de plantas daninhas foi realizado em duas épocas. A primeira foi logo após a semeadura, com aplicação de uma mistura dos herbicidas Atrazina + Metalacloro. A segunda foi feita no estágio V2, com a aplicação dos herbicidas Atrazina + Tembotriona. Nos estádios V12 e V18 no primeiro ano e no estágio V14

no segundo, foi feita a aplicação da mistura dos fungicidas Azoxystrobina e Cyproconazole para o controle preventivo de doenças foliares.

Após a maturação fisiológica, correspondente ao momento em que a umidade dos grãos estava abaixo de 23%, foi contabilizado o número de espigas por parcela, o índice de espigas por parcela, e o número de plantas estéreis, sendo considerada estéril a planta que não produziu espigas ou cujas espigas produzidas tiveram menos de 10 grãos.

A colheita foi realizada manualmente quando a umidade dos grãos estava entre 18 e 23%. As espigas da área útil foram colhidas, trilhadas e os grãos pesados, retirando-se uma amostra de grãos para secagem em estufa até a obtenção de peso constante a 65°C, para a determinação da umidade. O rendimento de grãos, foi determinado considerando como umidade padrão 13%. A massa de 1000 grãos a 13% de umidade foi determinada com base em uma sub-amostra de 400 grãos da área útil de cada tratamento, sendo extrapolada para 1000 grãos. O número de grãos por espiga foi estimado indiretamente através da relação entre a massa de 400 grãos, a massa total de grãos e o número de espigas colhidas em cada sub-subparcela.

Para a determinação da eficiência agronômica de uso do nitrogênio (EAN), foi utilizada a metodologia proposta por Baligar et al. (1990), expressa pela fórmula: $EAN = (RF - RNF)/QNA$. Onde RF é o rendimento de grãos dos tratamentos com adubação nitrogenada (kg ha^{-1}), RNF é o rendimento de grãos do tratamento sem adubação nitrogenada (kg ha^{-1}) e QNA é a quantidade de N aplicada em cobertura (kg ha^{-1}).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F. Quando significativos, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey e por análise de regressão polinomial, ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos foram conduzidos objetivando altos patamares produtivos, visando a expectativa de produção de 21 Mg ha^{-1} . Embora a expectativa não tenha

sido atingida, valores expressivos foram obtidos. No ano agrícola 2015/16 o teto produtivo foi de 16.446 kg ha⁻¹ e no ano agrícola 2016/17 a máxima produtividade encontrada foi de 19.512 kg ha⁻¹.

A área experimental do município de Lages do ano agrícola 2015/16 estava sendo manejada em monocultivo, com milho no verão e aveia preta no inverno nos últimos quatro anos agrícolas, em sistema de semeadura direta, não atendendo o fundamento da rotação de culturas do sistema plantio direto. Já a área experimental de Atalanta vinha sendo manejada com a seguinte composição de rotação de cultura: no ano agrícola 2012/13 aveia-preta/cebola/feijão, ano agrícola 2013/14 aveia-preta/milho, ano agrícola 2014/15 aveia-preta/cebola/soja e ano agrícola 2015/16 aveia-preta/soja.

No ano agrícola 2015/16 a produtividade de grãos foi influenciada significativamente pelas interações duplas entre híbridos e épocas de semeadura, híbridos e doses de nitrogênio e épocas de semeadura e doses de nitrogênio (Apêndice 6).

No desdobramento da interação entre híbrido e época de semeadura do ano agrícola 2015/16 (Tabela 8), observa-se que na semeadura na época recomendada não houve diferença estatística entre híbridos para a variável produtividade. Porém, quando a semeadura foi realizada tardiamente, o híbrido P30F53 VYH demonstrou alta estabilidade produtiva, enquanto que o híbrido AG9025 PRO3 apresentou alta suscetibilidade aos estresses decorrentes da semeadura tardia, com redução de 53,95% da produtividade na semeadura tardia, em comparação a preferencial, na média das quatro doses de nitrogênio em cobertura.

Os componentes da produtividade responsáveis por tal resposta foram o número de espigas por planta, número de grãos por espiga e porcentagem de planta estéril. Embora, o AG9025 PRO3 tenha apresentado maior massa de mil grãos do que o P30F53 VYH, este componente não teve a plasticidade reprodutiva suficiente para mitigar os demais.

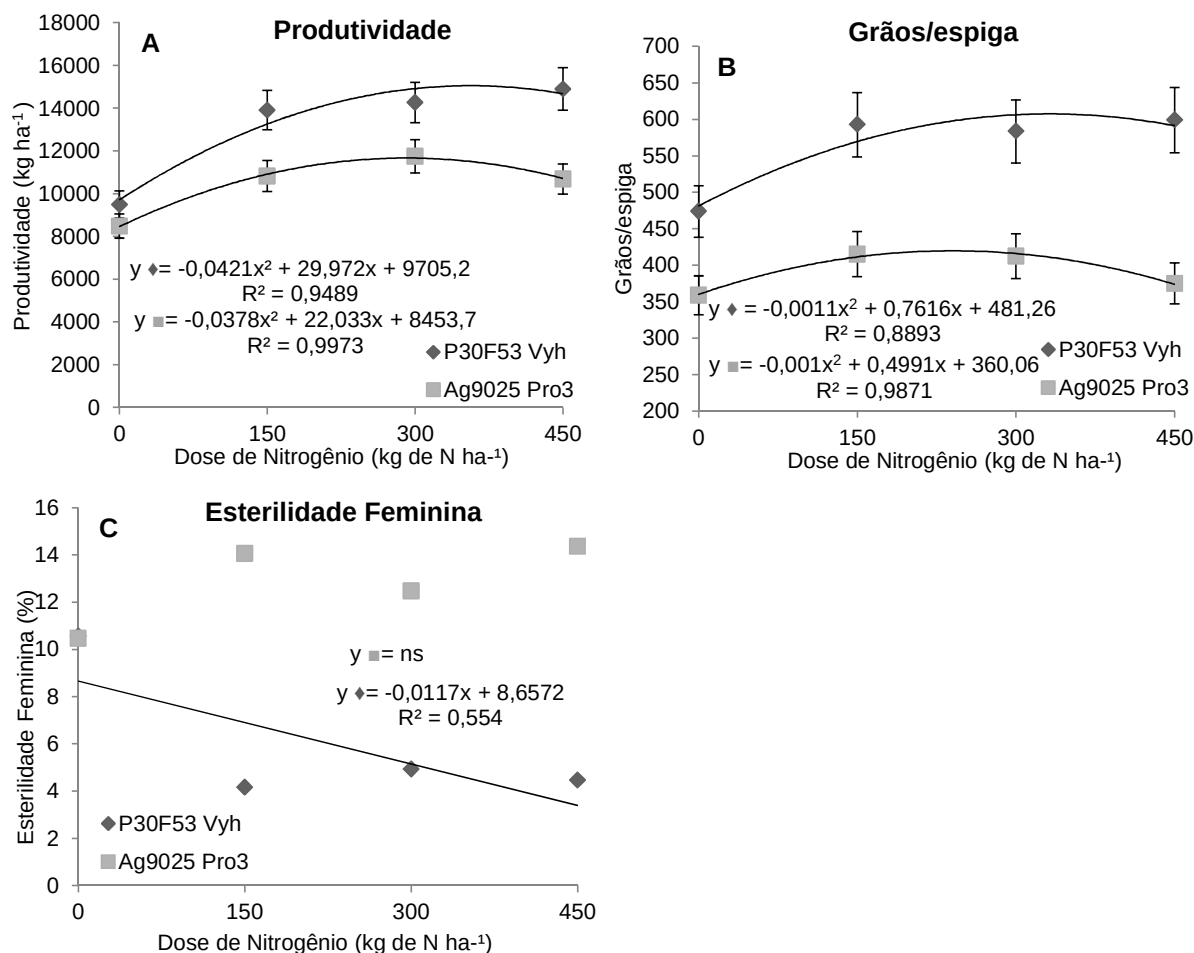
Tabela 8 - Produtividade de grãos e componentes de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Lages-SC, ano agrícola 2015/16.

Produtividade (kg ha ⁻¹)			Esp pl ⁻¹ (nº)	
Híbrido (H)			Híbrido (H)	
Época de Semeadura (ES)	P30F53 Vyh	AG9025 Pro3	P30F53 Vyh	AG9025 Pro3
Recomendada	13.229 aA*	14.286 aA	0,94 aA	1,00 aA
Tardia	13.042 aA	6.579 bB	0,94 aA	0,77 bB
C.V. Fator A (H)	19,84%		9,29%	
C.V. Fator B (ES)	10,90%		9,45%	
Grãos Esp. ⁻¹ (nº)			M 1000 (g)	
Híbrido (H)			Híbrido (H)	
Época de Semeadura (ES)	P30F53 Vyh	AG9025 Pro3	P30F53 Vyh	AG9025 Pro3
Recomendada	543 aA	494 aA	390 aB	440 bA
Tardia	581 aA	287 bB	380 aB	472 aA
C.V. Fator A (H)	9,86%		5,78%	
C.V. Fator B (ES)	10,01%		6,22%	
Esterilidade Feminina (%)				
Híbrido (H)				
Época de Semeadura (ES)	P30F53 Vyh	AG9025 Pro3		
Recomendada	5,89 aA	2,95 bB		
Tardia	6,17 aB	22,74 aA		
C.V. Fator A (H)	105,58%			
C.V. Fator B (ES)	73,58%			

*Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Fonte: Elaborada pelo autor.

A análise de regressão da interação entre híbrido e dose de nitrogênio em cobertura do ano agrícola 2015/16 para as variáveis produtividade, número de grãos por espiga e porcentagem de planta estéril (Figura 18 A, B e C) mostra que, independentemente da dose de nitrogênio utilizada, o híbrido P30F53 VYH demonstrou ser superior ao AG9025 PRO3 para estas variáveis, na média das duas épocas de semeadura, e que a diferença entre os genótipos se acentuou com o incremento na dose de N. Essa superioridade possivelmente se deveu a maior estabilidade produtiva do P30F53 VYH, conferindo a esse material uma maior média de produtividade e de resposta a nitrogênio entre épocas de semeadura.

Figura 18 - Produtividade (A), número de grãos por espiga (B) e percentagem de plantas sem espigas (C) de milho em função do híbrido e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Lages, SC, 2015/16.



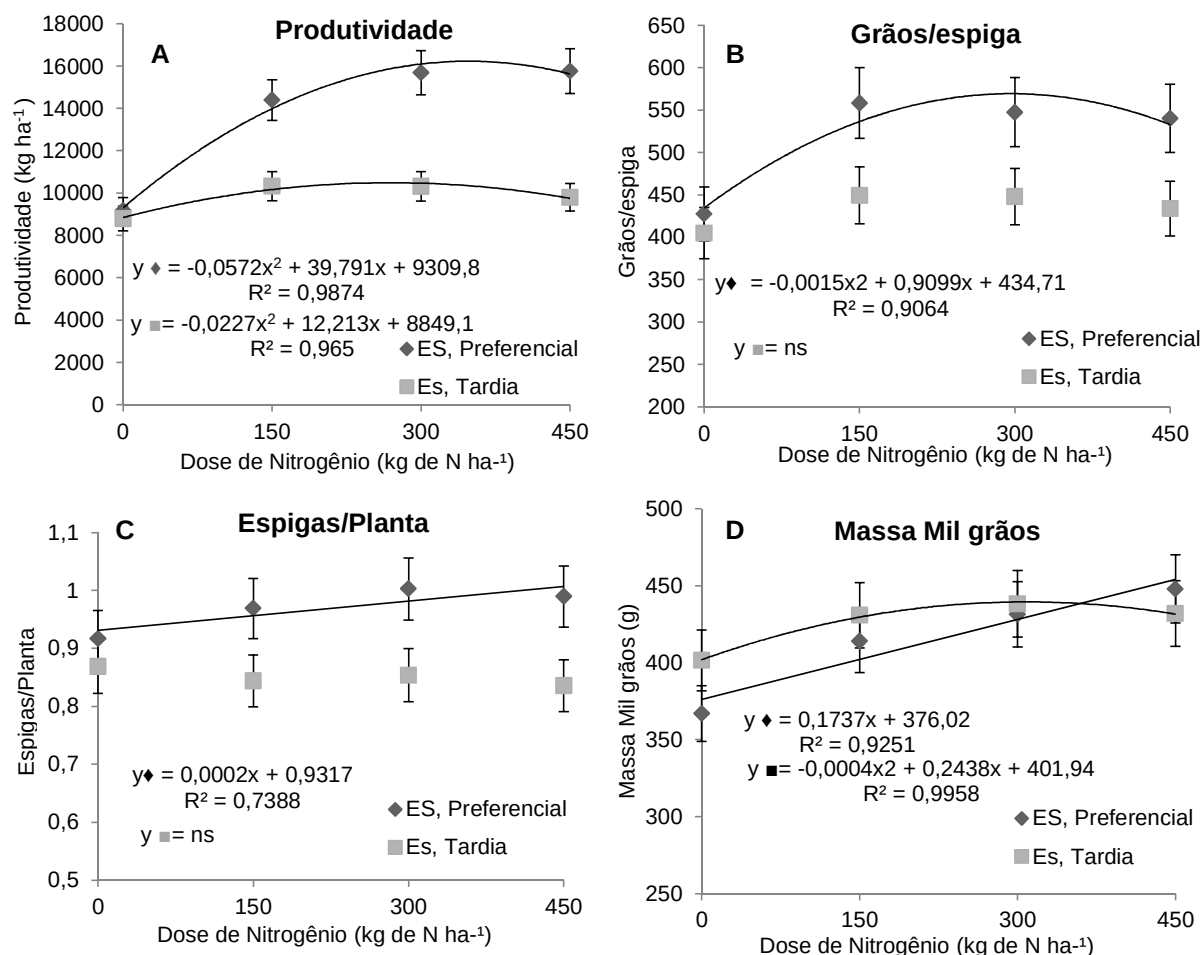
*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 19 é apresentado o desdobramento da interação entre época de semeadura e dose de nitrogênio aplicada em cobertura no ano agrícola 2015/16 para as variáveis produtividade (A), número de grãos por espiga (B), espigas por planta (C) e massa de mil grãos (D). Fica evidenciado que o incremento na dose de N em cobertura fomentou mais a produtividade do milho em Lages quando ele foi semeado na época preferencial do que tardiamente, na média dos dois híbridos. Isto ocorreu em função do maior efeito do fertilizante nitrogenado sobre o número de grãos por espiga e o número de espigas por planta na semeadura de outubro.

O principal componente de produtividade que conferiu ao P30F53 VYH melhor desempenho, na média das duas épocas de semeadura, foi o número de grãos por espiga. A menor produtividade da semeadura tardia em função da dose de

nitrogênio em cobertura é decorrente da ausência de resposta dos componentes da produtividade, tais como grãos por espiga e espigas por planta, ao incremento da dose de nitrogênio em cobertura. Como se teve um menor número de espigas por planta e de grãos por espiga, a maior massa de grãos encontrada na semeadura tardia é simplesmente um efeito de compensação entre os componentes da produtividade.

Figura 19 - Produtividade (A), número de grãos por espiga (B), espigas por planta (C) e massa de mil grãos (D) do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages, SC, 2015/16.



*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2016/17 a produtividade de grãos foi afetada pelas interações duplas entre híbrido x época de semeadura e época de semeadura x dose de nitrogênio em cobertura (Apêndice 6). No segundo ano agrícola, as plantas encontraram melhores condições de fertilidade do solo (Tabela 1), pois a área foi

cultivada com a cultura da soja no verão de 2015/16, a qual foi precedida pelo cultivo da cebola durante o período de inverno e primavera do ano agrícola 2014/15. Isto permitiu que o potencial produtivo dos híbridos fosse melhor explorado, principalmente na semeadura feita na época preferencial. Nesta época de semeadura, o AG9025 PRO3 foi 14,39% mais produtivo do que o P30F53 VYH, na média das doses de N (Tabela 9). Já na semeadura tardia não houve diferenças de produtividade entre os híbridos. O retardamento da semeadura de setembro para dezembro reduziu a produtividade dos dois híbridos. Contudo, assim como na primeira safra, o P30F53 VYH apresentou maior estabilidade produtiva, mesmo num ambiente mais fértil e menos suscetível a estresses. Enquanto o AG9025 PRO3 reduziu em 25,75% a produtividade na semeadura tardia, o P30F53 VYH reduziu apenas 11,42%, na média de quatro doses de nitrogênio.

Tabela 9 - Produtividade de grãos de dois híbridos de milho nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta, SC, 2016/17.

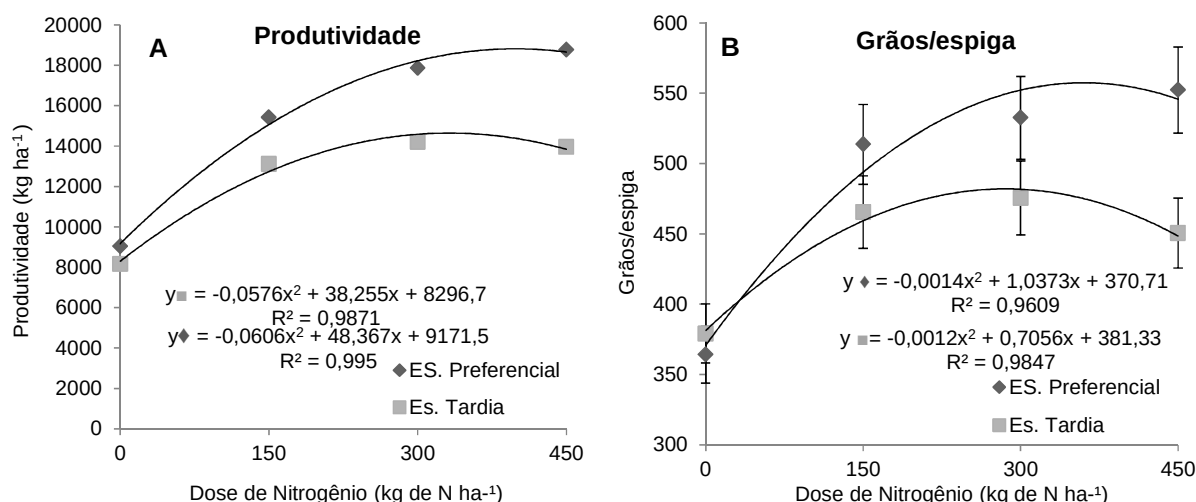
Época de Semeadura (ES)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
	P30F53 Vyh	AG9025 Pro3
Recomendada	14.253 aB	16.304 aA*
Tardia	12.624 bA	12.106 bA
C.V. Fator A (H)	17,62%	
C.V. Fafor B (ES)	7,97%	

*Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Fonte: Elaborada pelo autor.

Analisando-se o efeito da interação entre época de semeadura x dose de N no ano agrícola 2016/17, percebe-se que houve resposta quadrática ao incremento da dose nas duas épocas de semeadura (Figura 20 A). Contudo, a magnitude das respostas foi diferente entre as épocas. Na semeadura tardia houve menor resposta ao fertilizante nitrogenado, tendo o rendimento se estabilizado com a utilização de doses superiores a 150 kg ha⁻¹ de N. Já na semeadura feita na época preferencial houve maior resposta ao incremento na dose de N, sendo a máxima produtividade teórica de 18.822 kg ha⁻¹, alcançada com a aplicação de 399 kg ha⁻¹ de N em cobertura. As reduções da temperatura atmosférica e da radiação disponível as plantas semeadas tardiamente acarretam em menor potencial produtivo (SANGOI, 1993), o que foi validado por Forsthofer et al. (2004).

A interação época de semeadura e dose de nitrogênio em cobertura para a variável grãos por espiga (Figura 20 B), mostra um comportamento quadrático muito similar ao reportado para a produtividade. Na testemunha sem N o número de grãos produzidos por espiga foi similar nas duas épocas de semeadura. Contudo, a medida em que se aumentou da dose de N fornecida à cultura, as plantas semeadas em setembro aumentaram mais o número de grãos produzidos por espiga do que as semeadas em dezembro. Isto se refletiu na maior diferença de produtividade entre as épocas de semeadura nas doses mais altas de N.

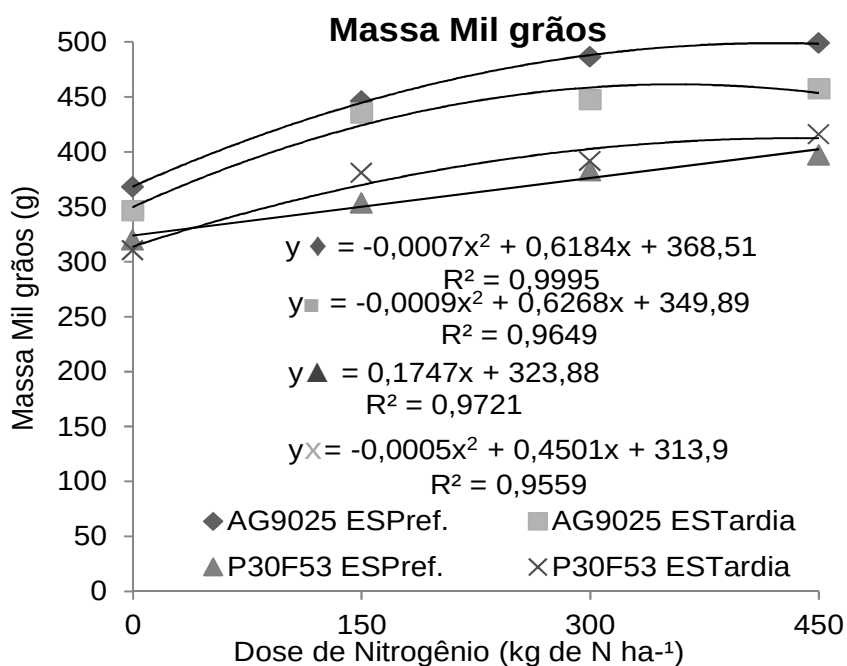
Figura 20 - Produtividade (a) e número de grãos por espiga (b) do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Atalanta, SC, 2016/17.



*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

Houve efeito da interação tripla dos fatores estudados sobre a massa de 1.000 grãos no ano agrícola 2016/17 (Apêndice 6). A massa de 1.000 grãos do AG9025 PRO3 apresentou maior resposta ao incremento na dose de N em cobertura do que a do P30F53 VYH, principalmente na época preferencial de semeadura (Figura 21). As plantas semeadas na época preferencial, quando chegam ao estágio reprodutivo, encontram maiores temperaturas, fotoperíodo e radiação disponível, o que potencializa o enchimento de grãos e desta forma conseguem melhor aproveitar o nitrogênio disponível.

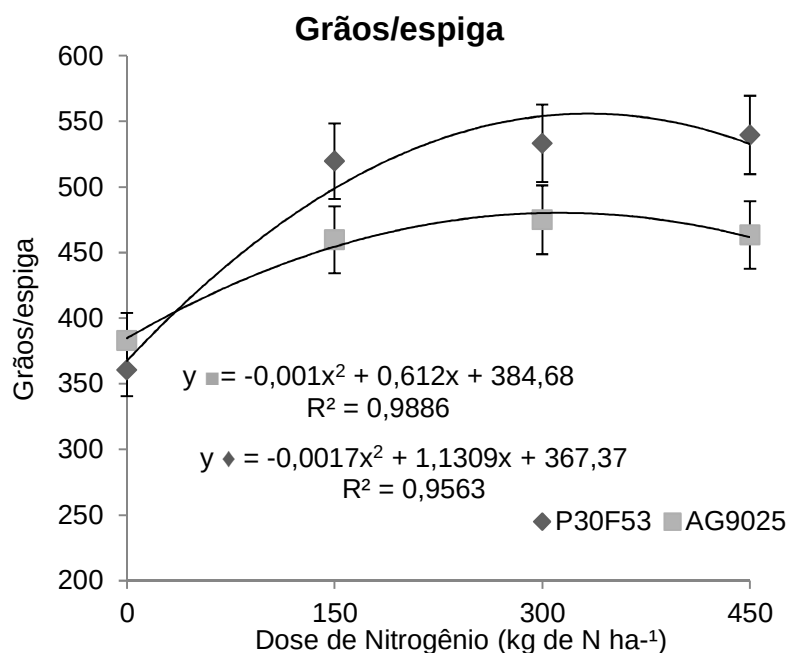
Figura 21 - Massa de 1.000 grãos de híbridos de milho nas épocas de semeadura preferencial e tardia, em função de doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta, SC, 2016/17.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O número de grãos por espiga do híbrido P30F53 VYH foi mais responsivo ao incremento na dose de N em cobertura (Figura 22). Contudo, a maior resposta da massa de 1.000 grãos do AG9025 PRO3 à alta disponibilidade de nitrogênio (Figura 21), principalmente na semeadura realizada em 20/09, contribuiu para que ele fosse mais produtivo na semeadura feita na época recomendada em Atalanta (Tabela 9). Abbasi et al. (2012) também constataram aumento na massa de grãos a medida que se elevou a dose de nitrogênio e que essa elevação contribuiu para o aumento do rendimento de grãos.

Figura 22 - Número de grãos por espiga (b) de milho em função de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Atalanta, SC, 2016/17.



*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2016/17 houve efeito significativo do efeito principal de época de semeadura e dose de nitrogênio em cobertura sobre o número de espigas produzidas por planta e do efeito principal de híbrido, época de semeadura e dose de nitrogênio em cobertura sobre a percentagem de planta sem espiga (Apêndice 6). A semeadura realizada tardiamente acarretou em aumento de 164,4% na percentagem de plantas estéreis e numa redução de 6,3% no número de espigas por planta (Tabela 10). O híbrido AG9025 PRO3 apresentou 35,6% maior percentagem de plantas estéreis do que P30F53 VYH (Tabela 11). Em comparação ao ano agrícola 2015/16, o comportamento destas duas variáveis no ano agrícola 2016/17 indica que neste ambiente houve um menor comprometimento a formação da inflorescência feminina dos dois híbridos, mesmo nas semeaduras tardias. O histórico de rotação e sucessão de culturas e alta fertilidade do solo na área experimental provavelmente contribuíram para isto.

Tabela 10 - Número de espigas por planta e percentagem de plantas sem espiga de milho em função da época de semeadura, na média de dois híbridos e quatro doses de nitrogênio. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.

Época de Semeadura	Esp./pl,	Esterilidade
Preferencial	0,99 a*	2,93 b
Tardia	0,93 b	7,73 a
C.V.	5,04%	84,96%

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

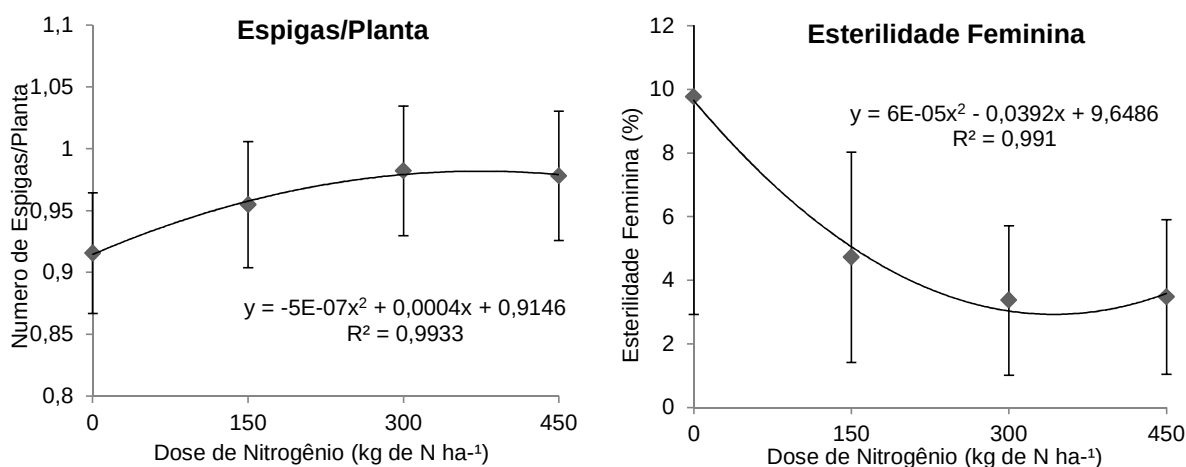
Tabela 11 - Percentagem de plantas sem espigas de híbridos de milho, na média de duas épocas de semeadura e quatro doses de nitrogênio. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.

Híbrido	Esterilidade Feminina (%)
P30F53 Vyh	4,53 b*
Ag9025 Pro3	6,13 a
C.V.	33,09%

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

Houve resposta quadrática ao incremento da dose de N para a porcentagem de plantas estéreis e o número de espigas por planta. A medida em que se elevou a dose de nitrogênio utilizada em cobertura observou-se um maior número de espigas por planta e uma menor porcentagem de plantas estéreis (Figura 23).

Figura 23 - Número de espigas por planta (A) e percentagem de plantas sem espiga (B) de milho em função da dose de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura e dois híbridos. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.



*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o melhor entendimento do efeito dos componentes sobre a produtividade obtida no presente estudo se efetuou a análise da correlação de Pearson (Tabela 12). Nas duas safras estudadas, a variável que apresentou maior contribuição para a produtividade foi o número de grãos por espiga. A análise de correlação confirmou as ponderações feitas por Lopes et al. (2007) de que o rendimento de grãos de milho é determinado principalmente pelo número de grãos por espiga, sendo o componente que está mais associado ao rendimento de grãos em razão da dose de nitrogênio (BORTOLINI et al., 2001).

No ano agrícola 2015/16 a correlação negativa entre massa de mil grãos e produtividade é consequência de uma *lurking* ou *counfouding variables*, pois as variáveis número de espigas por planta e número de grãos por espiga apresentaram correlação negativa com a massa de mil grãos em ambientes limitantes. Como na semeadura do ano agrícola 2015/16 houve grande limitação produtiva na semeadura tardia, isto se refletiu em menor número de grãos por espiga. Consequentemente, as plantas tiveram um menor número de drenos para suprir fotoassimilados, desta forma resultando em maior massa de grãos nas parcelas com menor número de grãos por espigas.

Tabela 12 - Correlações de Pearson entre Produtividade (Mg/ha), número de espigas por planta (Esp./pl.), número de grãos por espiga (grãos/Esp.), massa de mil grãos (M 1000) (g) e porcentagem de plantas sem espigas (Esterilidade) (%) de híbridos de milho em função da época de semeadura e da dose de nitrogênio em cobertura. Lages, SC, ano agrícola 2015/16. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.

Ano agrícola 2015/16	Produtividade	Esp./pl.	Grãos/Esp.	M 1000	Esterilidade
Produtividade	1,0000				
Esp./pl.	0,8552	1,0000			
Grãos/Esp.	0,8770	0,7291	1,0000		
M 1000	-0,1903	-0,3083	-0,5768	1,0000	
Esterilidade	-0,8560	-0,9724	-0,7840	0,4035	1,0000
Ano agrícola 2016/17	Produtividade	Esp./pl.	Grãos/Esp.	M 1000	Esterilidade
Produtividade	1,0000				
Esp./pl.	0,6939	1,0000			
Grãos/Esp.	0,8583	0,6330	1,0000		
M 1000	0,7356	0,2809	0,3414	1,0000	
Esterilidade	-0,6937	-0,9307	-0,6484	-0,2942	1,0000

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em 2015/16, a eficiência agronômica de uso do nitrogênio foi influenciada pelas interações duplas entre híbrido x época de semeadura, híbrido x doses de N e épocas de semeadura x doses de N (Apêndice 7). Não houve diferenças significativas dos dois híbridos quando eles foram semeados na época preferencial (Tabela 13). Por outro lado, na semeadura tardia o híbrido P30F53 VYH apresentou maior EAN do que o AG9025 PRO3. Um ponto importante a destacar é que a EAN do híbrido super-precoce foi negativa quando o mesmo foi semeado em dezembro, indicando que a aplicação do nitrogênio reduziu a sua produtividade, em relação a testemunha sem N. A eficiência agronômica de uso do nitrogênio dos dois híbridos decresceu quando se retardou a semeadura de outubro para dezembro.

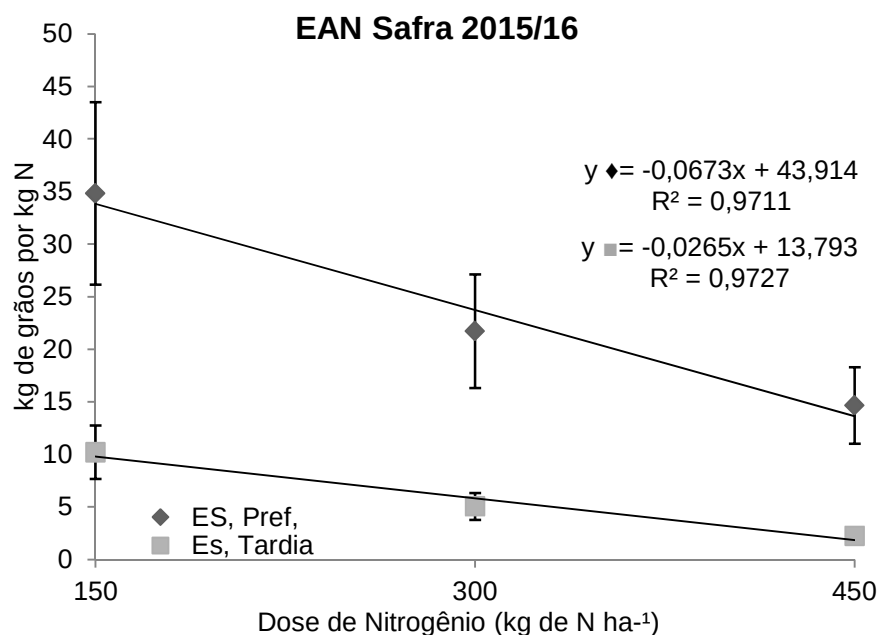
Tabela 13 - Eficiência agronômica de uso do N de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Lages, SC, ano agrícola 2015/16.

Época de Semeadura (ES)	Híbrido (H)	
	P30F53 VYH	AG9025 PRO3
Recomendada	25,7 aA*	21,7 aA
Tardia	12,5 bA	-0,8 bB
C.V. Fator A (H)	75,39%	
C.V. Fator B (ES)	21,82%	

*Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

A EAN das duas épocas de semeadura decresceu linearmente com o incremento na dose de N, na média dos dois híbridos em Lages (Figura 24). As taxas de decréscimo da EAN foram de 0,067 kg de grãos por kg de N na semeadura de outubro e 0,027 kg de grãos por kg de N na semeadura de dezembro. Embora as taxas de decréscimo na EAN na semeadura tardia tenham sido menores que na preferencial, os valores obtidos aos quais as retas foram ajustadas deixam claro que na faixa de doses de N utilizadas a época de semeadura preferencial apresentou maior EAN do que a época tardia.

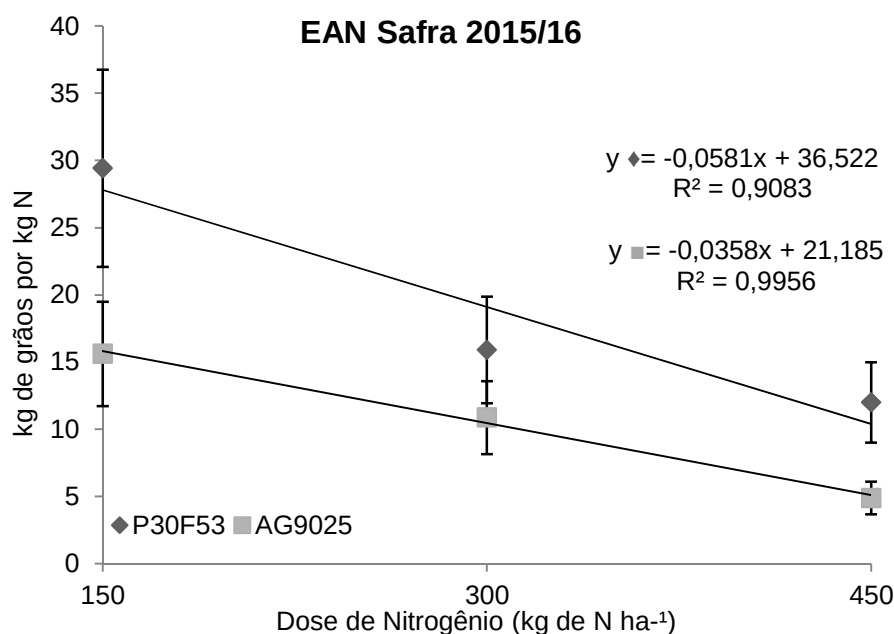
Figura 24 - Eficiência agrônômica de uso do N do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages, SC, Ano agrícola 2015/16.



*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2015/16, as taxas de decréscimo da EAN foram de 0,058 e 0,036 kg de grãos por kg de N para os híbridos P30F53 VYH e AG9025 PRO3, respectivamente (Figura 25). Independentemente da dose de nitrogênio utilizada, o híbrido P30F53 VYH apresentou maior eficiência agrônômica de uso do N, na média das duas épocas de semeadura.

Figura 25 - Eficiência agronômica de uso do N de milho em função do híbrido e da doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Lages, SC, Ano agrícola 2015/16.



*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2016/17, num ambiente com menor magnitude de estresses, não se observou efeito significativo das interações entre os fatores sobre a EAN (Apêndice 7). Neste caso, houve apenas significância estatística dos efeitos principais da época de semeadura e dose de N sobre esta variável. Para os dois híbridos, a eficiência agronômica de uso do nitrogênio reduziu em 29,5% quando se postergou a semeadura de 20 de setembro para 5 de dezembro (Tabela 14).

Tabela 14 - Eficiência agronômica de uso do N de milho, em função da época de semeadura na média de dois híbridos e quatro doses de nitrogênio. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.

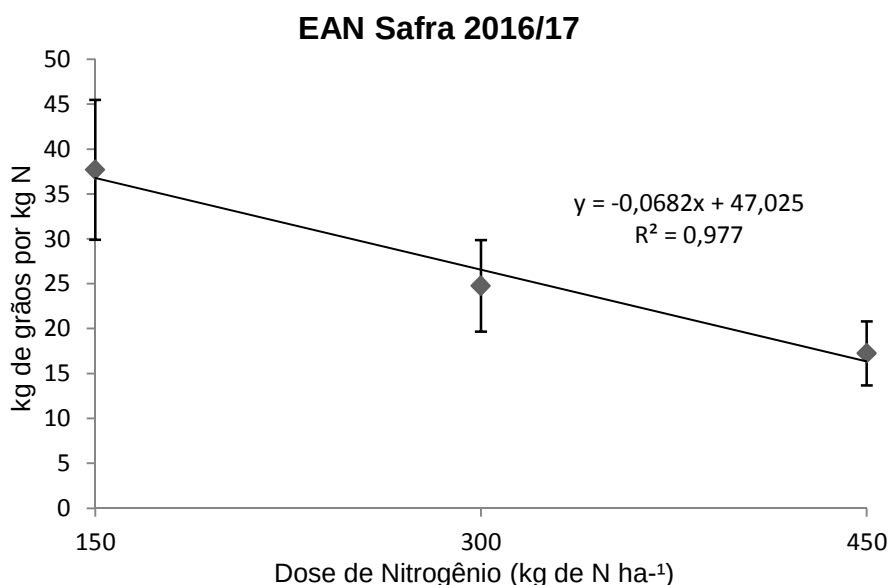
Época de Semeadura	EUN
Preferencial	31,2 a*
Tardia	22,0 b
CV%	29,02

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

De forma similar ao observado em Lages, o aumento na dose de N reduziu linearmente a eficiência agronômica de uso do nitrogênio (Figura 26). A taxa de

decréscimo observada em Atalanta foi de 0,068 kg grãos kg de N, na média dos dois híbridos.

Figura 26 - Eficiência agronômica de uso do N de milho, em função da dose de nitrogênio em cobertura na média de duas épocas de semeadura e dois híbridos. Atalanta, SC, ano agrícola 2016/17.



*As barras de erro representam o desvio padrão. Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados obtidos nos dois anos deixaram evidente que quanto maior é o potencial produtivo da cultura maior é a eficiência agronômica de uso do nitrogênio e quanto maior é a dose de nitrogênio utilizada menor é essa eficiência. Moll et al. (1982) também constataram que os híbridos de milho se tornavam menos eficientes na utilização de nitrogênio a medida que se aumentava a dose de fertilizante nitrogenado. O mesmo comportamento foi reportado por Mota et al (2015), testando diferentes fontes de N, e Sangoi et al (2015) avaliando doses de N em diferentes níveis tecnológicos de condução da lavoura de milho.

Outra constatação importante é que quando o ambiente tem restrições ocasionadas pelo retardamento da semeadura o aumento da dose implica em maior decréscimo da eficiência agronômica de uso do nitrogênio. Este efeito é ainda mais acentuado quando se tem monocultura de milho e a presença de híbridos super-precoces como o AG9025 PRO3. Estes genótipos são menos tolerantes a estresses bióticos e abióticos (SANGOI et al., 2010). Portanto, a combinação entre híbrido super-precoces, semeadura tardia e altas doses de nitrogênio pode inclusive gerar

eficiência agrônômica de uso do nitrogênio negativa, conforme constatado em Lages no ano agrícola 2015/16.

O híbrido ideal é aquele que apresenta a tríade de produtividade, estabilidade e precocidade. Porém, estas características são poligênicas e possuem correlação negativa de difícil seleção conjunta (MENDONÇA et al., 2016; TAIZ & ZEIGER, 2013). Desta forma, à medida que o melhoramento genético avança em direção a um destes pilares se afasta dos outros. Assim, na escolha de um híbrido e da dose de nitrogênio utilizada em cobertura deve-se levar em conta os estresses aos quais as plantas estão sujeitas, para um correto posicionamento agrônômico.

As plantas semeadas tardiamente, em regiões temperadas e subtropicais, encontram menores temperaturas e menor radiação durante o enchimento de grãos (FORTSHOFER et al., 2006). A temperatura mais baixa durante o enchimento de grãos diminui a eficiência do uso da radiação incidente em culturas semeadas tardias (ANDRADE; UHART; CIRILO, 1993). Desta forma o milho semeado tardiamente apresenta um menor potencial de rendimento, bem como menor eficiência agrônômica de uso do nitrogênio. A maior disponibilidade de nitrogênio advindo da matéria orgânica e de restos culturais na semeadura tardia pode ter contribuído para a menor eficiência agrônômica de uso do nitrogênio na semeadura tardia. Embora não tenham sido quantificados os teores de nitrogênio no solo, os efeitos da maior disponibilidade de nitrogênio do solo sobre a eficiência do uso do nitrogênio também foram reportados por Caviglia, Melchiori e Sadras (2014), em estudo realizado nos Pampas Argentinos.

Os tratamentos que não receberam nitrogênio tiveram produtividades expressivas nos dois locais. Isso só foi possível devido a condução dos experimentos ter sido em área com bons níveis de matéria orgânica e palhada residual, além de um baixo potencial de perdas de nitrogênio. Como destacado no capítulo 1, as parcelas que não receberam nitrogênio em cobertura apresentam baixos teores de nitrogênio nos resíduos. Em situações em que se tem baixas respostas a adubação nitrogenada, a supressão desta pode ser uma técnica de manejo válida. Contudo, deve se levar em consideração o alto potencial de exportação de N pelos grãos. Assim, a não reposição deste elemento pode levar a desestabilização ou até mesmo a degradação do sistema produtivo.

A máxima eficiência técnica é um parâmetro agronômico interessante para se conhecer o potencial produtivo da cultura em função do fator de estudo. A definição sobre o uso de determinada tecnologia na agricultura deve-se basear não unicamente na eficiência técnica, mas também na econômica e na sustentabilidade ambiental. Como demonstrado pelo estudo da eficiência agronômica de uso do nitrogênio, à medida que se tem limitações produtivas ou que se eleva a disponibilidade de nitrogênio, o aproveitamento do nutriente é limitado, diminuindo a eficiência de utilização, o que diminui o retorno econômico da adubação e aumenta os riscos ambientais.

4.6 CONCLUSÕES

A semeadura tardia reduz a produtividade do milho, independentemente da dose de N aplicada, principalmente em híbridos mais precoces.

O menor potencial produtivo e a maior disponibilidade de nitrogênio no solo reduzem a resposta ao nitrogênio em cobertura na semeadura tardia.

O híbrido P30F53 VYH é mais estável do que o AG9025 PRO3 o que lhe proporciona maior produtividade e eficiência agronômica de uso do nitrogênio em cobertura na semeadura tardia.

A eficiência agronômica de uso do nitrogênio aumenta com o incremento do potencial produtivo e reduz com o aumento da dose de N aplicada em cobertura.

5 INCIDÊNCIA DE DOENÇAS E SUSTENTABILIDADE DO COLMO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA E DOSES DE N EM COBERTURA

5.1 RESUMO

O sistema de rotação de culturas e a época de semeadura modificam a intensidade de doenças na cultura do milho. O desequilíbrio na oferta de nitrogênio às plantas pode elevar a suscetibilidade a patógenos. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da época de semeadura e de doses de nitrogênio sobre a incidência de doenças e a sustentabilidade do colmo de híbridos de milho com ciclos contrastantes. Os ensaios foram implantados a campo, no município de Lages, SC, em monocultivo no ano agrícola de 2015/16, e no município de Atalanta, SC, em rotação de culturas no ano agrícola de 2016/17. Os experimentos foram conduzidos no delineamento experimental de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-subdivididas. Na parcela principal foram testados dois híbridos: AG9025 PRO3 (ciclo super-precoce) e P30F53 VHY (ciclo precoce). Nas subparcelas foram avaliadas duas épocas de semeadura: preferencial (início da primavera e tardia (final da primavera). Nas sub-subparcelas foram testadas quatro doses de nitrogênio em cobertura: 0, 150, 300 e 450 kg de N ha⁻¹. Foram avaliadas a incidência de podridões da base do colmo, podridões de espiga, grãos ardidos, percentagem de plantas acamadas e quebradas, altura de inserção de espigas e diâmetro da base do colmo na colheita. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F. Quando apresentaram diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e por análise de regressão polinomial, ao nível de significância de 5%. Em Lages, o híbrido AG9025 PRO3 foi mais afetado por podridões de colmo e de espiga do que o P30F53 VYH na semeadura tardia. Nesta época de semeadura, houve maior incidência de grãos ardidos no AG9025 PRO3 do que no P30F53 VYH nos dois ambientes em que se conduziu o trabalho. As doses de nitrogênio aplicadas em cobertura não apresentaram uma tendência clara de aumento ou redução na incidência de podridões de colmo, de espigas e de grãos ardidos. O efeito do N sobre estas variáveis dependeu do híbrido, época de semeadura e local, evidenciando que tanto o excesso quanto a falta de N pode favorecer a incidência de doenças no milho. O incremento na dose de N aumentou o diâmetro do colmo e a altura de inserção de espigas em Atalanta, incrementando a percentagem de colmos acamados do híbrido P30F53 VYH na semeadura tardia.

Palavras-chave: Zea mays. Podridão da base do colmo. Podridão de espiga. Grãos ardidos. Acamamento

5.2 ABSTRACT

The crop rotation system and the sowing date modify disease pressure on maize. The unbalance of nitrogen supply may increase the plant susceptibility to pathogens. This work was carried out aiming to evaluate the effect of sowing date and nitrogen side-dress rate on disease incidence and stem sustainability of maize hybrids with contrasting growth cycle. Two field experiments were set in Lages and Atalanta, during the growing seasons of 2015/16 and 2016/17, respectively. The experiments were carried out using a randomized block with treatments arranged in a split-split plot design. Two hybrids were tested in the main plots: AG9025 PRO3 (hyper-early) and P30F53 VYH (early). Two sowing dates were assessed in the split plots: preferential (early spring) and delayed (late spring). Four nitrogen side-dress rates were evaluated in the split-split plots, equivalent to 0; 0.5; 1.0; and 1.5 times the recommended rate to achieve grain productivities of 21 Ma ha⁻¹. Stem, ear and grain rot incidence were evaluated, along with the percentage of broken and lodged stems. Data were statistically evaluated by the variance analysis using the F test. When F values were significant, averages were compared by the Tukey's test and polynomial regression analysis, both at the significance level of 5%. In Lages, the hybrid AG9025 PRO3 was more affected by stem and ear rots than P30F53 VYH in the late sowing date. AG9025 PRO3 presented higher percentage of rotten grains than P30F53 VYH at both experimental sites when the sowing date was delayed. Nitrogen side-dress rates did not present a clear tendency of increasing or decreasing stem, ear and grain rots. Nitrogen effect on such diseases varied according to the hybrid, sowing date and experimental place, showing that both the lack or excess of nitrogen may favor maize disease incidence. The increment in nitrogen rate increased stem diameter and ear insertion height in Atalanta, favoring P30F53 VYH stem lodging at the late sowing date.

Key words: *Zea mays*. Stem rot. Ear rot. Rotten grains. Lodging.

5.3 INTRODUÇÃO

A monocultura de milho é comum em pequenas propriedades, principalmente naquelas que utilizam a cultura para consumo próprio para silagem, milho rolão ou grãos secos (RIBEIRO et al., 2005). Este sistema muitas vezes é feito com o cultivo de duas safras de milho no mesmo ano agrícola. Ele prioriza a logística em detrimento da técnica, muitas vezes pela falta de conhecimento do impacto da monocultura sobre a qualidade e a produtividade do milho.

O plantio direto é o sistema produtivo mais adequado para a produção de grãos no Brasil, bem como em outros países tropicais (KLUTHCOUSKI et al., 2000). Considera-se como plantio direto o sistema de produção que atende três princípios básicos: a baixa mobilização do solo, a cobertura permanente por plantas ou palhada e a rotação de cultura (DA SILVA et al., 2009). Dos três fundamentos básicos, a rotação de culturas é a que menos é atendida pelos produtores, embora seja um ponto chave dentro do sistema, impactando diretamente a sustentabilidade, a produtividade e a rentabilidade da produção de grãos (FRANCHINI et al., 2011).

O milho cultivado em monocultivo, principalmente em semeadura direta, favorece o desenvolvimento de inóculo de fungos necrotróficos causadores das podridões de colmo e de espiga (DENTI & REIS, 2001; TRENTON; IRGANG; REIS, 2002).

Entre os fatores bióticos que causam maior limitação à produtividade do milho destacam-se as doenças causadoras das podridões da base do colmo (DENTI; REIS, 2001). Estas podridões causam alterações nos feixes vasculares das plantas, comprometendo a translocação de água e nutrientes do solo para a parte aérea, com conseqüente redução do potencial de rendimento e qualidade dos grãos. Com exceção do *C. graminicola*, os fungos causadores das podridões de colmo são os mesmos que acarretam a redução do rendimento e da qualidade de grãos causadas pelas podridões de espigas (CASA et al., 2007). As podridões de espigas induzem a formação de grãos ardidos. Estes são originários da descoloração dos grãos devido à infecção dos fungos, sendo os principais responsáveis pela redução da qualidade dos grãos de milho principalmente no sul do Brasil (TRENTON; IRGANG; REIS, 2002).

A deficiência de nitrogênio provoca um desequilíbrio nutricional entre o colmo e a espiga, tornando a cultura do milho mais suscetível aos complexos causadores de podridão da base do colmo (WORDELL FILHO; SPAGNOLLO, 2013). Por outro lado, altas concentrações de nitrogênio no solo provocam um aumento na formação de tecidos jovens, na concentração de aminoácidos no apoplasto e na superfície da folha tornando as plantas mais suscetíveis a infecções, além de diminuir a concentração de fenólicos, de lignina e silício prejudicando o sistema de defesa das plantas contra infecção (DORDAS, 2008). O desequilíbrio nutricional de N torna o milho mais suscetível a doenças (DOS SANTOS et al., 2013), seja pela falta ou excesso de nitrogênio disponível. Este efeito varia em função das características genéticas do híbrido utilizado. Assim, é importante o estudo da interação destes fatores na incidência de doenças na cultura do milho.

Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar o efeito da época de semeadura e de doses de nitrogênio sobre a incidência de doenças e a sustentabilidade do colmo de híbridos de milho com ciclos contrastantes.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados no município de Lages-SC, no ano agrícola 2015/16, e no município de Atalanta-SC, no ano agrícola 2016/17. As coordenadas geográficas dos dois locais são: latitude 27°50'35" S, longitude 50°29'45" W e altitude de 849 m (Lages); latitude 27°26'03" S, longitude 49°42'06" W e altitude de 586 m (Atalanta).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região de Lages é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22°C e precipitações pluviais bem distribuídas. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico Típico (EMBRAPA, 2006). Já o clima do município de Atalanta é classificado, segundo Köppen, como Cfa, subtropical mesotérmico úmido de verões quentes, temperatura média anual entre 18 a 19°C, precipitação média anual entre 1300 a 1500 mm e umidade relativa do ar de 82 a 85%. O solo da área experimental de Atalanta é classificado como Cambissolo Háptico distrófico, de textura franco argila siltosa (EMBRAPA, 2006). Os

dados das análises de fertilidade do solo realizada um mês antes da implantação dos experimentos estão apresentados na Tabela 1.

Os dados de precipitação, irrigação, temperatura mínima e máxima do ar durante a condução dos experimentos são apresentados nas Figuras 2 para as safras 2015/16 (A) e 2016/17 (B).

A área experimental no município de Lages estava sendo manejada em monocultivo, com milho no verão e aveia preta no inverno nos últimos quatro anos agrícolas, em sistema de semeadura direta, não atendendo o fundamento da rotação de culturas do sistema plantio direto. Já a área experimental de Atalanta vinha sendo manejada com a seguinte composição de rotação de cultura: no ano agrícola 2012/13 aveia-preta/cebola/feijão, ano agrícola 2013/14 aveia-preta/milho, ano agrícola 2014/15 aveia-preta/cebola/soja, e ano agrícola 2015/16 aveia-preta/soja.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-subdivididas, com três repetições por tratamento no primeiro ano e quatro repetições no segundo. Na parcela principal foram testados dois híbridos: AG9025 PRO3 e P30F53 VYH, de ciclos super-precoce e precoce, respectivamente. Nas subparcelas foram avaliadas duas épocas de semeadura: época preferencial e época tardia, com a semeadura realizada no dia 15/10/2015 e 05/12/2015 no primeiro ano e 20/09/2016 e 05/12/2016 no segundo ano. Nas sub-subparcelas foram testadas quatro doses de nitrogênio em cobertura, equivalentes a 0; 0,5; 1,0 e 1,5 vezes a dose necessária para atingir produtividades de 21 Mg ha⁻¹ (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2004). Quantitativamente, as doses equivaleram à aplicação de 0, 150, 300 e 450 kg de N ha⁻¹. Estas doses foram divididas igualmente em três épocas de aplicação, nos estádios V4, V8 e V12 da escala de Ritchie et al. (1993). Cada unidade experimental foi composta por quatro linhas de seis metros de comprimento, considerando-se as duas linhas centrais como área útil e as duas linhas externas sendo bordadura.

A densidade de plantas utilizada foi de 75.000 pl ha⁻¹ e o espaçamento entre linhas de 70 cm. A semeadura foi feita com semeadoras manuais, depositando-se três sementes por cova. As sementes foram previamente tratadas com os inseticidas Thiametoxan e Fipronil e com os fungicidas Fludioxonil + Metalaxyl + Carbendazin. Foi realizado o desbaste quando as plantas estavam em estágio V2 para ajustar a

população ao valor almejado. Na semeadura utilizou-se como adubação de base 30 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O, seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) para obtenção de tetos produtivos de 21 Mg ha⁻¹.

O controle de plantas daninhas foi realizado quimicamente em duas épocas. Logo após a semeadura aplicou-se uma mistura dos herbicidas Atrazina + Metalacloro. Quando as plantas estavam no estágio V2, complementou-se o controle com a aplicação de uma mistura dos herbicidas Atrazina + Tembotriona. Durante os estádios V12 e V18 no primeiro ano e V14 no segundo, foi feita a aplicação da mistura dos fungicidas Azoxystrobina e Cyproconazole para o controle preventivo de doenças foliares.

Determinou-se a altura de inserção da espiga superior no estágio R2 escala Ritchie et al. (1993). Já o diâmetro da base do colmo foi determinado no dia da colheita. Para ambas as avaliações se utilizaram cinco plantas previamente marcadas em cada sub-subparcela.

A percentagem de colmos quebrados e acamados foi estimada no dia da colheita, contando-se o número de plantas quebradas ou acamadas e o número total de plantas da área útil. Foi considerada quebrada a planta que apresentava ruptura do colmo abaixo da espiga. Foram consideradas acamadas as plantas cujo ângulo entre os entrenós inferiores do colmo e o solo era menor do que 45°.

Antes da colheita avaliou-se a Incidência de Podridões de Espiga (IPE). Considerou-se sintomática a planta que apresentou descoloração da espiga e/ou aquela com menor resistência à pressão dos dedos polegar e indicador.

No ano agrícola 2015/16 a colheita do híbrido AG9025 PRO3 foi realizada nos dias 24/03/2016 e 30/04/2016, já o híbrido P30F53 VYH teve como data de colheita os dias 02/04/2016 e 30/04/2016. No ano agrícola 2016/17 a colheita do híbrido AG9025 PRO3 foi realizada nos dias 12/03/2017 e 28/04/2017 e o híbrido P30F53 VYH foi colhido nos dias 12/03/2017 e 01/05/2017.

Logo após a colheita foi determinado a Incidência de Podridões de Colmo (IPC), abrindo-se longitudinalmente todos os colmos presentes numa linha da área útil, a uma altura de 40 cm da superfície do solo, seguindo recomendações descritas por Reis e Casa (1996).

Foi utilizada uma amostra de 200 gramas para a quantificação da incidência de grãos ardidos, através da mensuração visual e classificação manual de todos os grãos que apresentassem descoloração maior que 25% da sua área total. A percentagem de grãos ardidos foi obtida pela diferença de massa da amostra e dos grãos ardidos encontrados (BRASIL, 1996).

Os dados de incidência que não atenderam a pressuposição de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância foram normalizados utilizando a transformação arco seno da raiz quadrada de $(x/100)$, para realização da análise de variância. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F. Quando significativos, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey e por análise de regressão polinomial, ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A incidência de podridões de colmo, de espigas e a percentagem de grãos ardidos foram afetados pela interação entre época de semeadura x híbrido no primeiro ano agrícola (Apêndice 8). Os resultados dos desdobramentos desta interação podem ser visualizados na Tabela 15.

O híbrido P30F53 VYH apresentou maior incidência de podridões de colmo na semeadura tardia do que na época preferencial. Já o AG9025 PRO3 não apresentou diferenças entre épocas de semeadura para esta variável. Este comportamento se deveu a alta suscetibilidade apresentada pelo híbrido super-precoce no ambiente de Lages a podridões de base do colmo, independentemente da época de semeadura. A incidência de podridão de colmo no AG9025 PRO3 foi 857% e 258% maior que o P30F53 VYH, na época de semeadura preferencial e tardia, respectivamente.

A época de semeadura não influenciou a incidência de podridões de espiga no P30F53 VYH. Já o AG9025 PRO3 aumentou a incidência de podridões de espiga de 1,8% para 28,7% quando sua semeadura foi postergada de 20 de setembro para 5 de dezembro. Na época de semeadura preferencial não houve diferença significativa entre híbridos na IPE. Por outro lado, na semeadura tardia o híbrido

AG9025 PRO3 apresentou uma incidência de podridão de espigas 461% maior do que o P30F53 VYH.

Como destacado por Trento, Irgang e Reis (2002), a incidência de grãos ardidos é consequência da podridão de espigas. Desta forma, a incidência de grãos ardidos mensurada no ano agrícola 2015/16 seguiu o mesmo comportamento do índice de podridão de espigas. Vale destacar que no presente trabalho as variáveis incidência de podridões de espiga e incidência de grãos ardidos apresentaram correlações de Pearson de 0,73.

Tabela 15 - Incidência de Podridões de Colmo (IPC), Incidência de Podridões de Espiga (IPE) e Incidência de Grãos Ardidos (IGA) de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Lages-SC, ano agrícola 2015/16.

IPC (%)			IPE (%)	
Híbrido (H)			Híbrido (H)	
Época de Semeadura (ES)	P30F53 VYH	AG9025 PRO3	P30F53 VYH	AG9025 PRO3
Recomendada	7,9 bB*	75,9 aA	5,0 aA	1,8 bA
Tardia	23,0 aB	82,4 aA	5,1 aB	28,8 aA
C.V. Fator A (H)		35,47%	88,63%	
C.V. Fator B (ES)		17,38%	63,49%	
IGA (%)				
Época de Semeadura (ES)	P30F53 VYH	AG9025 Pro3		
Recomendada	5,6 aA	5,3 bA		
Tardia	5,0 aB	13,4 aA		
C.V. Fator A (H)		26,91%		
C.V. Fator A (ES)		37,32%		

*Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Fonte: Elaborada pelo autor.

Diferentemente do ano agrícola 2015/16, no ano agrícola 2016/17 não houve interação significativa entre híbrido e época de semeadura para a variável Incidência de podridão de colmo (Apêndice 8). No segundo ano agrícola não foi possível quantificar a incidência de podridão de espigas devido a sua baixa ocorrência em Atalanta.

No desdobramento do efeito de híbrido e época de semeadura sobre a incidência de grãos ardidos do ano agrícola 2016/17 (Tabela 16), é notório o menor impacto das podridões sobre a incidência de grãos ardidos desta safra, em comparação com a anterior. Mesmo com uma menor incidência, o comportamento

da variável em função do híbrido e da época de semeadura foi semelhante nos dois anos, sendo os maiores valores registrados para o híbrido AG9025 PRO3 na semeadura tardia.

Tabela 16 - Incidência de Grãos Ardidos (IGA), de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.

Época de Semeadura (ES)	IGA (%)	
	Híbrido (H)	
	P30F53 VYH	AG9025 Pro3
Recomendada	0,7 bA*	0,8 bA
Tardia	3,2 aB	5,7 aA
C.V. Fator A (H)	45,36%	
C.V. Fator A (ES)	57,58%	

*Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

Em trabalho conduzido por Blum et al. (2003), o híbrido P32R21 de ciclo super-precoce foi mais afetado por fungos causadores de podridões de colmo e espiga que o híbrido Premium de ciclo precoce. Panison et al. (2016), em estudo de híbridos de diferentes ciclos, também concluiu que híbridos mais precoces apresentam maior incidência de podridões de colmo e grãos ardidos.

A menor relação fonte dreno de materiais de ciclo mais curto aumenta a remobilização de carboidratos dos colmos para os grãos, tornando o colmo mais suscetível a patógenos (BLUM et al., 2003; SANGOI et al., 2010). A maior ocorrência de grãos ardidos em materiais mais precoces é decorrente de uma menor cobertura de palha nestes materiais, deixando os grãos mais expostos aos patógenos (PANISON et al., 2016). Casa et al. (2009) destacaram que quando o colmo está infectado os patógenos podem migrar posteriormente para a espiga durante o enchimento de grãos.

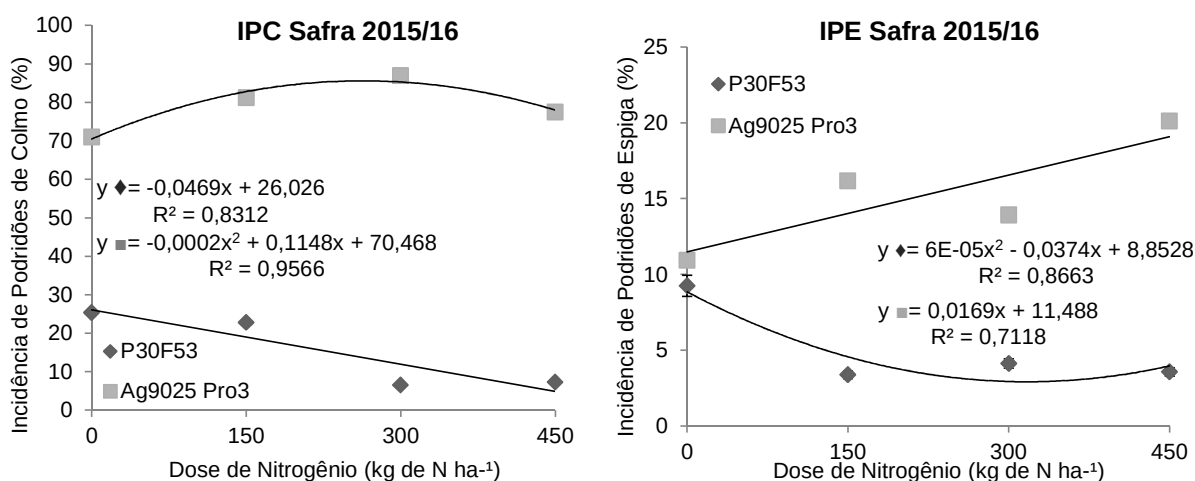
As plantas semeadas tardiamente encontram condições mais favoráveis ao desenvolvimento de podridões de colmos. Além disto, a menor temperatura do ar e redução na disponibilidade de radiação solar retardam a perda de umidade e favorecem a ocorrência de podridões de espiga (SANGOI et al., 2010).

Os resultados obtidos em Lages evidenciam que a ocorrência de podridões é potencializada pela semeadura tardia, principalmente em híbridos de ciclo mais

precoce cultivados em monocultura. Como mencionado no Material e Métodos, a área experimental do ano agrícola 2015/16 foi manejada em monocultivo por quatro anos, tendo o agravante de ter sido buscado altos patamares produtivos nos ensaios conduzidos com milho nos anos anteriores. Isto propiciou uma grande quantidade de resíduos culturais e de inóculo de patógenos necotróficos que ocasionam doenças de colmo e de espiga.

No ano agrícola 2015/16 houve efeito significativo da interação entre dose de nitrogênio x híbrido para a variável incidência de podridões de colmo (Apêndice 8). A IPC do híbrido P30F53 VYH decresceu com o incremento na dose de N (Figura 27 A). Já no híbrido AG9025 PRO3 houve incremento quadrático desta variável com o aumento da dose, sendo o ponto de máxima incidência (86,9%) registrado com a aplicação de 287 kg ha⁻¹ de N. O mesmo comportamento foi registrado para a incidência de podridões de espiga, com tendência de decréscimo para o P30F53 VYH e de aumento para o AG9025 PRO3 com a maior disponibilidade de nitrogênio (Figura 27 B).

Figura 27 - Incidência de Podridões de Colmo (IPC) (A) e Incidência de Podridões de Espiga (IPE) (B) de milho em função do Híbrido e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Lages, SC, ano agrícola 2015/16.

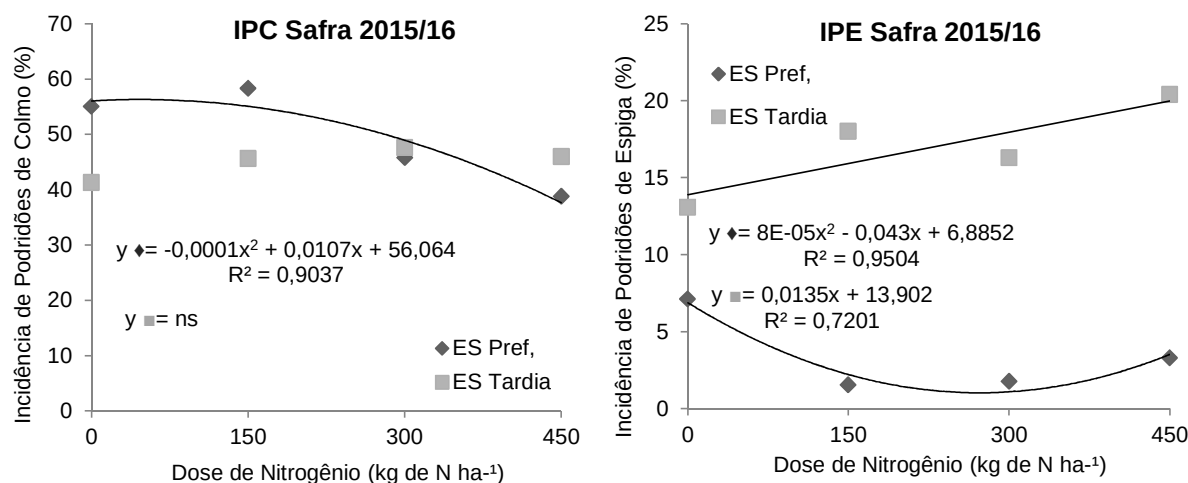


Fonte: Elaborada pelo autor.

A incidência de podridões de colmo e de espigas também foi afetada pela interação dupla entre época de semeadura x doses de nitrogênio no ano agrícola 2015/16 (Apêndice 8). Houve uma tendência de decréscimo na incidência de

podridões de colmo com o aumento da dose de N quando os híbridos foram semeados na época preferencial (Figura 28 A). O mesmo não aconteceu na semeadura tardia, em que a regressões do efeito de dose não foram significativas para podridões de colmo e mostraram que houve um aumento na incidência de podridões de espiga com a elevação da quantidade de N em cobertura (Figura 28 B). Isto indica que o nitrogênio pode auxiliar a reduzir a incidência de doenças ou aumentá-la, dependendo da época de semeadura da cultura.

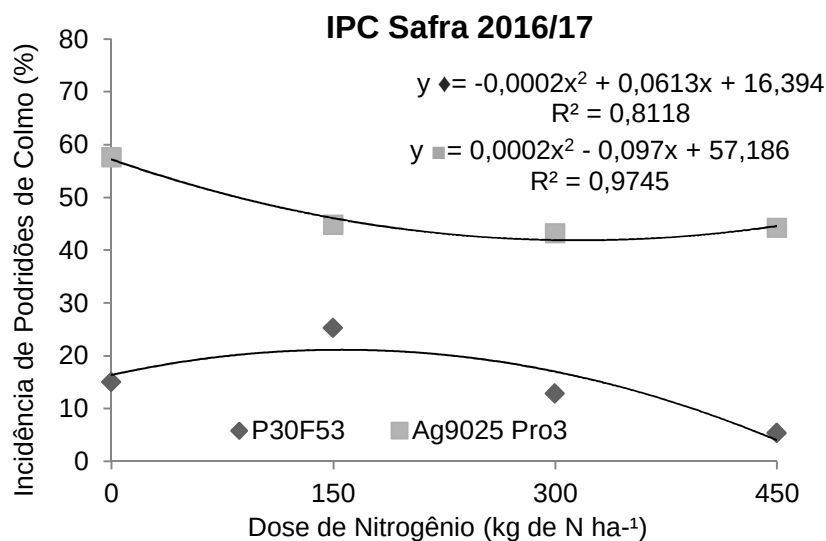
Figura 28 - Incidência de Podridões de Colmo (IPC) (A) e Incidência de Podridões de Espiga (IPE) (B) do milho em função da época de semeadura e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages, SC, ano agrícola 2015/16.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em 2016/17 a incidência de podridões de colmo foi afetada pelas interações entre dose de N x híbrido e dose de N x época de semeadura (Apêndice 8). O híbrido AG9025 PRO3 apresentou menor incidência de podridões de colmo nos tratamentos que receberam nitrogênio. Já o P30F53 VYH apresentou comportamento quadrático com pouca variação nos valores obtidos de IPC em função da dose de N (Figura 29).

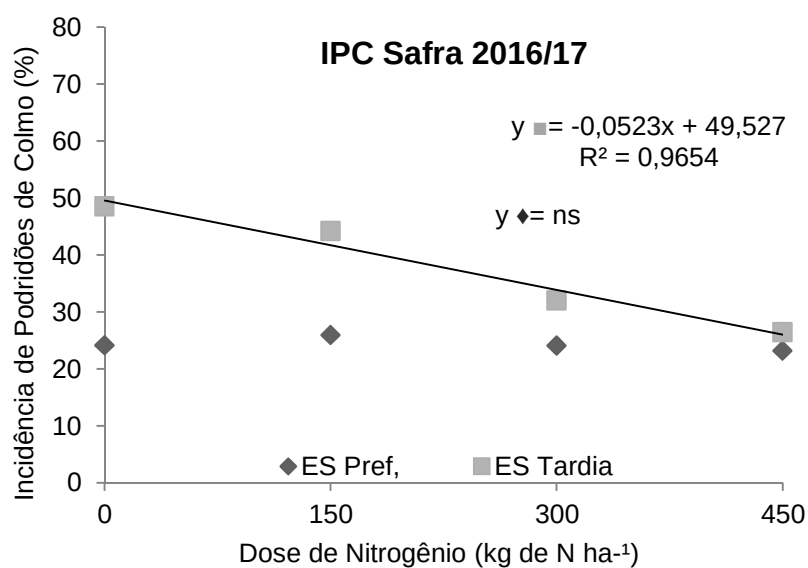
Figura 29 - Incidência de Podridões de Colmo (IPC) de milho em função do híbrido e da doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura. Atalanta, SC, Ano agrícola 2016/17.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A dose de nitrogênio não influenciou a incidência de podridões de colmo na época de semeadura preferencial. Contudo, na época de semeadura tardia ocorreu uma diminuição na incidência a medida que se aumentou a dose de nitrogênio em cobertura (Figura 30). Isto evidencia que, no ambiente de rotação de culturas que caracterizou a área experimental de Atalanta, o nitrogênio exerceu um papel mitigador na ocorrência de doenças de colmo quando a semeadura foi feita em dezembro.

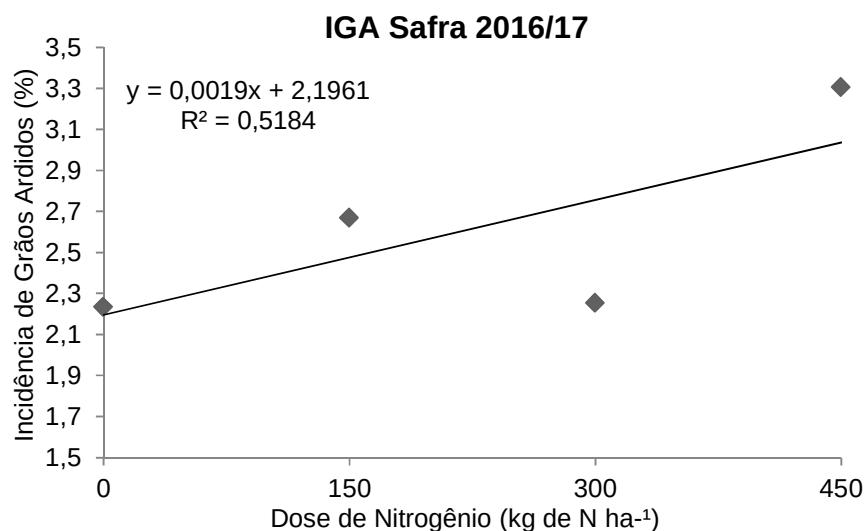
Figura 30 - Incidência de Podridões de Colmo (IPC) do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Atalanta, SC, 2016/17.



Fonte: Elaborada pelo autor.

No ano agrícola 2016/17, à medida que se elevou a dose de nitrogênio em cobertura a incidência de grãos ardidos aumentou de forma linear (Figura 31). Contudo, os valores registrados neste ambiente foram baixos, oscilando entre 2,2 e 3,1%.

Figura 31 - Incidência de Grãos Ardidos (IGA), na média de dois híbridos e duas épocas de semeadura. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17.



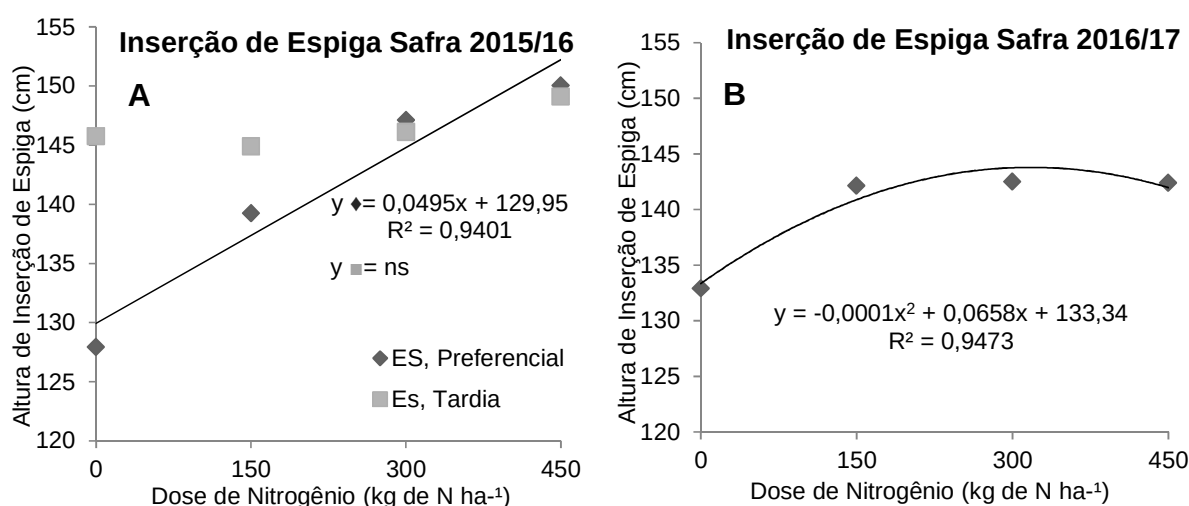
Fonte: Elaborada pelo autor.

Como evidenciado em estudos de Denti e Reis (2001) e de Trento, Irgang e Reis (2002), o milho cultivado em monocultivo, principalmente em semeadura direta, favorece o desenvolvimento de inóculo de fungos necrotróficos causadores das podridões de colmo e de espiga. Denti e Reis (2001) também afirmam que entre os fatores bióticos que causam maior limitação à produtividade do milho destacam-se as doenças causadoras das podridões da base do colmo. No presente estudo a produtividade de grãos apresentou correlação de Pearson de -0,45, -0,65 e -0,85 para incidência de podridões de colmo, incidência de grãos ardidos, incidência de podridões de espiga, respectivamente quando cultivados em monocultivo. No segundo ano agrícola, quando manejado sobre plantio direto e rotação de culturas, a produtividade de grãos apresentou correlação de Pearson de -0,18 e -0,27 para a incidência de podridões de colmo e incidência de Podridões de Espiga, respectivamente. Os dados de correlação confirmam que a alta pressão de podridões quando o milho é manejado sobre monocultivo pode reduzir a produtividade de grãos.

A altura de inserção de espiga foi afetada pela interação entre época de semeadura x dose de nitrogênio em 2015/16 e pelos efeitos principais destes dois fatores em 2016/17 (Apêndice 9). Em Lages houve incremento linear desta variável com o aumento da dose de N quando o milho foi semeado na época preferencial (Figura 32 A). Por outro lado, na semeadura tardia a quantidade de nitrogênio

aplicada em cobertura não interferiu no posicionamento da espiga no colmo. Em Atalanta, a altura de inserção de espiga foi 10,3% maior quando o milho foi semeado em setembro do que em dezembro. Neste ambiente, houve incremento quadrático da variável com aumento da dose de N, com tendência de estabilização nos valores obtidos com doses maiores do que 150 kg de N ha⁻¹ (Figura 32 B).

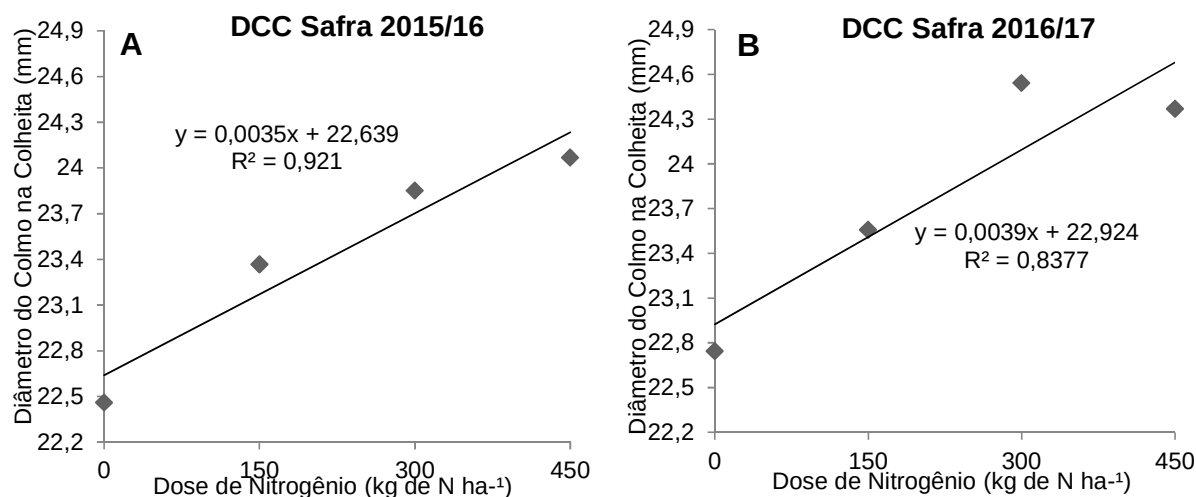
Figura 32 - Altura de inserção de espiga do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages, SC, 2015/16 (A) e Altura de inserção de espiga na média de dois híbridos e duas épocas de semeadura. Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17 (B).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Nos dois anos agrícolas, houve incremento linear no diâmetro de colmo das plantas com o aumento na dose de N em cobertura, na média dos híbridos e épocas de semeadura (Figura 33).

Figura 33 - Diâmetro da base do colmo na colheita (DCC) em função de doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos e duas épocas de semeadura. Lages-SC, ano agrícola 2015/16 (A) e Atalanta-SC, ano agrícola 2016/17 (B).



Fonte: Elaborada pelo autor.

A oferta de nitrogênio altera a relação fonte dreno o que interfere na remobilização de carboidratos, dos colmos para os grãos (BLUM et al., 2003; SANGOI et al., 2010). Repke et al. (2013) observou que a partir dos 60 dias após a emergência ocorreu a redução nos valores do diâmetro do colmo, provavelmente devido à remobilização das reservas nele contidas. É provável que o maior diâmetro de colmo na colheita em função do aumento da dose de nitrogênio em cobertura não seja exclusivamente devido a um maior crescimento do diâmetro, mas também de uma menor remobilização de reservas do colmo aos grãos em tratamentos que receberam nitrogênio em cobertura.

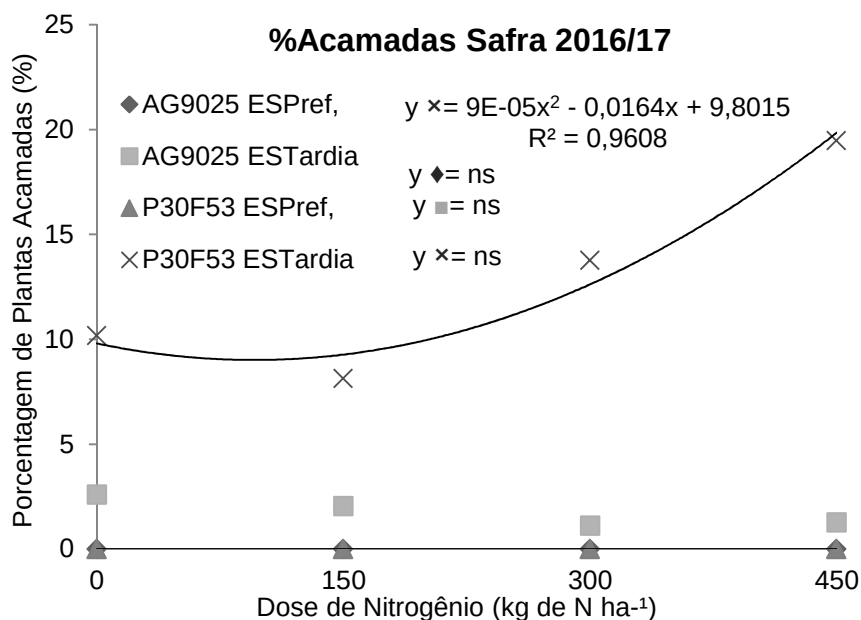
No primeiro ano agrícola, a percentagem de plantas acamadas não foi afetada pelos fatores estudados e a percentagem de colmos quebrados sofreu a interferência da interação tripla entre híbrido x época de semeadura x dose de N (Apêndice 8). Contudo, os valores registrados em Lages para esta variável foram inferiores a 3% em todos os tratamentos. Por este motivo, optou-se por não desdobrar esta interação e não apresentar os resultados no trabalho.

O quebramento de plantas está relacionado com a resistência do colmo, altura de inserção de espigas e massa da espiga. Quanto menor a resistência do como, maior a altura da espiga ou a sua massa maiores são as taxas de

acamamento e quebra de colmos (SANGOI et al., 2002). Outro fator que pode interferir na percentagem de plantas acamadas e quebradas é a incidência de colmos doentes. No ambiente de Lages, o híbrido AG9025 PRO3 apresentou grande incidência de podridões de colmo nas duas épocas de semeadura (Tabela 15). Contudo, isto não provocou alta percentagem de colmos acamados e quebrados.

No ano agrícola 2016/17 houve efeito da interação tripla dos fatores estudados sobre a percentagem de plantas acamadas (Apêndice 8). No dia 26/04/2017 houve a ocorrência de rajadas de ventos com a velocidade de 50 a 70 km hora⁻¹ no município de Atalanta. Estes ventos atingiram o ensaio quando as plantas semeadas tardiamente estavam fisiologicamente maduras, uma semana antes da colheita. Este evento climático promoveu o acamamento de colmos do híbrido P30F53 VYH, tendência que foi acentuada com o aumento da dose de N aplicada em cobertura (Figura 34).

Figura 34 - Percentagem de plantas acamadas (%Acamadas), de híbridos de milho nas épocas de semeadura preferencial e tardia, em função de doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta, SC, 2016/17.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Segundo Pereira Filho e Borghi (2016), os híbridos P30F53 VYH e o AG9025 PRO3 são classificados como tendo alta resistência ao acamamento, sendo o AG9025 PRO3 mais tolerante ao acamamento e o P30F53 VYH mais tolerante ao quebramento de plantas. Este comportamento foi confirmado na semeadura tardia

feita em Atalanta. A maior percentagem de colmos quebrados do P30F53 VYH semeado em dezembro, com altas doses de N pode ter sido ocasionada pela maior altura de plantas, maior altura de inserção de espigas e maior massa de grãos nas espigas deste híbrido.

5.6 CONCLUSÕES

O retardamento da semeadura do início para o final da primavera, o cultivo de híbridos super-precoces como o AG9025 PRO3 e a monocultura de milho aumentam a incidência de podridões de colmo, de espigas e de grãos ardidos do milho.

O aumento na dose de nitrogênio aplicada em cobertura não tem uma tendência clara de incremento ou redução na incidência de doenças de colmo, espiga e grãos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nitrogênio é o nutriente essencial mais dinâmico e instável no solo. Sua disponibilidade e absorção pelas plantas de milho é influenciada por uma série de variáveis, principalmente aquelas que afetam seu crescimento e desenvolvimento. O nitrogênio é o nutriente que mais impacta a produtividade e os custos de produção da cultura do milho.

Tendo em vista as alterações nos padrões de crescimento e desenvolvimento bem como no potencial produtivo da cultura em função da época de semeadura e o ciclo do híbrido. O experimento foi implantando com base nas seguintes hipóteses I. A época de semeadura do milho interfere na resposta da cultura a doses de N em cobertura; II. A resposta a doses crescentes de nitrogênio em cobertura é maior em semeaduras mais precoces, nas quais se tem um menor crescimento vegetativo e maior potencial produtivo; III. O efeito da época de semeadura sobre a resposta do milho a doses crescentes de nitrogênio em cobertura é influenciado pelo ciclo do híbrido; IV. A resposta do rendimento de grãos de híbridos de milho de ciclo super-precoces a doses de N é comprometida nas semeaduras tardias.

Resumidamente, os principais resultados encontrados são: tanto em Lages quanto em Atalanta, o incremento na dose de N em cobertura aumentou a altura da planta no espigamento quando os híbridos foram semeados na época preferencial e não interferiu sobre esta variável na semeadura tardia. Nos dois locais em que se conduziu o trabalho, o uso de doses crescentes de N proporcionou a elevação do teor relativo de clorofila no enchimento de grãos, bem como a maior manutenção do IAF durante este período para os dois híbridos e épocas de semeadura. A semeadura tardia reduziu a produtividade do milho nos dois locais, principalmente do híbrido super-precoces. O menor potencial produtivo e a maior disponibilidade de nitrogênio no solo reduziram a resposta da produtividade ao nitrogênio em cobertura na semeadura tardia, principalmente no híbrido AG9025 PRO3. A eficiência agrônômica de uso do nitrogênio aumentou com o incremento da produtividade e reduziu com a elevação da dose de N aplicada em cobertura. Na semeadura tardia houve maior incidência de podridões de colmo e grãos ardidos no AG9025 PRO3 do que no P30F53 VYH. As doses de nitrogênio aplicadas em cobertura não

apresentaram uma tendência clara de aumento ou redução na incidência de doenças de colmo, espigas e grãos.

Considerando que atual recomendação da adubação nitrogenada para cultura do milho pela Comissão de Química e Fertilidade Do Solo – RS/SC (2016), buscando simplificar a recomendação, se baseou na recomendação de fertilizantes nitrogenados considerando uma media produtiva a qual é extrapolada de forma linear considerando exportação mais perdas do nitrogênio. O presente estudo demonstrou, corroborando a Lei de incrementos decrescentes proposta por Mitscherlich (1909), no início do século XX, que quando se aplica doses crescentes de um nutriente, os aumentos de produção são elevados inicialmente, mas decrescem sucessivamente à medida que se eleva a dose do fertilizante. Portanto, a linearização da dose de N em função do teto de produtividade almejado necessita ser reavaliada e aperfeiçoada para recomendações futuras.

Dois outros pontos que merecem reflexão para recomendações futuras quanto a dose de nitrogênio utilizada na cultura do milho são a época de semeadura e o ciclo do híbrido. O trabalho demonstrou que a eficiência agrônômica de uso do nitrogênio é menor nas semeaduras tardias, principalmente quando se utilizam híbridos de ciclo super-precoces. Portanto, reduções na quantidade de nitrogênio aplicada em cobertura podem ser necessários nestas situações.

REFERÊNCIAS

ABBASI, M.K.; TAHIR, M.M.; SADIQ, A.; IQBAL, M.; ZAFAR, M.; Yield and nitrogen use efficiency of rainfed maize response to splitting and nitrogen rates in Kashmir, Pakistan. **Agronomy Journal** v.104, p.48–457, 2012.

ALMEIDA, M.L.; MEROTTO JR.; A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F. 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**, v.30, p.23-29, 2000

ANDRADE, F.H.; SADRAS, V.O. **Bases para el manejo del maíz, el girassol e la soja**. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, 2003. 443p.

ANDRADE, F.H.; UHART, S.A.; CIRILO, A. Temperature affects radiation use efficiency in maize. **Field Crops Research**. V.32, p.17–25, 1993

AWIKA, J.M. Major Cereal Grains Production And Use Around The World. In: AWIKA, J.M.; PIIRONEN, V.; BEAN, S. (eds.) **Advances in cereal science: implications to food processing and health promotion**. Washington: ACS Symposium Series: American Chemical Society, v.1089, p.1-13, 2011.

BALIGAR, V. C.; DUNCAN, R. R.; FAGERIA, N, K. Soil-plant interaction on nutrient efficiency in plants: an overview. In Baligar, R. V.; Duncan, R. R. (Ed.). **Crops as enhancers of nutrient use**. San Diego: Academic, 1990. p. 351-373.

BISCARO, G. A.; MOTOMIYA, A. V. A.; RANZI, R.; VAZ, M. A. B.; PRADO, E. A. F.; SILVEIRA, B. L. R. Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 11, p. 10-19, 2011.

BLUM, L.E.B.; SANGOI, L.; AMARANTE, C.V.T. do; ARIOLI, C.J.; GUIMARÃES, L.S. Desfolha, população de plantas e precocidade do milho afetam a incidência e a severidade de podridões do colmo. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 33, n. 5, p. 805 - 811. 2003.

BOOMSMA, C. R.; SANTINI, J. B.; TOLLENAAR, M.; VYN, T. J. Maize morphophysiological responses to intense crowding and low nitrogen availability: an analysis and review. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, p.1426-1452, 2009.

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.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta à adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n.9, p.1101-1106, 2001.

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.

BRITO, A. H.; PINHO, R. G. von; POZZA, E. A.; PEREIRA, J. L. A. R.; FARIA FILHO, E. M. Efeito da Cercosporiose no rendimento de híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.32, n. 6, p. 472-479, 2007.

BRUIN, J.; BUTZEN, S. Nitrogen Uptake in **Corn. Crop Insights**, v.24, n. 4, Illinois, 2014.

CAMACHO, R. G.; GARRIDO, O.; LIMA, M. G. Evaluation of nine corn (*Zea mays* L.) genotypes in relation to leaf area and light extinction coefficient. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 2, p. 294-298, 1995.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F. et al. (Org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p.375-470.

CAVIGLIA, O.P.; MELCHIORI, R.J.M.; SADRAS, V.O. Nitrogen utilization efficiency in maize as affected by hybrid and N rate in late-sown crops. **Field Crops Research**, V.168, p.27-37, 2014.

CASA, R.T.; MOREIRA, E.N.; BOGO, A.; SANGOI, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, SP, v.33, n.4, p.353-357, 2007.

CASA, R.T.; REIS, E.M.; KUHNEN, J.P.R.; BOLZAN, J.M. Controle de doenças de milho em sistema de plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.112, p.15-21, 2009.

CASTRO, P. R. C; KLUGE, R. A.; SESTARI, Ivan. **Manual de fisiologia vegetal: Fisiologia de cultivos**. Agronômica Ceres, 2008.

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.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC) **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS/Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p.

CONAB, **Acompanhamento da safra brasileira de grãos** v. 2 - Safra 2016/17, n. 8 - Oitavo levantamento, Brasília, p. 1-144, maio 2017a.

CONAB, **Série Histórica da Área Plantada, produtividade e Produção: Milho total**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acessado em: 05 de maio de 2017b.

DALL'AGNOL, A. **Grandes produtores e consumidores de alimentos**. Janeiro, 2017 Disponível em:

<<http://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2017/01/10/grandes-produtores-e-consumidores-de-alimentos/>> Acesso em 25 jun. 2017.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1023-1029, 2013.

DA SILVA, A. A.; GALON, R.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRLONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F. AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 306, p. 496-506, 2009.

DEAGRO/FIESP, Departamento do Agronegócio, **Safra Mundial de Milho 2017/18 – 2º Levantamento do USDA**. In: Informativo DEAGRO. Junho, 2017. Disponível em: < http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/boletim_milho_junho2017/ > Acesso em 25 jun. 2017.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O. **Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 60 p.

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

DOS SANTOS, G. R.; GAMA, F. R.; GONÇALVES, C. G.; RODRIGUES, A. C.; LEÃO, E. U.; CARDON, C. H.; BONIFACIO, A. Severidade de doenças foliares e produtividade de genótipos de milho em resposta à adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.4, p.505-513, 2013.

DORDAS, C. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture: a review. **Sustainable agriculture**. Springer Netherlands, p.443-460. 2009.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA T.; DA SILVA, E. C.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, E.J Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 161-171, 2008.

DURÃES, F.O.M; MAGALHÃES, P.C.; COSTA, J.D.; FANCELLI, A.L. Fatores ecofisiológicos que afetam o comportamento do milho em semeadura tardia (Safrinha) no Brasil Central. **Scientia Agrícola**, v.52, p.491-501, 1995.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006. 306p.

EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Avaliação de cultivares para o Estado de Santa Catarina 2007/2008**. Florianópolis, 2007. 156 p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 164)

FAO, The food systems of the future need to be smarter, more efficient, Janeiro, 2015. Disponível em: < <http://www.fao.org/news/story/en/item/275009/icode/>> Acesso em 25 jun. 2017.

FARIA, L.A.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRRI, F.S.; CARVALHO, E.V.; DOTTO, M.A.; FARIA, E.A. Análise de trilha para o crescimento e rendimento de genótipos de milho sob diferentes doses nitrogenadas. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v.2, n.1, p.1-11, 2015.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; Galvão, J. C. C. ; Souza, M. C. ; GUARCONI, R. C. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, v. 75, n. 4, p. 497-506, 2016.

FORSTHOFER, E. L.; SILVA, P. R. F. DA; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; SUHRE, E.; RAMBO, L. Desenvolvimento fenológico e agrônomo de três híbridos de milho em três épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v.34, p.1341-1348, 2004.

FORSTHOFER, E.L.; SILVA, P.R.F. da; STRIEDER, M.L.; MINETTO, T.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SUHRE, E.; SILVA, A. A. Desempenho agrônomo e econômico do milho em diferentes sistemas de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.399-407, 2006.

FRANÇA, S.; MIELNICZUK, J.; ROSA, L. M. G.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. Nitrogênio disponível ao milho: crescimento, absorção e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 1143-1151, 2011.

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; TONON, B.C.; FARIAS, J.R.B.; OLIVEIRA, M.C.N.; TORRES, E. Evolution of crop yields in different tillage and growing systems over two decades in Southern Brazil. **Field Crops Research**, v.137, p.178-185, 2012.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52 p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; TAKASU, A. T.; ARF, O. Características Agrônômicas e Produtividade do Milho sob fontes e doses de nitrogênio em cobertura no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 250-259, 2013.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, p.97-104, 2000.

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, 2004.

LAWLOR, D. W. Carbono and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experiment Botany**, v.53, p.773-787, 2002.

LEOLATO, L. S. **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) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2016.

LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D. C.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 1536-1542, 2007.

MACHADO, A. T.; SODEK, L.; DOBEREINER, J.; REIS, V. M. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho Nitroflint. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 961-970, 1998.

MALDANER, I.C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BERTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, p.1356-1361, 2009.

MENDONÇA, L. F.; FRITSCHÉ-NETO, R.; GRANATO, I. S.; ALVES, F. C. Accuracy and simultaneous selection gains for grain yield and earliness in tropical maize lines. **Maydica**, v. 61, n. 3, 2016.

MITSCHERLICH, E.A. Das gesetz des minimums und das gesetz des abnehmenden bodenertrages. **Landwirtsch Jahrbuch**, v.38, p.537-552, 1909.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W.A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 562-564, 1982.

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.

MOTA, M.R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D.E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C.M.; DALLIGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.512-522, 2015.

NING, P.; LI, A.; LI, X.; LI, C. New maize hybrids had larger and deeper post-silking roots than old ones. **Field Crops Research**, v.166, p.66-71, 2014.

NOGUEIRA, N.O.; MARTINS, L.D.; TOMAZ, M.A.; ANDRADE, F.V.; PASSOS, R.R. Teor de nitrogênio, clorofila e relação clorofila-carotenoide em café arábica em solo submetido a diferentes corretivos de acidez. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, p.390-395, 2013.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, p.226-244, 2011.

PAES, M.C.D. **Aspectos fisiológicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Embrapa Milho e Sorgo. Versão Eletrônica, 1 ed. ISSN 1679-1150. 2006. Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_75.pdf >. Acesso em 20 nov. 2015.

PANDOLFO, C. M.; VOGT, G. A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M.; ZOLDAN, S. R. Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* associado a doses de nitrogênio em cobertura. **Agropecuária Catarinense**, v. 27, n. 3, p. 94-99, 2015.

PANISON, F.; SANGOI, L.; CASA, R. T.; DURLI, M. M. Harvest time, stem and grain sensibility of maize hybrids with contrasting growth cycles. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.2403-2411, 2016

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v. 38, p. 358-364, 2008.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil: safra 2016/2017**. Embrapa Milho e Sorgo-Documents, 2016, p.28.

PONCIANO, N.; DE SOUSA, P.; REZENDE, A. Entraves da comercialização á competitividade do milho Brasileiro. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 104, p. 23- 40, 2003.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetro de plantas para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura de milho. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1637-1645, 2004.

RAMBO, L.; SILVA, P.R.F. da; STRIEDER, M.L.; SANGOI, L.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Monitoramento do nitrogênio na planta e no solo para predição da adubação nitrogenada em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.407-417, 2007.

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.

REPKE, R.A.; CRUZ, S.J.S.; SILVA, C.J.; FIGUEIREDO, P.G.; BICUDO, S.J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.3, p.214-226, 2013.

RIBEIRO, N. A.; CASA, R. T.; BOGO, A.; SANGOI, L.; MOREIRA, E. N.; WILLE, L. A. Incidence of stalk rot, rot grains and grain yield of maize genotypes in different

management systems. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.21, n.1, p.1003-1009, 2005.

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

RYLE, G.J.A.; HESKETH, J.D. Carbon dioxide uptake in nitrogen deficient plants. **Crop Science**, v.9, p.451-454, 1969.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. de; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 101-110, 2002

SANGOI, L. Aptidão dos campos de Lages (SC) para produção de milho em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p.51-63, 1993.

SANGOI, L.; ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; MINETTO, T. J.; BISOTO, V. Níveis de manejo na cultura do milho em dois ambientes contrastantes: análise técnico-econômica. **Ciência Rural**, v. 33, p. 1021-1029. 2003.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2010. 84p.

SANGOI, L.; SILVA, L.M.M.; MOTA, M.R.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N.M.; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D.E. Desempenho agrônomo do milho em razão do tratamento de sementes com *azospirillum* sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.1141-1150, 2015.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; PAGLIARINI, N. H. F. **Estratégias de manejo da adubação nitrogenada em milho na região sul do brasil**. Lages, SC: Graphel, 2016. 122p.

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

SORATTO, R. P.; PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M.; LAMPERT, V. N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, p. 511-518, 2010.

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

TOLLENAAR, M. **Is low density a stress in maize?** Maydica, Bergamo, v. 37, n. 2, p. 305-311, 1992.

TRENTO, S.M.; IRGANG, H.H.; REIS, E.M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v.27, n.6, p.609-613, 2002.

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia-preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v. 35, p.76-83, 2005.

VARGAS, V. P.; SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SIEGA, E.; CARNIEL, G.; FERREIRA, M. A. Os atributos nas folhas são mais eficientes que o N mineral no solo para avaliar a disponibilidade desse nutriente para o milho. **Bragantia**, Campinas, v.71, n.2, p.245-255, 2012.

YAMADA, T. O nitrogênio e o potássio na adubação da cultura do milho. **Informações Agronômicas**, v. 78, p. 1-4, 1997.

YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas**, v.91, p.1-5, 2000.

WOLFE, D. W.; HENDERSON, D. W.; HSIAO, T. C.; ALVINO, A. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. **Agronomy Journal**. v.80, p.859-864, 1988.

WORDELL FILHO, J. A.; SPAGNOLLO, E. Sistema de cultivo e doses de nitrogênio na sanidade e no rendimento do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.2, p.199-205, 2013.

APÊNDICES

Apêndices 1 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis altura de planta e diâmetro da base do colmo. Lages-SC, 2015/16. Atalanta-SC, 2016/17.

Fonte de Variação	GL ¹	Altura			Diâmetro	
		V6 ²	V9	R1	V6	V9
Ano Agrícola 2015/16						
Híbrido (H)	1	66,33*	452,97**	10,75ns	4,55ns	9,95ns
Erro A	2					
Época de Semeadura (ES)	1	3,82ns	398,02**	39,45**	23,76**	20,11*
H x ES	1	0,17ns	0,14ns	1,41ns	2,23ns	0,19ns
Erro B	4					
Dose kg (N)	3	1,87ns	2,11ns	14,75**	2,50ns	2,61ns
D x H	3	3,58*	1,29ns	2,20ns	2,15ns	0,26ns
D x ES	3	0,95ns	2,49ns	9,59**	2,43ns	0,22ns
D x H x ES	3	0,72ns	0,04ns	2,10ns	1,31ns	0,19ns
Erro C	24					
Total	47					
Ano Agrícola 2016/17						
Híbrido (H)	1	7,69ns	15,32*	0,79ns	5,36ns	7,55ns
Erro A	3					
Época de Semeadura (ES)	1	142,93**	83,26**	8,20*	97,21**	15,21**
H x ES	1	1,50ns	8,26*	0,00ns	12,81*	7,32*
Erro B	6					
Dose kg (N)	3	0,11ns	1,11ns	5,15**	0,59ns	1,45ns
D x H	3	0,59ns	0,59ns	2,83*	1,37ns	0,95ns
D x ES	3	0,44ns	0,65ns	3,54*	0,31ns	0,42ns
D x H x ES	3	0,53ns	0,29ns	0,61ns	0,82ns	2,50ns
Erro C	36					
Total	63					

¹ GL = Graus de Liberdade; ² estágio fenológico (RITCHIE et al., 1993); ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

Apêndices 2 - Valores de F segundo a análise de variância para a variável Índice de área foliar. Lages-SC, 2015/16. Atalanta-SC, 2016/17.

		Índice de área foliar (IAF)				
Dias após o espigamento		0 ²	14	28	42	56
Fonte de Variação	GL ¹	Ano Agrícola 2015/16				
Híbrido (H)	1	9,44ns	5,20ns	7,59ns	10,61ns	19,78*
Erro A	2					
Época de Semeadura (ES)	1	12,08*	26,17**	25,13**	14,44*	32,42**
H x ES	1	2,03ns	5,53ns	5,03ns	12,04*	15,95*
Erro B	4					
Dose kg (N)	3	23,78**	26,20**	29,54**	30,57**	36,75**
D x H	3	0,72ns	0,66ns	0,70ns	1,60ns	1,29ns
D x ES	3	7,07**	4,50*	3,62*	1,25ns	0,25ns
D x H x ES	3	0,43ns	0,46ns	0,13ns	0,54ns	0,92ns
Erro C	24					
Total	47					
		Ano Agrícola 2016/17				
Híbrido (H)	1	12,49*	8,57ns	9,91ns	10,27*	18,67*
Erro A	3					
Época de Semeadura (ES)	1	12,14*	5,15ns	0,41ns	0,19ns	6,36*
H x ES	1	12,22*	12,46*	23,13**	7,73ns	0,17*
Erro B	6					
Dose kg (N)	3	60,61**	93,86**	100,63**	113,95**	52,47**
D x H	3	0,60ns	0,90ns	0,34ns	1,39ns	1,39ns
D x ES	3	0,98ns	0,63ns	1,30ns	0,60ns	0,65ns
D x H x ES	3	2,11ns	2,15ns	2,15ns	0,98ns	6,87ns
Erro C	36					
Total	63					

¹ GL = Graus de Liberdade; ² dias após o espigamento; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

Apêndices 3 - Valores de F segundo a análise de variância para a variável teor relativo de clorofila. Lages-SC, 2015/16. Atalanta-SC, 2016/17.

			Teor Relativo de Clorofila			
Fonte de Variação	GL ¹	0 ²	14	28	42	56
Ano Agrícola 2015/16						
Híbrido (H)	1	4,59ns	4,34ns	13,42ns	0,91ns	6,92ns
Erro A	2					
Época de Semeadura (ES)	1	12,98*	27,59**	585,33**	100,07**	61,59**
H x ES	1	4,34ns	30,12**	4,15ns	11,47*	14,61*
Erro B	4					
Dose kg (N)	3	81,15**	111,76**	79,70**	84,91**	74,74**
D x H	3	0,95ns	0,13ns	0,71ns	1,51ns	5,51**
D x ES	3	15,66**	3,95*	11,66**	1,36ns	5,78**
D x H x ES	3	0,81ns	0,41ns	1,10ns	1,30ns	4,07*
Erro C	24					
Total	47					
Ano Agrícola 2016/17						
Híbrido (H)	1	0,03ns	0,36ns	2,21ns	7,30ns	0,13ns
Erro A	3					
Época de Semeadura (ES)	1	0,95ns	83,54**	0,01ns	1,66ns	12,89*
H x ES	1	0,06ns	1,04ns	0,01ns	0,01ns	0,13ns
Erro B	6					
Dose kg (N)	3	4,03*	114,64**	259,71**	193,53**	6,53**
D x H	3	0,8ns	1,03ns	4,70**	5,55**	1,36ns
D x ES	3	0,49ns	4,45**	2,61ns	8,29**	2,23ns
D x H x ES	3	1,59ns	0,33ns	1,21ns	1,43ns	0,61ns
Erro C	36					
Total	63					

¹ GL = Graus de Liberdade; ² dias após o espigamento; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

Apêndices 4 - Valores de F segundo a análise de variância do Híbrido P30F53 VYH para as variáveis Índice de área foliar (IAF) e teor relativo de clorofila (Clorof). Lages-SC, 2015/16. Atalanta-SC, 2016/17.

Fonte de Variação	GL ¹	IAF	Clorof
Ano Agrícola 2015/16			
Época de Semeadura (ES)	1	269,21**	15,33ns
Erro A	2		
Dose kg (N)	1	14,33**	78,00**
ES x N	1	1,37ns	4,93*
Erro B	4		
Tempo (T)	3	456,79**	294,27**
T x ES	3	19,79**	84,88**
T x N	3	2,98**	9,95**
T x ES x N	3	3,16**	6,103**
Erro C	24		
Total	47		
Ano Agrícola 2016/17			
Época de Semeadura (ES)	1	1,724ns	1,52ns
Erro A	3		
Dose kg (N)	3	52,22**	38,32**
ES x N	3	0,674ns	0,07ns
Erro B	18		
Tempo (T)	4	468,37**	54,52**
T x ES	4	3,82**	4,73**
T x N	12	6,63**	4,89**
T x ES x N	12	1,931*	1,82*
Erro C	96		
Total	159		

¹ GL = Graus de Liberdade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

Apêndices 5 - Valores de F segundo a análise de variância do Híbrido AG9025 PRO3 para as variáveis Índice de área foliar (IAF) e teor relativo de clorofila (Clorof). Lages-SC, 2015/16. Atalanta-SC, 2016/17.

Fonte de Variação	GL ¹	IAF	Clorof
Ano Agrícola 2015/16			
Época de Semeadura (ES)	1	1,76ns	248,33**
Erro A	2		
Dose kg (N)	3	20,23**	68,22**
ES x N	3	2,14ns	4,37*
Erro B	12		
Tempo (T)	4	468,33**	141,88**
T x ES	4	1,69ns	48,09**
T x N	12	1,85*	1,07ns
T x ES x N	12	1,38ns	2,21*
Erro C	64		
Total	119		
Ano Agrícola 2016/17			
Época de Semeadura (ES)	1	14,95*	0,49ns
Erro A	2		
Dose kg (N)	3	62,38**	40,89**
ES x N	3	0,92ns	2,87ns
Erro B	12		
Tempo (T)	4	695,79**	38,01**
T x ES	4	7,993**	5,48**
T x N	12	6,71**	1,93*
T x ES x N	12	0,63ns	0,60ns
Erro C	64		
Total	119		

¹ GL = Graus de Liberdade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

Apêndices 6 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis produtividade (Mg/ha), número de espigas por planta (Esp./pl.), número de grãos por espiga (grãos/Esp.), massa de mil grãos (M 1000) (g) e porcentagem de plantas ésteres (Esterilidade) (%). Lages-SC, 2015/16. Atalanta-SC, 2016/17.

Fonte de Variação	GL ¹	Produt.	Esp./pl.	Grãos/Esp.	M 1000	Esteril.
Ano Agrícola 2015/16						
Híbrido (H)	1	16,05 ^{ns}	4,74 ^{ns}	160,64**	102,506**	5,61 ^{ns}
Erro A	2					
Época de Semeadura (ES)	1	113,31**	22,93**	37,51**	1,95 ^{ns}	25,06 ^{ns}
H x ES	1	102,82**	22,31**	78,60**	7,87*	23,68**
Erro B	4					
Dose kg (N)	3	75,66**	1,10 ^{ns}	15,73**	17,74**	0,77 ^{ns}
D x H	3	9,43**	2,18 ^{ns}	4,77**	0,532 ^{ns}	3,45*
D x ES	3	33,50**	3,05*	4,08*	3,12*	2,73 ^{ns}
D x H x ES	3	2,395 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Erro C	24					
Total	47					
Ano Agrícola 2016/17						
Híbrido (H)	1	1,59 ^{ns}	3,33 ^{ns}	7,55 ^{ns}	85,87**	13,33*
Erro A	3					
Época de Semeadura (ES)	1	111,85**	21,17**	48,80**	3,17 ^{ns}	18,04**
H x ES	1	21,76**	3,29 ^{ns}	1,14 ^{ns}	17,70**	1,53 ^{ns}
Erro B	6					
Dose kg (N)	3	235,40**	9,42**	97,38**	276,82**	10,47**
D x H	3	2,36 ^{ns}	1,64 ^{ns}	11,84**	8,84**	0,96 ^{ns}
D x ES	3	13,14**	0,44 ^{ns}	13,93**	4,02*	0,46 ^{ns}
D x H x ES	3	0,01 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,291 ^{ns}	3,26*	1,72 ^{ns}
Erro C	36					
Total	63					

¹ GL = Graus de Liberdade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

Apêndices 7 - Valores de F segundo a análise de variância para a variável eficiência agrônômica de uso do N. Lages-SC, 2015/16. Atalanta-SC, 2016/17.

Fonte de Variação	GL	EUN
Ano Agrícola 2015/16		
Híbrido (H)	1	5,42 ^{ns}
Erro A	2	
Época de Semeadura (ES)	1	277,34**
H x ES	1	18,89*
Erro B	4	
Dose kg (N)	2	45,06**
D x H	2	4,63*
D x ES	2	8,51**
D x H x ES	2	0,576 ^{ns}
Erro C	16	
Total	35	
Ano Agrícola 2016/17		
Híbrido (H)	1	6,79 ^{ns}
Erro A	3	
Época de Semeadura (ES)	1	16,99**
H x ES	1	0,01 ^{ns}
Erro B	6	
Dose kg (N)	2	56,95**
D x H	2	2,18 ^{ns}
D x ES	2	0,02 ^{ns}
D x H x ES	2	0,01 ^{ns}
Erro C	24	
Total	47	

¹ GL = Graus de Liberdade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

Apêndices 8 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis, porcentagem de plantas acamadas (%Acamadas), porcentagem de plantas quebradas (%Quebradas), Incidência de Podridões de Colmo (IPC), Incidência de Grãos Ardidos (IGA), Incidência de Podridões de Espiga (IPE). Lages-SC, 2015/16. Atalanta-SC, 2016/17.

Fonte de Variação	GL ¹	%Acamadas	% Quebradas	IPC	IPE	IGA
Ano Agrícola 2015/16						
Híbrido (H)	1	0,00ns	0.11ns	172.83**	15.32ns	49.07*
Erro A	2					
Época de Semeadura (ES)	1	0,00ns	28.75**	3,28ns	52.43**	22.39**
H x ES	1	0,00ns	16.19*	20.59*	51.80**	30.15**
Erro B	4					
Dose kg (N)	3	0,69ns	4.64*	2.12ns	1.81ns	1.55ns
D x H	3	0,65ns	1,47ns	7,53**	12.63**	0.62ns
D x ES	3	2,02ns	3.23*	3.67*	8.41**	1.38ns
D x H x ES	3	0,65ns	4.25*	0.38ns	1.12ns	0.42ns
Erro C	24					
Total	47					
Ano Agrícola 2016/17						
Híbrido (H)	1	40.07**	14.23*	75.28**		18.92*
Erro A	3					
Época de Semeadura (ES)	1	84.31**	68.09**	17.82**		94.68**
H x ES	1	48.79**	12.10*	0.30ns		9.78*
Erro B	6					
Dose kg (N)	3	2.01ns	0.13ns	4.26*		2.43ns
D x H	3	3.00*	1.02ns	3.63*		1.96ns
D x ES	3	2.01ns	0.13ns	3.19*		2.24ns
D x H x ES	3	3.00*	1.02ns	0.32ns		0.78ns
Erro C	36					
Total	63					

¹ GL = Graus de Liberdade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.

Apêndices 9 - Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis, altura de inserção de espiga (Inserção), diâmetro da base do colmo na colheita (DDC). Lages-SC, 2015/16. Atalanta-SC, 2016/17.

Fonte de Variação	GL ¹	Inserção	DDC
Ano Agrícola 2015/16			
Híbrido (H)	1	70.32*	0.21ns
Erro A	2		
Época de Semeadura (ES)	1	4.26ns	5,30ns
H x ES	1	0.01ns	1.16ns
Erro B	4		
Dose kg (N)	3	10.57**	5.87**
D x H	3	1.72ns	0.45ns
D x ES	3	6.70**	1.33ns
D x H x ES	3	0.96ns	0.05ns
Erro C	24		
Total	47		
Ano Agrícola 2016/17			
Híbrido (H)	1	4,38ns	4.00ns
Erro A	3		
Época de Semeadura (ES)	1	34,99**	1.10ns
H x ES	1	0,49ns	1.33ns
Erro B	6		
Dose kg (N)	3	4,17*	8.08**
D x H	3	1,71ns	0.35ns
D x ES	3	1,41ns	0.56ns
D x H x ES	3	0,23ns	1.17ns
Erro C	36		
Total	63		

¹ GL = Graus de Liberdade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$). Fonte: Elaborada pelo autor.