

HUGO FRANÇOIS KUNESKI

**ÉPOCA DE SEMEADURA E RESPOSTA DO MILHO AO PARCELAMENTO DA
ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA EM DIFERENTES ESTÁDIOS
FENOLÓGICOS**

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

LAGES, SC

2017

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

Kuneski, Hugo François

Época de semeadura e resposta do milho ao
parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura em
diferentes estádios fenológicos / Hugo François
Kuneski. - Lages , 2017.

86 p.

Orientador: Luis Sangoi

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal, Lages, 2017.

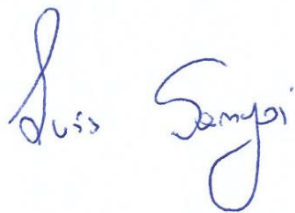
1. Zea mays. 2. Nitrogênio. 3. Fenologia. 4.
Período de Semeadura. I. Sangoi, Luis . II.
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação. III. Título.

HUGO FRANÇOIS KUNESKI

**ÉPOCA DE SEMEADURA E RESPOSTA DO MILHO AO PARCELAMENTO DA
ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA EM DIFERENTES ESTÁDIOS
FENOLÓGICOS**

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

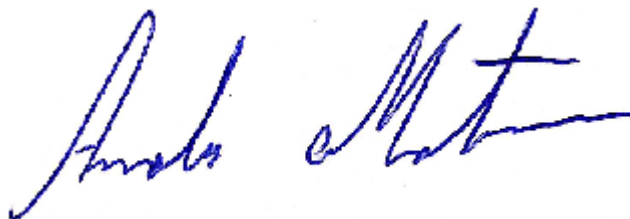
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV-UDESC).



Membro: _____

Professor Dr. Paulo Regis Ferreira da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).



Membro: _____

Professora Dra. Analu Mantovani

Universidade do Oeste de Santa Catarina (Campus Campos Novos).

Lages, SC, 27 de Julho de 2017.

Aos meus amados pais, Edvirges e Hilario, pelo apoio, educação e ensinamentos. A minha namorada Mayumi e minha irmã Ana Carla, essências da minha vida.

Ofereço e dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu refúgio, iluminando meu caminho com força e sabedoria.

A meus pais, Hilario Kuneski e Edvirges Rubick Kuneski, que com muito apoio e carinho não mediram esforços para me auxiliar e a chegar a essa etapa de minha vida.

A minha namorada Jessica Mayumi Anami, uma das razões para minha vida, sempre me apoiando.

A minha irmã Ana Carla Kuneski e meu cunhado João Venâncio, pelo apoio, incentivo e motivação.

Aos meus amigos de infância, Diego e Ederson, pela parceria e momentos de descontração.

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

A todos os professores do quadro docente do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, pela dedicação e pelos ensinamentos nas disciplinas ministradas.

Aos irmãos do grupo “*Zea mays*” Alex, Antônio, Matheus, Fernando, Francieli, Gustavo, Juliano, Julio, Lucieli, Ramon, Vander, Maria Thereza, Luis Gabriel, Natalia Maria, Rafael Leandro, Rafael Mergener, Eduardo Haverroth, Eduardo Peruch, Leonardo, e todos os demais que posso não ter lembrado de registrar seus nomes neste momento, mas que auxiliaram muito nas atividades a campo e em laboratório. Além disso, fica a marca de respeito, amizade e a divertida caminhada que tivemos nesses últimos dois anos.

Aos amigos e colegas de estudos que de alguma forma colaboraram e compartilharam conhecimentos.

À Universidade do Estado de Santa Catarina, pelo ensino público e de qualidade, e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias.

Quanto mais me aprofundo na ciência,
mais me aproximo de Deus.

Albert Einstein

RESUMO

KUNESKI, Hugo F. **Época de semeadura e resposta do milho ao parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura em diferentes estádios fenológicos.** 2017. 86 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2017.

A época de semeadura interfere na velocidade de crescimento e desenvolvimento do milho. As alterações fenológicas induzidas por variações na data de semeadura podem afetar a resposta da cultura à adubação nitrogenada. O parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura, com aplicação de parte do nitrogênio durante o florescimento, pode aumentar o rendimento de grãos do milho, principalmente quando ele é semeado na época mais favorável para obtenção de alta produtividade. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar os efeitos da época de semeadura sobre a resposta do milho ao estágio fenológico de realização da adubação nitrogenada de cobertura. O experimento foi realizado a campo, no município de Lages, SC durante o ano agrícola de 2015/2016, e em Atalanta, SC, no ano agrícola 2016/2017. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso dispostos em parcelas subdivididas. Na parcela principal foram testadas duas épocas de semeadura: 15/10/2015 e 20/09/2016 (preferencial); 05/12/2015 e 05/12/2016 (tardia) nas safras de 2015/2016 e 2016/2017, respectivamente. Nas subparcelas foram avaliados seis sistemas de aplicação de nitrogênio em cobertura, envolvendo diferentes estádios fenológicos: testemunha sem N, todo N aplicado em V5 (cinco folhas expandidas), todo o N aplicado em V10 (dez folhas expandidas), $\frac{1}{2}$ do N em V5 e $\frac{1}{2}$ em V10, $\frac{1}{3}$ em V5, $\frac{1}{3}$ em V10 e $\frac{1}{3}$ em VT (pendoamento) e todo N em VT. A dose de N em cobertura foi de 300 kg ha⁻¹. O ensaio foi implantado no sistema de semeadura direta, usando o híbrido P30F53. A densidade foi de 75.000 pl. ha⁻¹ e o espaçamento entre linhas de 0,7m. Foram avaliados o índice de área foliar, o teor de clorofila na folha índice, o rendimento de grãos, os componentes do rendimento e a eficiência de uso do nitrogênio. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente através da análise de variância utilizando o teste F. Quando as diferenças foram significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Ambas as análises foram feitas ao nível de significância de 5 %. Não houve diferenças significativas no índice de área foliar e no teor relativo de clorofila da folha índice durante o enchimento de grãos entre os tratamentos com aplicação integral de N nos estádios V5 e V10 e aqueles com parcelamento da fertilização nitrogenada em duas (V5 + V10) e três vezes (V5 + V10 + VT). O rendimento de grãos variou de 8.864 a 15.348 kg ha⁻¹ em Lages e de 7.396 a 16.369 kg ha⁻¹ em Atalanta. Ele foi maior na semeadura realizada no início do que no final da primavera, independentemente do estágio fenológico de realização da cobertura nitrogenada. Não houve diferenças significativas na massa de 1.000 grãos, no rendimento de grãos e na eficiência de uso do nitrogênio entre os tratamentos com aplicação integral de N em V5 e V10 e parcelada em duas ou três vezes, independentemente da época de semeadura. A aplicação integral de nitrogênio em VT recuperou parcialmente os prejuízos ocasionados pela deficiência de N na fase vegetativa da

cultura, propiciando a obtenção de uma massa de 1.000 grãos semelhante à obtida nos demais tratamentos com N e superior a testemunha. A eficiência de uso do nitrogênio foi baixa, não ultrapassando 27 kg de grãos por kg de N em nenhum tratamento. A EUN foi maior na semeadura feita na época preferencial do que na tardia. O fracionamento da adubação nitrogenada de cobertura, com aplicação de $\frac{1}{3}$ da dose total no pendoamento, não foi uma estratégia de manejo efetiva para aumentar o rendimento de grãos do milho, independentemente da época de semeadura da cultura.

Palavras-chave: *Zea mays*. Nitrogênio. Fenologia. Período de semeadura.

ABSTRACT

KUNESKI, Hugo F. **Sowing date and maize response to the splitting of nitrogen side-dress at different growth stages.** 2017. 86 p. Dissertation (Master's degree in Plant Production) State of Santa Catarina University. Postgraduate Program in Plant Production, Lages, 2017.

The sowing time interferes with the speed of maize growth and development. The phenological changes induced by alterations of the sowing date may change maize response to nitrogen side-dress fertilization. The splitting of nitrogen fertilization, with the application of N during the crop flowering, may enhance maize grain yield. This work was carried out aiming to evaluate the effect of sowing date on maize response to the growth state of nitrogen side-dress fertilization. A field experiment was set in Lages, during the growing season of 2015/2016, and Atalanta, during the growing season of 2016/2017. A randomized block design, disposed in split plots was used. Two sowing dates were tested in the main plots: 10/15/2015 and 09/20/2016 (recommended); 12/05/2015 and 12/05/2016 (late) during the first and second growing seasons, respectively. Six nitrogen side-dress systems, involving different growth stages, were tested in the split plots: control without N, all N applied in V5 (five expanded leaves), all nitrogen applied in V10 (ten expanded leaves), all nitrogen applied in VT (tasseling), $\frac{1}{2}$ N in V5 + $\frac{1}{2}$ N in V10, $\frac{1}{3}$ N in V5 + $\frac{1}{3}$ N in V10 + $\frac{1}{3}$ N in VT. The experiment was set in a no-tillage system, using the hybrid P30F53. The sowing density was 75,000 pl ha⁻¹ and the row spacing was 0,7 m. Leaf area index, index leaf relative chlorophyll content, grain yield, yield components and nitrogen efficiency use (NEU) were determined. The data were statistically assessed by the Variance Analysis, using de F test. When the F values were significant, averages were compared by the Tukey's test. Both analysis were carried out the 5 % significance level. There were no differences in the leaf area index and index leaf relative chlorophyll content during grain filling between treatments with integral N fertilization in V5 and V10 and those where nitrogen side-dress was divided in two (V5 + V10) or three (V5 + V10 + VT) times. Grain yield ranged from 8.864 to 15.348 kg ha⁻¹ in Lages and from 7.396 to 16.369 kg ha⁻¹ in Atalanta. Grain yield was higher when maize was sown in the recommended than in the late sowing time, regardless of the growth stage of nitrogen fertilization. There were no significant differences in the mass of 1,000 grains, grain yield and nitrogen efficiency use between treatments with the whole fertilization in V5 or V10 and treatments with fractioned side-dress fertilization in two or three times, regardless of sowing date. The full rate application of nitrogen in VT recovered partially damages caused by nitrogen deficiency during maize vegetative growth, allowing the plant to produce 1.000 grains mass similar to the kernel weight of the other treatments with N and higher than the control. Nitrogen efficiency use was lower than 27 kg of grains per kg of N in all treatments. NEU was higher when the sowing was performed at the recommended time than in the late sowing. Splitting nitrogen side-dress fertilization, with the application of part of N during the crop tasseling, was not an efficient management strategy to enhance maize grain yield, regardless of the sowing time.

Key words: *Zea mays*. Nitrogen. Phenology. Sowing time.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Soma térmica mensal em graus-dia (GD) nas safras 2015/2016 em Lages (a) e 2016/2017 em Ituporanga (b).48
- Figura 2 – Precipitações pluviométricas decendiais e irrigações realizadas durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do milho nos anos agrícolas de 2015/2016, em Lages (a) e 2016/2017, em Atalanta (b). ^{1/}49
- Figura 3 – Índice de área foliar durante o enchimento de grãos do milho em função do estágio fenológico de aplicação de nitrogênio em cobertura, na época de semeadura preferencial (a) e tardia (b), no ano agrícola de 2015/2016, Lages, SC.53
- Figura 4 – Índice de área foliar durante o enchimento de grãos do milho em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nas épocas de semeadura preferencial (a) e tardia (b), no ano agrícola de 2016/2017, Atalanta, SC.54
- Figura 5 – Teor relativo de clorofila na folha índice durante o enchimento de grãos do milho em função do estágio fenológico de aplicação de nitrogênio em cobertura, nas épocas de semeadura preferencial (a) e tardia (b), no ano agrícola de 2015/2016, Lages, SC.58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Características químicas do solo das áreas experimentais de Santa Terezinha do Salto (2015/2016) e Ribeirão Matilde (2016/2017).....	40
Tabela 2 –	Temperatura média mensal do ar nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	47
Tabela 3 –	Índice de área foliar durante o enchimento de grãos da cultura do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	51
Tabela 4 –	Teor relativo de clorofila durante o enchimento de grãos da cultura do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	56
Tabela 5 –	Estatura de planta do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	59
Tabela 6 –	Altura de inserção de espiga do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	61
Tabela 7 –	Diâmetro de colmo do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	62
Tabela 8 –	Podridões de colmo do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	64
Tabela 9 –	Porcentagem de grãos ardidos do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	65
Tabela 10 –	Plantas sem espiga do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	67
Tabela 11 –	Numero de espigas por planta do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	68
Tabela 12 –	Rendimento de grãos do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	69

Tabela 13 – Massa de 1000 grãos do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	72
Tabela 14 – Número de grãos por espiga do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.	74
Tabela 15 – Plantas quebradas de milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	75
Tabela 16 – Plantas acamadas em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.	76
Tabela 17 – Eficiência do uso de nitrogênio em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.....	78

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	26
2.2	DINÂMICA DO NITROGÊNIO	28
2.3	ESTÁDIO FENOLÓGICO DE APLICAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA	31
2.4	ÉPOCA DE SEMEADURA.....	35
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	DADOS METEOROLÓGICOS NO PERÍODO EXPERIMENTAL	47
4.2	ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR	50
4.3	TEOR RELATIVO DE CLOROFILA DA FOLHA ÍNDICE.....	55
4.4	ALTURA DE PLANTA E ALTURA DE INSERÇÃO DE ESPIGA	59
4.5	DIÂMETRO DE COLMO.....	62
4.6	PORCENTAGEM DE PODRIDÕES DE COLMO E DE GRÃOS ARDIDOS...63	
4.7	RENDIMENTO DE GRÃOS E COMPONENTES	66
4.8	PLANTAS ACAMADAS E QUEBRADAS.....	75
4.9	EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO USO DE NITROGÊNIO	77
5	CONCLUSÕES	79
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
8	APÊNDICES.....	89

1 INTRODUÇÃO

O milho é produzido nos mais diversos lugares do globo terrestre, sendo cultivado em diferentes continentes, desde altitudes superiores a 3 mil metros até o nível do mar. Com o passar do tempo, se acentuou a domesticação desta cultura pelo homem, evoluindo cada vez mais através da seleção visual no campo, destacando as principais características como produtividade, resistência a doenças e capacidade de adaptação, originando as cultivares hoje conhecidas (LERAYER, 2006).

O cultivo do milho tem grande importância devido a sua multiplicidade de usos e produção nos mais diversos continentes. O milho é o cereal mais cultivado no mundo, sendo produzidas na safra 2014/2015 mais de 900 milhões de toneladas de grãos (USDA, 2015). O USDA (2017) estimou que a produção na safra 2015/2016 foi em torno de 970 milhões de toneladas e que na safra 2016/2017 será superior a 1 bilhão de toneladas, tendo um aumento de 4,36 %. Os Estados Unidos da América, a China e o Brasil são os três maiores produtores mundiais deste cereal.

No Brasil, a produção de milho na safra 2014/2015 foi de, aproximadamente, 85 milhões de toneladas (CONAB, 2016). A safra 2015/2016 teve uma redução na produção. Foram produzidas 66 milhões de toneladas, sendo esse decréscimo justificado pela diminuição na área plantada e na produtividade média (CONAB, 2016). Já para a safra 2016/2017, a produção total estimada é de 89 milhões de toneladas, devido ao aumento na área plantada e na produtividade, que serão superiores a safra de 2015/2016 (CONAB, 2017). Espera-se que a produção total brasileira de milho para os próximos anos aumente, havendo previsão até a safra 2019/2020 de um incremento de 19 milhões de toneladas. Caso isto se confirme, o país alcançará uma produção total que pode ultrapassar 100 milhões de toneladas (MAPA, 2015).

A cultura do milho apresenta grande importância socioeconômica para Santa Catarina, sendo predominantemente utilizada para alimentação animal. No entanto, o estado apresenta um déficit histórico de 1,5 a 2,0 milhões de toneladas entre a quantidade de milho que produz e a sua demanda. Apesar disto, a área cultivada com este cereal em Santa Catarina tem decrescido sistematicamente a cada ano, em função da maior rentabilidade da soja como cultura de verão. A redução da área

cultivada de milho pode ser explicada pelo maior ganho potencial na cultura da soja, dadas as relações de rentabilidade e custos de produção. Isso faz com que o produtor opte por substituir áreas de milho por áreas de soja (EPAGRI, 2015). Este cenário salienta a necessidade do desenvolvimento de novas práticas de manejo que fomentem o aumento na produtividade.

As produtividades do milho no Brasil e em Santa Catarina deixam a desejar. A produtividade média brasileira foi de 4,2 toneladas por hectare na safra 2015/2016 e de 5,2 toneladas por hectare na safra 2016/2017 (CONAB, 2017). A produtividade no estado de Santa Catarina nas últimas cinco safras oscilou entre 6,6 e 7,7 toneladas por hectare (EPAGRI, 2016), sendo o estado brasileiro com maior produtividade de milho (CONAB, 2016). A baixa produtividade nas lavouras de milho pode ser atribuída a diversos fatores, tais como o uso de genótipos de baixo potencial de rendimento ou não adaptados à região de cultivo, a utilização de baixas doses de fertilizantes, época de semeadura imprópria e escolha inadequada do arranjo de plantas (SANGOI et al., 2010).

A melhor alternativa para atender a demanda do estado de Santa Catarina por milho, mesmo com a redução de área colhida, é incrementar a sua produtividade. Várias práticas agronômicas são importantes para maximizar a produtividade do milho. Uma delas é a época de semeadura que, apesar de não interferir no custo da implantação da lavoura, é determinante para o desempenho agrônômico da cultura. A época de semeadura ideal em cada região é determinada de acordo com as variações das condições ambientais, principalmente temperatura, precipitação e radiação solar. Segundo Serpa et al. (2012), quando não há limitações hídricas, a época mais adequada para a semeadura do milho no sul do Brasil é no início da primavera (meados de setembro a final de outubro). Quando semeado neste período, há coincidência entre os estádios em que as plantas estão com maior área foliar (floração e início do enchimento de grãos) com o período do ano com dias mais longos, maior disponibilidade de radiação solar e temperaturas na faixa de 20 a 30°C, correspondente aos meses de dezembro e janeiro (SANGOI et al., 2010).

Apesar do melhor período de semeadura do milho do ponto de vista de aproveitamento da radiação solar se situar no início da primavera, é comum no sul do Brasil o atraso na sua semeadura. As semeaduras tardias são feitas no final da primavera e início do verão, quando o milho entra em sucessão a outras culturas,

como o alho, a cebola, o fumo e o feijão (FORSTHOFER, 2004). Dessa forma, observa-se que, muitas vezes, o milho não é tratado com a cultura principal das propriedades, não recebendo a atenção que deveria quanto à época preferencial de semeadura.

Outras práticas culturais importantes para o milho são a fertilização nitrogenada e a época de sua realização. É necessário fazer uso de fertilizantes nitrogenados para alcançar altos rendimentos, pois os solos não suprem a alta demanda por N, nos diversos estádios de desenvolvimento da planta (PÖTTKER & WIETHÖLTER, 2004). Por ser um nutriente altamente instável no solo, o estágio fenológico de realização da cobertura nitrogenada é determinante para maximizar a eficiência de uso do nitrogênio à produção de grãos. Em função disto, a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2016) recomenda que a cobertura nitrogenada seja feita entre os estádios V4 e V8 da escala de Ritchie, Hanway & Benson (1993), quando a planta tem de 40 a 50 cm de estatura, precedendo o período de maior absorção do nutriente pela planta.

No entanto, resultados obtidos por Rambo et al. (2004), Kosgey et al. (2013), Bruin & Butzen (2014) e Ning et al. (2014) mostraram que os híbridos modernos com alta precocidade e potencial produtivo elevado continuam absorvendo e remobilizando quantidades significativas de nitrogênio após o florescimento. Isto indica que o fornecimento de N durante todo o ciclo da cultura é fundamental para maximizar o rendimento. Assim, a realização de parte da fertilização nitrogenada em estádios fenológicos mais tardios, como a floração, pode ser uma estratégia de manejo importante para prolongar a atividade fotossintética das folhas e a duração do período de enchimento de grãos e aumentar a produtividade.

O efeito positivo de coberturas nitrogenadas tardias sobre o rendimento de grãos do milho pode ser afetado pela época de semeadura. Nas semeaduras tardias, realizadas a partir do início do mês de dezembro, as temperaturas do solo e do ar são mais altas no início do ciclo da cultura, estimulando o crescimento e desenvolvimento vegetativo. Por outro lado, o período de enchimento de grãos ocorrerá no final do verão e início do outono, quando as condições de temperatura e radiação solar são menos favoráveis à absorção do N do solo e à translocação do nutriente para os grãos. Desta forma, a eficiência de fertilizações nitrogenadas na

floração como estratégia de manejo para potencializar o rendimento de grãos do milho pode ser comprometida quando ele é semeado tardiamente.

Trabalhos recentes conduzidos nos Estados Unidos e Brasil indicaram que a realização de parte da adubação nitrogenada na floração pode ser uma estratégia de manejo efetiva para maximizar o rendimento de grãos de híbridos precoces, com alto potencial produtivo. No entanto, a efetividade desta prática de manejo pode ser afetada pelas condições ambientais às quais a cultura está submetida, dependentes da época de semeadura e região em que foi implantada.

Embora a época ideal para a semeadura do milho em Santa Catarina esteja concentrada no início da primavera (meados de setembro a final de outubro), as semeaduras tardias realizadas nos meses de dezembro e janeiro são comuns no estado. Elas são utilizadas nas propriedades onde o milho entra em sucessão a outras culturas mais rentáveis como o alho, a cebola, o fumo e a batata, cuja colheita é efetuada no final da primavera e início do verão (FORSTHOFER et al., 2006). Entretanto, o potencial produtivo do milho nas semeaduras tardias é menor, devido ao crescimento vegetativo acelerado, ao decréscimo na quantidade de radiação solar incidente durante o enchimento de grãos e à maior incidência de doenças foliares e de colmo (SILVA et al., 2010). Estas características podem restringir a capacidade de absorção e assimilação de nitrogênio pelo milho, diminuindo a resposta da planta a fertilizações nitrogenadas feitas em estádios fenológicos avançados.

Estudar o potencial de rendimento de grãos de milho, com diferentes estratégias de aplicação de adubação nitrogenada e épocas de semeadura distintas, possibilitará a identificação dos fatores limitantes do cultivo em diferentes situações edafo-climáticas. Com base na mensuração e no conhecimento destes fatores, poder-se-á traçar estratégias de manejo para minimizar ou superar as deficiências verificadas em cada tipo de manejo da adubação nitrogenada e adotar indicações viáveis para as mesmas. A identificação de sistemas de manejo adequados para cada época de semeadura pode permitir ao produtor rural aperfeiçoar os recursos existentes na propriedade e maximizar a renda bruta, preservando os recursos ambientais.

O desenvolvimento deste estudo justifica-se dentro da área das ciências agrárias, principalmente no que diz respeito à fisiologia vegetal e manejo de plantas. Espera-se com isto obter informações relevantes sobre o manejo da adubação

nitrogenada e época de semeadura que propiciem ampliar a produção interna de grãos do cereal em Santa Catarina e no Brasil. A identificação do manejo da adubação nitrogenada mais eficiente para incrementar a produtividade na cultura do milho pode aumentar a viabilidade e a rentabilidade do cultivo de milho em semeaduras tardias.

Este trabalho foi concebido com base em duas hipóteses: a) a resposta do milho ao estágio fenológico de realização da cobertura nitrogenada depende da época de semeadura; b) existe maior potencial de resposta do rendimento de grãos ao fracionamento da cobertura nitrogenada e às coberturas nitrogenadas tardias nas semeaduras feitas no início da primavera.

O trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da época de semeadura na resposta do milho ao estágio fenológico e ao parcelamento de realização da adubação nitrogenada em cobertura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O milho (*Zea mays*) pertence à família *Poaceae*, subfamília *Panicoidea*, gênero *Zea*, espécie *mays* e subespécie *mays* (*Zea mays mays*). Ele faz parte do grupo de plantas com mecanismo de fixação de carbono do tipo C4 e possui ampla adaptação a diferentes condições ambientais. Ele é uma espécie alógama, pois cerca de 97 % dos óvulos de uma espiga são polinizados por grãos de pólen oriundos de pendões de plantas adjacentes (SANGOI et al., 2010).

O milho tem como centro de origem o México e a Guatemala. A mais antiga espiga de milho foi encontrada no vale do Tehucan, há cerca de 7.000 anos. Essa região está localizada no México. O milho evoluiu do teosinto, sendo chamado pelos maias de “alimento dos deuses”. Ele foi originado por meio do processo de seleção artificial feito pelo homem em poucos genes do seu ancestral. O teosinto ainda é encontrado em estado selvagem na América Central (LERAYER, 2006).

O milho já era cultivado por povos americanos há milhares de anos, sendo ingrediente importante da alimentação por muitos séculos. Os povos Maias, Astecas e Incas reverenciavam esse cereal na arte e na religião. Boa parte do tempo de suas vidas era dedicada ao cultivo dessa cultura. Com a descoberta da América e as grandes navegações no século XVI, a cultura espalhou-se por diversas partes do mundo, sendo hoje cultivada em praticamente todos os continentes (MARCHI, 2008).

No Brasil, o milho é superado apenas pela cultura da soja em área plantada, sendo a segunda cultura produtora de grãos com mais área cultivada. No ano agrícola de 2016/2017, o milho foi cultivado numa área de, aproximadamente, 16,1 milhões de hectares, com produção em torno de 83,9 milhões de toneladas de grãos e com produtividade de 5.204 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017). Nos últimos anos houve uma estabilização da área cultivada com milho, a qual tem oscilando entre 13 e 16 milhões de hectares. Contudo, nota-se um incremento gradativo ao longo dos anos na produtividade brasileira de milho, que evoluiu de 2,5 t ha⁻¹ em 1984 para 5,2 t ha⁻¹ em 2017. Entretanto, o valor atual fica bem abaixo da média dos Estados Unidos, com produtividade em torno de 10,0 t ha⁻¹ (USDA, 2017).

O centro-oeste brasileiro se destaca na produção de milho semeado na segunda safra, com uma área em torno de 6,7 milhões de hectares no ano agrícola de 2015/2016 e área superior a 7,1 milhões de toneladas na safra 2016/2017 (CONAB, 2017).

A região Sul do Brasil se destaca com o milho semeado na primeira safra. Das 26 milhões de toneladas produzidas no Brasil na primeira safra, quase 12 milhões de toneladas de grãos foram produzidas pela região Sul na safra 2015/2016. Computando-se o total de milho cultivado na segunda safra, foram produzidas 40,7 milhões de toneladas na safra 2015/2016. Para a safra 2016/2017, estima-se que a produção poderá atingir 60 milhões de toneladas. Como já mencionado, o destaque do milho semeado na segunda safra é o Centro-oeste, que na safra 2015/2016 teve produção de quase 26 milhões de toneladas. Para a safra 2016/2017, a região deverá colher mais de 39 milhões de toneladas, sendo o aumento na produtividade dessa região o fator responsável por esse incremento na produção de grãos. Neste sentido, a produtividade deverá aumentar de $3,8 \text{ t ha}^{-1}$, na safra 2015/2016 para $5,6 \text{ t ha}^{-1}$, na safra 2016/2017 (CONAB, 2017).

Os fatores limitantes para crescimento e desenvolvimento do milho são principalmente, água e temperatura. A cultura necessita que os índices térmicos e pluviométricos atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo. Da emergência até à floração, a temperatura ideal para o desenvolvimento do milho está entre 24 e 30°C (SANGOI et al., 2010). Cruz et al. (2006), comparando temperaturas médias diurnas de 25°C , 21°C e 18°C , verificaram que o milho obteve maior produção de matéria seca e maior rendimento de grãos na temperatura de 21°C .

O milho é considerado uma das espécies mais eficientes na conversão de energia solar em fitomassa. Uma semente, que pesa em média 260 mg, pode resultar em até 250 g de grãos por planta num período de 140 dias (FANCELLI, 2000). Isto se deve à dimensão de seu aparato fotossintético e à alta eficiência da espécie em converter a radiação solar interceptada em fotoassimilados, decorrente do mecanismo C4 de fixação de CO_2 (SANGOI; SILVA, 2010).

A cultura do milho é muito exigente em água para otimizar seu desempenho agrônômico. Ela necessita de, aproximadamente, 650 mm de água durante seu ciclo que pode variar de 110 a 140 dias em híbridos com ciclo médio. Durante o

florescimento, o milho demanda cerca de 7 mm diários de água disponível no solo (BERGAMASCHI et al., 2001). O período mais crítico à deficiência hídrica do milho está compreendido entre a antese e o espigamento. Em caso de ocorrência de estresse hídrico antes dessa fase podem ser observadas reduções de rendimento de 20 a 30 %. A estiagem durante o florescimento reduz de 40 a 50 %. Após esta etapa, os decréscimos de produtividade variam de 10 a 20 % (SANGOI et al., 2010).

Apesar da produtividade média brasileira de milho ser pouco expressiva quando comparada à produtividade de países como Estados Unidos, essa cultura tem alto potencial produtivo, podendo alcançar produtividades superiores a 18,0 t ha⁻¹ (SCHMITT, 2014) em condições ótimas de manejo. A lacuna existente entre o rendimento médio registrado em lavouras comerciais e o que é obtido em condições experimentais pode ser atribuída a vários fatores. Entre estes destacam-se o uso de genótipos de baixo rendimento ou não adaptados à região de cultivo, época de semeadura inadequada, densidade e arranjo populacional inadequado, adubação deficiente, controle precário de pragas e doenças, e manejo incorreto da adubação, especialmente a nitrogenada (SANGOI; SILVA; PAGLIARINI, 2016).

O manejo da fertilidade do solo, principalmente a adubação nitrogenada, é um dos importantes pontos responsáveis pelo incremento de produtividade no cultivo do milho. O nitrogênio é o nutriente mais exigido pela cultura e o que mais impacta a sua produtividade, desde que seja corretamente aplicado.

2.2 DINÂMICA DO NITROGÊNIO

O nitrogênio (N) é constituinte bioquímico de grande importância para as células vegetais, sendo encontrado nos nucleotídeos e nos aminoácidos que formam os ácidos nucleicos e as proteínas. Na planta, apenas alguns elementos como oxigênio, carbono e hidrogênio são mais abundantes que o nitrogênio (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O nitrogênio compõe aproximadamente 80 % da atmosfera do globo terrestre na forma do gás N₂ (nitrogênio molecular). Essa grande quantidade de nitrogênio não está disponível para a maioria dos organismos vivos. Para obtenção do nitrogênio da atmosfera é necessário o procedimento chamado de fixação de N,

onde ocorre o rompimento de uma ligação tripla covalente entre os dois átomos de nitrogênio, que gera amônia (NH_3) ou nitrato (NO_3) (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A fixação do N pode ocorrer da seguinte maneira: através de relâmpagos, responsável por cerca de 8 % do N fixado; reações fotoquímicas entre óxido nítrico gasoso (NO) e ozônio (O_3), produzindo ácido nítrico (HNO_3), sendo em torno de 2 % do N fixado; e fixação biológica de nitrogênio, em que bactérias transformam N_2 em amônia (NH_3), representando 90 % da fixação de N. O nitrogênio fixado através de processos industriais é obtido através do processo chamado Haber-Bosch, onde sob altas temperaturas (cerca de 200°C) e alta pressão (cerca de 200 atmosferas), o N_2 se combina com hidrogênio, formando amônia (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O suprimento de N às raízes das plantas se dá basicamente por fluxo de massa, pois as formas prontamente disponíveis às plantas, NO_3^- e NH_4^+ (nitrato e amônio), estão quase que totalmente presentes na solução do solo. Nesse mecanismo, os nutrientes se movimentam até as raízes através da água. Em situação de estiagem, o suprimento de nitrogênio às raízes das plantas é prejudicado e a exigência das plantas pode não ser suprida, mesmo com boa disponibilidade do nutriente no solo (ERNANI, 2003).

O N é absorvido pelas raízes principalmente nas formas de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), de acordo com a proporção em que elas se encontram na rizosfera (ERNANI, 2003). Geralmente, o nitrato é a forma mais absorvida pelas plantas, por ser a mais abundante na solução do solo. Isto se deve à alta atividade da microbiota em solos tropicais, a qual rapidamente desencadeia o processo de nitrificação (PRADO, 2008).

A disponibilidade de N no solo às plantas é influenciada por vários processos, sendo a dinâmica de N no solo bastante complexa. Dentre os processos que afetam a dinâmica e a disponibilidade do nitrogênio às plantas podem ser citados a mineralização (conversão biológica do N orgânico em N mineral), a imobilização (passagem do N da forma mineral para forma orgânica), a volatilização de amônia (perda de N na forma gasosa de amônia NH_3), a desnitrificação (ocorre a redução do nitrato para formas gasosas N_2O e N_2 , se perdendo por volatilização) e a lixiviação (movimento vertical de N para profundidades abaixo daquelas exploradas pelas raízes) (SANGOI; SILVA; PAGLIARINI, 2016).

O nitrogênio é o elemento mineral exigido em maior quantidade pelas plantas, por ser constituinte de muitos componentes vegetais. A disponibilidade de N afeta o desenvolvimento da área foliar, a taxa de fotossíntese, o crescimento do sistema radicular, o tamanho de espigas, o número e a massa de grãos, interferindo diretamente nos componentes de rendimento, na estatura de plantas, na altura de inserção de espigas, no diâmetro de colmo, bem como na porcentagem de plantas acamadas e quebradas (SANGOI; SILVA; PAGLIARINI, 2016).

A principal fonte de nitrogênio no Brasil para a adubação das culturas, principalmente de gramíneas, é a ureia [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$], caracterizada como fertilizante sólido granulado, com concentração por volta de 44 e 46 % de nitrogênio na forma amídica (CANTARELLA, 2007). É o fertilizante nitrogenado mais usado devido à alta concentração de nitrogênio (N) e ao menor preço por unidade de nutriente aplicado (TASCA et al., 2011).

A volatilização de NH_3 é a principal reação que diminui a eficiência de utilização pelas plantas do N proveniente da ureia aplicada sobre a superfície do solo. As perdas podem ser mínimas, em torno de 1 % quando a ureia é incorporada (SANGOI et al., 2003). Entretanto, Tasca et al. (2011) observaram que a perda de N na forma de NH_3 chegou a atingir 50 % do N aplicado, nas condições mais favoráveis à volatilização, ou seja, quando os fertilizantes foram aplicados sobre a superfície do solo e a temperatura do ambiente foi mantida em 35° C.

O processo de volatilização de amônia consiste na passagem da amônia presente no solo à atmosfera. Na presença de umidade no solo, a ureia aplicada sofre hidrólise. Após a ação da enzima urease, são consumidos íons H^+ , aumentando o pH em torno do grânulo de ureia, fazendo assim com que o amônio utilize as hidroxilas (OH^-), transformando-se em amônia, que é um gás e é volatilizado (SANGOI; SILVA; PAGLIARINI, 2016).

Outro processo de perda de N é a desnitrificação. Neste caso, ocorre a redução do nitrato, por ação de microrganismos anaeróbicos, para formas gasosas, como óxido nítrico (N_2O) e N_2 molecular, que se perdem para a atmosfera por volatilização, sendo mais frequentes em solos com baixa disponibilidade de O_2 e deficientes em drenagem (SANGOI; SILVA; PAGLIARINI, 2016).

Além disso, tem-se a perda de N por lixiviação. Este mecanismo de perda consiste no movimento vertical de íons ou moléculas no perfil do solo para

profundidades inexploradas pelo sistema radicular das plantas, podendo ser perdido N na forma de amônio ou de nitrato (SANGOI; SILVA; PAGLIARINI, 2016).

A complexidade das reações do N no solo e suas várias rotas de perdas mostram como é complexo o manejo da adubação desse nutriente. Essas perdas têm impacto econômico e ambiental e são dependentes do tipo de solo, clima, manejo do solo e de fertilizantes (PORTUGAL, 2012). Diante do fato da matéria orgânica do solo poder ser o grande reservatório de nitrogênio para as plantas, os cientistas se defrontam com o desafio de desenvolver um método que ajude a prever quanto de nitrogênio o solo poderá liberar durante o ciclo de uma cultura (CANTARELLA, 2007).

O N é um elemento muito dinâmico e instável no solo, sendo influenciado pelos fatores ambientais e participando de reações que podem ocasionar sua perda. Por isto, é necessário o manejo adequado de acordo com as condições locais, não havendo uma receita única a ser seguida no manejo do nitrogênio no milho (COELHO, 2007).

2.3 ESTÁDIO FENOLÓGICO DE APLICAÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DE COBERTURA

As exigências nutricionais da cultura do milho foram reportadas por Coelho (2007), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas- MG. Este autor ilustrou a extração de nutrientes pelo milho cultivado para produção de grãos e silagem. Observou-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento na produtividade da cultura e que as maiores exigências nutricionais do milho se referem ao nitrogênio (N), ao potássio (K), seguindo-se o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o fósforo (P). Para alcançar uma produtividade de 9,20 t de grãos ha⁻¹, a cultura do milho absorveu um total de 185 kg ha⁻¹ de N, dos quais 138 kg ha⁻¹ (75 %) foram exportados nos grãos e 47 kg ha⁻¹ permaneceram nos restos culturais.

Dentre os nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, destaca-se o papel que o N desempenha no milho, como constituinte essencial de aminoácidos, principais integrantes de proteínas. Como a formação dos grãos depende de proteínas na planta, a produção do milho está diretamente

relacionada ao suprimento de N (ULLOA; LIBARDI; REICHARDT, 1982; YAMADA, 1996).

Atualmente, pode-se dizer que os aspectos mais importantes no manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho, inserida no sistema de plantio direto, referem-se à época de aplicação e à necessidade de seu parcelamento (COELHO, 2007). A falta de N retarda o processo de divisão celular nos pontos de crescimento, reduzindo a área foliar e o tamanho da planta (ARNON, 1975), com reflexos negativos no rendimento de grãos.

A recomendação de adubação nitrogenada para o milho nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul se baseia no teor de matéria orgânica do solo, na expectativa de rendimento de $6,0 \text{ t ha}^{-1}$, na cultura antecedente e na quantidade de fitomassa produzida por esta cobertura (Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC, 2016). Quando a cultura antecedente é uma leguminosa que produziu média quantidade de fitomassa ($2,0$ a $3,0 \text{ t ha}^{-1}$), a dose recomendada varia de 40 a $70 \text{ kg de N ha}^{-1}$. Quando a cultura antecedente é uma gramínea com média produção de fitomassa ($2,0$ a $4,0 \text{ t ha}^{-1}$), esse valor varia de 50 a $90 \text{ kg de N ha}^{-1}$. Para expectativas de produtividades superiores a $6,0 \text{ t ha}^{-1}$, recomenda-se um acréscimo de $15 \text{ kg de N ha}^{-1}$ por tonelada adicional de grãos a serem produzidos. Segundo as recomendações vigentes, deve-se aplicar a maior parte do N em cobertura, objetivando prevenir perdas e aumentar a eficiência de uso do nutriente.

O milho absorve N durante todo seu ciclo de desenvolvimento, sendo menor quantidade nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura (GADIOLI et al., 2000). Nos estádios fenológicos iniciais de desenvolvimento do milho, o sistema radicular das plantas é pouco desenvolvido, havendo menor exigência nutricional. Entretanto, altas concentrações de N na zona radicular são benéficas para promover o rápido crescimento inicial da planta e o aumento na produtividade de grãos (YAMADA, 1996; SILVA et al., 2005).

O nitrogênio, em função de suas transformações no solo, tem proporcionado resultados divergentes em relação ao momento de aplicação (SOUZA et al., 2001). Assim, o parcelamento e a escolha da época de aplicação do adubo nitrogenado constituem-se em alternativas para aumentar a eficiência de uso da adubação nitrogenada pela cultura do milho e mitigar as perdas. Isso é respaldado pelo maior aproveitamento do N, resultante da sincronização entre as aplicações e o período de alta demanda do nutriente (SILVA et al., 2005).

Para definição do melhor momento de aplicar o nitrogênio em cobertura é importante conhecer as exigências nitrogenadas do milho e a capacidade da planta de absorver o nutriente em cada etapa do seu ciclo. Nos estádios fenológicos iniciais de desenvolvimento, a plântula tem pouca área foliar, pequeno desenvolvimento do sistema radicular e baixa exigência de nitrogênio para seu desenvolvimento. Segundo Sangoi et al. (2013), apenas 5 a 10 % do total de nitrogênio é absorvido até a diferenciação do primórdio floral (DPF), que ocorre quando planta tem de cinco a sete folhas expandidas, entre V5 e V7 na escala de Ritchie, Hanway & Benson (1993).

No estágio V5 da escala de Ritchie, Hanway & Benson (1993) a diferenciação das folhas que serão produzidas pela planta já está completa e a iniciação do pendão já pode ser vista microscopicamente, na extremidade de formação do caule, logo abaixo da superfície do solo. Entre V8 e V12 define-se o número de fileiras de grãos, entre V12 e V18, define-se o número de grãos potenciais por fileira (tamanho da espiga) e, entre R1 e R6, a massa de mil grãos (MAGALHÃES; DURÃES, 2006; SANGOI et al., 2010).

Cerca de 75 % da quantidade total de N absorvida pelo milho durante seu ciclo está compreendida no período entre a diferenciação do pendão floral e o espigamento (SANGOI et al., 2010). Em função disto, a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2016) recomenda que a cobertura nitrogenada seja feita entre os estádios V4 - V8 da escala de Ritchie, Hanway & Benson (1993), quando a planta tem de 40 a 60 cm de estatura, precedendo o período de maior absorção do nutriente pela planta.

A aplicação de nitrogênio em diferentes estádios de desenvolvimento vem sendo empregada com frequência. Essa tem sido a recomendação tradicional para a aplicação de N e que tem apresentado maior eficiência agrônômica. Aumentando-se o número de aplicações da adubação nitrogenada, aumenta-se a eficiência do uso do nitrogênio e reduzem-se as perdas, principalmente por lixiviação (COELHO, 2007).

Segundo Coelho (2007), é recomendável parcelar a adubação de cobertura quando se utilizam altas doses de nitrogênio (120 a 200 kg ha^{-1}), em solos de textura arenosa e áreas sujeitas a chuvas de alta intensidade. Por outro lado, uma única aplicação deve ser feita sob condições de doses baixas ou médias de nitrogênio (60

a 120kg/ha), solos de textura média e/ou argilosa e plantio intensivo, sem o uso de irrigação, em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente.

Entretanto, para um manejo adequado do fertilizante nitrogenado é importante observar as exigências deste nutriente durante o desenvolvimento da cultura do milho, visto que a maior necessidade relativa de nitrogênio compreende o período entre a emissão da 4ª e da 8ª folha e a maior necessidade absoluta de nitrogênio compreende o período entre a emissão da 8ª e da 12ª folha (COELHO, 2007).

Uma série de fatores estão envolvido na resposta do milho ao parcelamento da adubação nitrogenada. Entre estes podem ser citados: condições edafoclimáticas; sistema de cultivo (plantio direto ou convencional); época de semeadura (primeira ou segunda safra); potencial de resposta da cultivar utilizada; rotação de culturas; época e modo de aplicação; fontes de nitrogênio; e aspectos econômicos e operacionais. O grande número de fatores envolvidos torna a recomendação dessa estratégia de manejo cada vez mais específica (COELHO, 2007).

Cantarella (1993) afirmou que o milho após o florescimento pode apresentar índices de absorção até 50 %. Assim, segundo este autor, a aplicação tardia de parte do N pode trazer vantagens. Entre estas podem ser citadas o retardamento da senescência foliar causado pela falta de nitrogênio e o aumento da taxa fotossintética. Estas vantagens são acentuadas principalmente em solos arenosos e áreas irrigadas. A redução da senescência foliar na cultura do milho é positiva, pois aumenta o potencial de utilização da radiação solar da planta, incrementando a conversão do carbono mineral em carbono orgânico (ARGENTA et al., 2003). Isto favorece o acúmulo de fotoassimilados nos grãos e, conseqüentemente, o aumento da produtividade.

O comportamento reportado por Cantarella (1993) foi confirmado por trabalhos de pesquisa realizados nos últimos cinco anos por Kosgey et al. (2013), Bruin & Butzen (2014) e Ning et al. (2014), mostrando que os híbridos modernos continuam a absorver e remobilizar nitrogênio após o florescimento. Dessa forma, o fornecimento de N durante o ciclo da cultura é fundamental para maximizar o rendimento.

2.4 ÉPOCA DE SEMEADURA

O rendimento de grãos depende de aspectos fisiológicos inerentes à própria planta e de fatores edafo-climáticos vigentes durante seu desenvolvimento. Diferentes épocas de semeadura implicam em parâmetros meteorológicos distintos e em oscilações no rendimento de grãos (SANGOI et al., 2010). Segundo Argenta et al. (2006), o cultivo de milho é afetado diretamente pela escolha da época de semeadura e o manejo dado à cultura. Estes dois fatores interferem na produção de fitomassa, na interceptação da radiação solar, na acumulação de fotoassimilados e, portanto, na produtividade de grãos.

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

No sul do Brasil, a melhor época de semeadura do milho para o aproveitamento da radiação solar está concentrada no início da primavera, entre meados de setembro e final de outubro. Quando semeado neste período, o milho floresce entre meados de dezembro e meados de janeiro, coincidindo a fase de maior área foliar da cultura com os dias mais longos do ano. Esta condição potencializa a atividade fotossintética da planta e o enchimento de grãos (SANGOI et al., 2010). Segundo Forsthofer et al. (2004), a semeadura realizada antes da época mais adequada (final de julho a início de setembro), ou depois da época ideal (nos meses de dezembro a janeiro) reduz o potencial produtivo do milho, em relação à época ideal. Essa redução na produtividade está associada à ação da temperatura

do ar e à incidência de radiação solar exercida sobre as plantas, tendo alterações na formação e na expressão dos componentes de rendimento (FORSTHOFER et al., 2006).

Forsthofer et al. (2006) observaram que a semeadura tardia propiciou a formação de grãos mais leves nos sistemas com alto investimento em manejo e nos potenciais, em relação às demais épocas de semeadura (outubro e agosto). Isto foi atribuído ao fato de que na semeadura tardia a maior parte do enchimento de grãos ocorreu em meses onde há redução expressiva na temperatura do ar e na radiação solar incidente, o que limitou a atividade fotossintética e a translocação de carboidratos das frações vegetativas da planta aos grãos.

Sangoi (1993), avaliando o desempenho de dois híbridos em quatro épocas de semeadura, também observou menores produtividades em semeaduras realizadas mais tardiamente, nos meses de novembro e dezembro. Isto ocorreu porque nestas épocas de semeadura houve menor número de espigas por planta e menor massa de 1000 grãos do que nas semeaduras realizadas antecipadamente (setembro e outubro).

Von Pinho et al. (2007) avaliaram a influência da época de semeadura na produtividade e na qualidade de cultivares de milho e sorgo para silagem. Foram testados três grupos de cultivares (sorgo duplo propósito, sorgo forrageiro e milho), em três épocas de semeadura (novembro, dezembro e janeiro). Observou-se efeito significativo da época de semeadura para todas as características agrônômicas e bromatológicas avaliadas. Para cada dia de atraso na semeadura realizada em novembro (19/11/2002), houve decréscimos de 128 e 176 kg ha⁻¹ na produtividade de massa seca de milho e de sorgo, respectivamente. A maior produção de massa seca para forragem foi obtida com a semeadura em novembro e a silagem, com maior valor nutritivo na semeadura de janeiro para ambas as culturas.

Forsthofer et al. (2004), em experimento realizado na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, avaliaram três híbridos de milho de ciclo normal, precoce e superprecoce, em três épocas de semeadura (agosto, novembro e janeiro). Os autores constataram que a duração dos subperíodos de desenvolvimento do milho, especialmente no período vegetativo, diminuiu à medida que a semeadura foi atrasada de agosto até janeiro, independente do ciclo do híbrido, devido ao aumento da temperatura do solo e do ar. Conforme Stone, Soresen & Jamieson (1999), para cada 1° C de elevação na temperatura do ar há

redução de cinco a seis dias na duração no período compreendido entre emergência e espigamento.

As condições ambientais são os fatores limitantes para determinar o período de semeadura da cultura do milho. Fatores como temperatura, umidade e radiação solar são responsáveis pela determinação do período de semeadura e são influenciados pela latitude (SERPA et al., 2012). As condições climáticas incidentes no sul do Brasil possibilitam cultivar a cultura do milho num amplo intervalo de tempo. No entanto, à medida que se deseja potencializar o rendimento de grãos, deve-se dar maior atenção à escolha correta da época de semeadura, visando proporcionar as melhores condições para desenvolvimento das plantas (SERPA, 2011). A época de semeadura ideal depende de uma série de fatores como local, condições climáticas, incidência de pragas e doenças, cultivar, entre outros (SANGOI et al., 2010).

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

Embora a época ideal para semeadura do milho em Santa Catarina esteja concentrada no início da primavera (meados de setembro a final de outubro), as semeaduras tardias realizadas nos meses de dezembro e janeiro são comuns no estado. Elas são utilizadas nas propriedades onde o milho entra em sucessão a outras culturas mais rentáveis como o alho, a cebola, o fumo e a batata, cuja colheita é efetuada no final da primavera e início do verão (FORSTHOFER et al., 2006). Entretanto, o potencial produtivo do milho nas semeaduras tardias é menor devido ao crescimento vegetativo acelerado, ao decréscimo na quantidade de radiação solar incidente durante o enchimento de grãos e à maior incidência de doenças foliares e de colmo (SILVA et al., 2010). Estas características podem restringir a capacidade de absorção e assimilação de nitrogênio pelo milho, diminuindo a resposta da planta a fertilizações nitrogenadas feitas em estádios fenológicos avançados.

Entretanto, quando o milho é semeado na época preferencial para maximizar o aproveitamento da radiação solar, existe uma grande probabilidade de que a fase mais crítica da cultura à estiagem, compreendida entre o início do pendoamento até 30 dias após (NIED et al., 2005), coincida com o período de restrição hídrica (SILVA et al., 2010). Semeaduras de dezembro à primeira quinzena de janeiro proporcionam os menores riscos de deficiência hídrica no transcorrer dos subperíodos mais críticos no ciclo do milho, havendo condições favoráveis para o estabelecimento da cultura (NIED et al., 2005). Nas semeaduras realizadas nessa época, o potencial de rendimento de grãos é mais baixo, devido à menor quantidade de radiação solar durante o período de enchimento de grãos e à maior incidência de doenças foliares e de colmo (FORSTHOFER et al., 2006).

Cecílio Filho et al. (2014), em trabalho avaliando 10 tratamentos com aplicação de adubação nitrogenada de cobertura com aplicações em 1, 2 e 3 vezes, na semeadura e aos 7, 14 e 21 dias após a semeadura, em três épocas de semeadura da rúcula, constataram que não houve efeito significativo dos métodos de aplicação de N em cobertura. Entretanto, houve efeito significativo da época de semeadura, com decréscimo de produtividade na semeadura mais tardia.

Para que o período crítico da cultura do milho não coincida com o período de estiagem, pode-se optar pela antecipação ou o retardamento da semeadura em relação à época de outubro e novembro (SANGOI et al., 2007). Essas alterações na época de semeadura podem ser utilizadas como estratégia de escape da deficiência hídrica em locais onde a irrigação é inexistente. Elas também podem ser empregadas para otimizar a eficiência de uso da terra em lavouras irrigadas e em regiões com longa estação estival de crescimento (FORSTHOFER et al., 2006). Entretanto, o potencial produtivo do milho nas semeaduras tardias é menor. Isto pode restringir a capacidade de absorção e assimilação de nitrogênio pelo milho, diminuindo a resposta da planta a fertilizações nitrogenadas feitas em estádios fenológicos avançados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, durante os anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017, nos distritos de Santa Terezinha do Salto, município de Lages/SC, e no distrito de Ribeirão Matilde, município de Atalanta/SC, respectivamente.

A área experimental no distrito de Santa Terezinha do Salto está localizada a cerca de 20 km do centro da cidade de Lages, localizado no planalto sul do estado de Santa Catarina. As coordenadas geográficas do local são: 27° 50' 35" de latitude sul e 50° 29' 45" de longitude oeste e altitude de 849 metros. 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, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006).

A área experimental no distrito de Ribeirão Matilde está localizada a 10 km da cidade de Atalanta, no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. As coordenadas geográficas da área experimental são 27° 26' 03" de latitude Sul, 49° 42' 06" de longitude Oeste e altitude de 586 metros. O clima da região é do tipo Cfa, subtropical mesotérmico úmido, com verão quente, possuindo temperatura média anual entre 18 °C a 19 °C e precipitação média anual entre 1300 mm a 1500 mm, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, citado por Kottek et al. (2006).

O solo de Santa Terezinha do Salto é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico Típico. O solo em Ribeirão Matilde é classificado como Cambissolo Háplico Distrófico (EMBRAPA, 2006). Os resultados da análise da química do solo realizada a partir de amostras coletadas na camada arável (0 a 20 cm) em junho de cada ano agrícola estão descritos na Tabela 1.

A área experimental em Santa Terezinha do Salto é caracterizada pelo monocultivo, sendo cultivado milho e aveia preta por quatro safras consecutivas. No período de inverno que antecedeu a implantação da cultura do milho no experimento de 2015/2016 realizou-se a semeadura de aveia preta (*Avena strigosa*) no mês de junho. A cobertura de inverno foi dessecada em meados do mês de setembro com a utilização de herbicida glifosato.

A área experimental em Ribeirão Matilde é caracterizada pela rotação sendo cultivado de 2012/2013 à 2015/2016 aveia preta, cebola, feijão, aveia preta, milho,

aveia preta, cebola, soja, aveia preta, soja e aveia preta nas safras anteriores. No período de inverno que antecedeu a implantação da cultura do milho no experimento de 2016/2017 realizou-se a semeadura de aveia preta (*Avena strigosa*) no mês de maio. A cobertura de inverno foi dessecada no fim do mês de julho com a utilização de herbicida glifosato.

Tabela 1 – Características químicas do solo das áreas experimentais de Santa Terezinha do Salto (2015/2016) e Ribeirão Matilde (2016/2017).

Características ^{1/}	Valores	
	Santa Terezinha do Salto	Ribeirão Matilde
Argila (%)	53,00	45,25
pH H ₂ O	5,10	5,70
Índice SMP	5,20	6,20
Matéria Orgânica g kg ⁻¹	46,00	22,50
P mg dm ⁻³	13,00	80,10
K mg dm ⁻³	195,00	222,50
Ca cmolc dm ⁻³	7,00	7,55
Mg cmolc dm ⁻³	2,45	2,07
Al cmolc dm ⁻³	0,30	0,00
CTC cmolc dm ⁻³	20,80	13,79

^{1/} Análises realizadas pelos laboratórios do Campus de Campos Novos da Universidade do Oeste de Santa Catarina (2015/2016), e da Estação Experimental da Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), de Ituporanga (2016/2017).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso (DBC) dispostos em parcelas subdivididas. Na parcela principal foram avaliadas duas épocas de semeadura: preferencial (início da primavera) e tardia (final da primavera). Nas subparcelas foram testados seis sistemas com diferentes estádios fenológicos de aplicação do fertilizante nitrogenado em cobertura: testemunha sem N, todo N aplicado em V5 (cinco folhas expandidas), todo o N aplicado em V10 (dez folhas expandidas), ½ do N em V5 e ½ em V10, ⅓ em V5, ⅓ em V10 e ⅓ em VT (pendoamento) e todo N em VT. Cada subparcela foi constituída por 4 linhas, espaçadas em 70 cm, com 6 metros de comprimento. Considerou-se as duas linhas centrais com área útil da subparcela, com 8,4 m², e as duas linhas externas como bordadura.

Os experimentos foram implantados nos dias 15/10/2015 e 05/12/2015 no primeiro ano, e 20/09/2016 e 05/12/2016, no segundo ano. Os ensaios foram implantados no sistema de semeadura direta. Foram utilizadas semeadoras manuais e barbantes marcados com as distâncias pertinentes para a densidade desejada

(75.000 plantas ha⁻¹), de forma a posicionar as sementes adequadamente para alcançar esta população de plantas. Depositaram-se três sementes por cova para garantir a germinação das sementes em cada uma das covas e assegurar a densidade de plantas desejada. Quando as plantas estavam no estágio fenológico de três folhas completamente expandidas (V3), conforme escala proposta por Ritchie, Hanway & Benson (1993), foi realizado o desbaste para o ajuste da população requerida.

O híbrido utilizado foi o P30F53YH (2015/20216) e P30F53VYH (2016/2017), com eventos transgênicos Viptera, Yield Gard e Herculex, representados pelas letras V, Y e H, respectivamente. O híbrido é de ciclo precoce, sendo caracterizado pela estabilidade em ambientes de cultivo e tolerância ao acamamento. As sementes foram industrialmente tratadas antes da semeadura com os inseticidas clotiadinina (Poncho®), imidacloprido + tiodicarbe (CropStar®) e com o fungicida fludioxonil + metalaxyl (Maxim XL®), para controle preventivo de pragas e doenças na fase inicial do ciclo da cultura.

A área experimental recebeu adubação de manutenção com fósforo, potássio e nitrogênio no dia da semeadura, levando em consideração três fatores: os resultados da análise de solo; a expectativa de produtividade de 21 toneladas de grãos por hectare, e as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004). Neste sentido, foram aplicados no dia de cada semeadura 30 kg de N, 300 kg de P₂O₅ e 200 kg de K₂O por hectare. Os fertilizantes foram aplicados superficialmente sobre as linhas de semeadura. As fontes de fertilizante utilizadas foram ureia (45 % de N), superfosfato triplo (46 % P₂O₅) e cloreto de potássio (60 % de K₂O). A dose do fertilizante nitrogenado aplicada em cobertura também seguiu as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS-SC (2004) para alcançar tetos produtivos de 21 t ha⁻¹ de grãos. Foram aplicados 300 kg de N ha⁻¹ em cobertura. A adubação de cobertura foi feita de acordo com estágio fenológico da escala Ritchie, Hanway & Benson (1993) previsto em cada tratamento. Optou-se por manter as mesmas doses e épocas de aplicação dos fertilizantes no segundo ano agrícola, embora o teor de matéria orgânica do solo fosse diferente (Tabela 1) para não criar outra fonte de variação no trabalho.

O controle de plantas daninhas foi realizado mediante duas aplicações de herbicidas. A primeira aplicação foi feita em pré-emergência da cultura, utilizando-se

atrazina + simazina (Primatop®). Este herbicida foi pulverizado logo após a semeadura de cada época testada no experimento. A segunda aplicação foi realizada em pós-emergência do milho, sendo efetuada com a combinação do herbicida atrazina + simazina (Primatop®) e tembotriona (Soberan®) quando as plantas de milho estavam no estágio V3.

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

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

Em cada subparcela foram marcadas cinco plantas com uniformidade fenológica e morfológica quando as mesmas se encontravam em V4. Estas plantas foram utilizadas para as avaliações de área foliar, senescência das folhas após o pendoamento, teor relativo de clorofila na folha índice, estatura de planta e altura de inserção de espiga.

A área foliar foi determinada no estágio fenológico de espigamento (R1), medindo-se o comprimento (C) da base à extremidade da folha e a maior largura (L) de todas as folhas fotossinteticamente ativas, de acordo com metodologia utilizada por Tollenaar (1992). Considerou-se fotossinteticamente ativa toda a folha que apresentasse pelo menos 50 % de sua área foliar verde, de acordo com critério proposto por Borrás, Maddoni & Otegui (2003). A área foliar (AF), expressa em cm², foi estimada aplicando-se a expressão: $AF = C \times L \times 0,75$, sendo o valor 0,75 o coeficiente de correção, uma vez que as folhas não apresentam área retangular. Os somatórios das áreas de todas as folhas verdes determinaram a área foliar por planta. O índice de área foliar (IAF) foi determinado pela relação entre a área foliar da planta e a superfície de solo ocupada pela mesma.

A senescência foliar foi estimada periodicamente a cada duas semanas (14 dias) a partir do estágio fenológico de espigamento (R1) quando foi medida a área

foliar até a senescência de todas as folhas das plantas. Determinou-se o número de folhas que permaneceram verdes, sendo consideradas as que apresentassem pelo menos 50 % de sua área foliar verde, de acordo com critério proposto por Borrás, Maddoni & Otegui (2003). Desta forma, com os dados de área foliar medidos em R1, determinou-se a o índice de área foliar para os respectivos períodos das folhas que permaneceram verdes durante o enchimento de grãos.

O teor relativo de clorofila na folha índice (folha de inserção da espiga) foi medido com o auxílio de um clorofilômetro (ClorofiLOG modelo CFL1030) por meio de três medições no limbo foliar (base, meio e extremidade), nas cinco plantas demarcadas dentro da área útil de cada subparcela. Esta avaliação foi realizada a partir do estágio fenológico de espigamento (R1), sendo repetida periodicamente a cada duas semanas (14 dias) até a senescência de todas as folhas das plantas de milho.

O diâmetro do colmo (mm) foi aferido no dia da colheita de cada época de semeadura. Utilizou-se para esta avaliação o terço mediano do segundo internódio a partir da base da planta, com o auxílio de um paquímetro digital, nos sentidos de menor e maior diâmetro, totalizando duas medições.

A estatura final de plantas e a altura de inserção de espiga foram mensuradas considerando-se a distância da base da planta até a extremidade do pendão e da base da planta até o nó onde estava inserida a espiga. No caso de haver mais de uma espiga por planta, considerou-se para a medição a espiga superior. As duas avaliações foram realizadas com o auxílio de uma trena métrica quando a cultura se encontrava no estágio R3 (grão leitoso).

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

consideradas como espigas produtivas aquelas que apresentaram mais de 20 grãos formados.

As colheitas foram realizadas nos dias 02/04/2016 e 02/05/2016, no primeiro ano agrícola, e 02/03/2017 e 28/04/2017, no segundo ano agrícola. Efetuou-se a colheita quando todas as folhas da planta se encontravam senescidas e a umidade dos grãos estava entre 18 e 22 %.

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

A determinação da umidade foi realizada com o auxílio de um medidor portátil modelo AL-102 ECO. Realizou-se a contagem e a pesagem de 400 grãos que foram acondicionados em estufa sob ventilação e temperatura de, aproximadamente, 65 °C até atingirem massa constante. Os pesos úmidos de grãos da área útil foram convertidos para um hectare e expressos na umidade padrão dos grãos de 13 % para estimativa do rendimento de grãos. Depois de ser determinada a massa seca de 400 grãos, esta foi multiplicada pelo fator 2,5, convertida considerando 13 % de umidade e utilizada para expressar a massa de 1.000 grãos. O número de grãos por espiga foi estimado pela relação entre o peso de grãos da área útil, o peso de 400 grãos e o número de espigas colhidas na área útil de cada subparcela.

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

A avaliação de doenças de colmo foi realizada imediatamente após a colheita, mediante um corte longitudinal feito com o auxílio de um facão de todos os colmos presentes numa linha da área útil. Este corte foi feito a uma altura de 30 cm da superfície do solo, seguindo recomendações descritas por Reis & Casa (1996). Os colmos que apresentaram sintomas de descoloração, foram caracterizados como

doentes. A percentagem de podridões de colmo foi estimada pela relação entre o número de plantas com colmos doentes e o número total de plantas em uma linha da área útil.

A eficiência agronômica de uso do nitrogênio foi determinada segundo Fageria & Baligar (2005), onde $EA = (PG_{cf} - PG_{sf}) / (QNa)$, expressa em $kg\ kg^{-1}$, em que EA é a eficiência agronômica; PG_{cf} é a produtividade de grãos com fertilizante nitrogenado; PG_{sf} é a produtividade de grãos sem fertilizante nitrogenado de cobertura, e QNa é a quantidade em kg de nitrogênio aplicado em cobertura.

Foram instalados pluviômetros nas áreas experimentais para o monitoramento dos índices pluviométricos e para a estimativa da necessidade de irrigação no período compreendido de dezembro a abril nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017.

Os dados meteorológicos referentes à temperatura do ar, utilizados para a determinação da soma térmica, foram obtidos junto ao Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrologia de Santa Catarina (CIRAM). Este órgão pertence à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI). As informações referentes à temperatura foram coletadas nas estações experimentais de Lages (primeiro ano) e de Ituporanga (segundo ano). A estação meteorológica de Lages fica localizada a 20 km da área experimental, em Santa Terezinha do Salto. A estação meteorológica de Ituporanga fica localizada a 5 km da área experimental, em Ribeirão Matilde.

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

Os dados das variáveis podridões de colmo e grãos ardidos não atenderam à pressuposição de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk a 5 % de significância. Estes dados foram normalizados, utilizando-se a transformação arco seno da raiz quadrada de $(x / 100)$. As variáveis plantas acamadas e plantas quebradas também

foram normalizadas pelo mesmo motivo, pela transformação raiz quadrada de $(x + 1)$. Já a variável plantas sem espigas foi normalizada pela transformação raiz quadrada de (x) , para realização da análise de variância.

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância utilizando o teste F. Os valores de F para os efeitos principais e interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5 % ($P < 0,05$). As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, também ao nível de significância de 5 %. Para análise das variáveis teor relativo de clorofila e índice de área foliar durante o enchimento de grãos utilizou-se o delineamento de parcelas sub-subdivididas, alocando-se a época de realização das avaliações (dias após o espigamento) nas sub-subparcelas. Neste caso, quando os valores de F foram significativos, procedeu-se uma análise de regressão polinomial, testando-se os modelos linear e quadrático, ao nível de significância de 5 %.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DADOS METEOROLÓGICOS NO PERÍODO EXPERIMENTAL

A temperatura média mensal oscilou entre 12,9 °C e 22,0 °C na safra 2015/2016 e entre 16,8 °C e 23,7 °C na safra 2016/2017. Os dados que constam da Tabela 2, foram coletados nas Estações Experimentais da Epagri, em Lages, e Ituporanga, distantes 25 km e 5 km, respectivamente, dos locais onde os ensaios foram implantados. A temperatura é o principal fator climático que interfere na velocidade de crescimento do milho, afetando a eficiência da fotossíntese e o ciclo da cultura (SANGOI et al., 2010).

O Planalto Catarinense se caracteriza por ser uma região de clima temperado constantemente úmido, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C e média anual de 11,4 a 13,8 °C (EPAGRI, 2010). Já o Alto Vale do Itajaí se caracteriza por ser uma região de clima subtropical constantemente úmido, sem estação seca, com verão quente com temperatura média do mês mais quente maior que 22 °C e média anual de 17 a 19,1 °C. Portanto, os valores de temperatura registrados durante o período experimental corroboram as normais climatológicas reportadas pela Epagri (2010).

Tabela 2 – Temperatura média mensal do ar nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

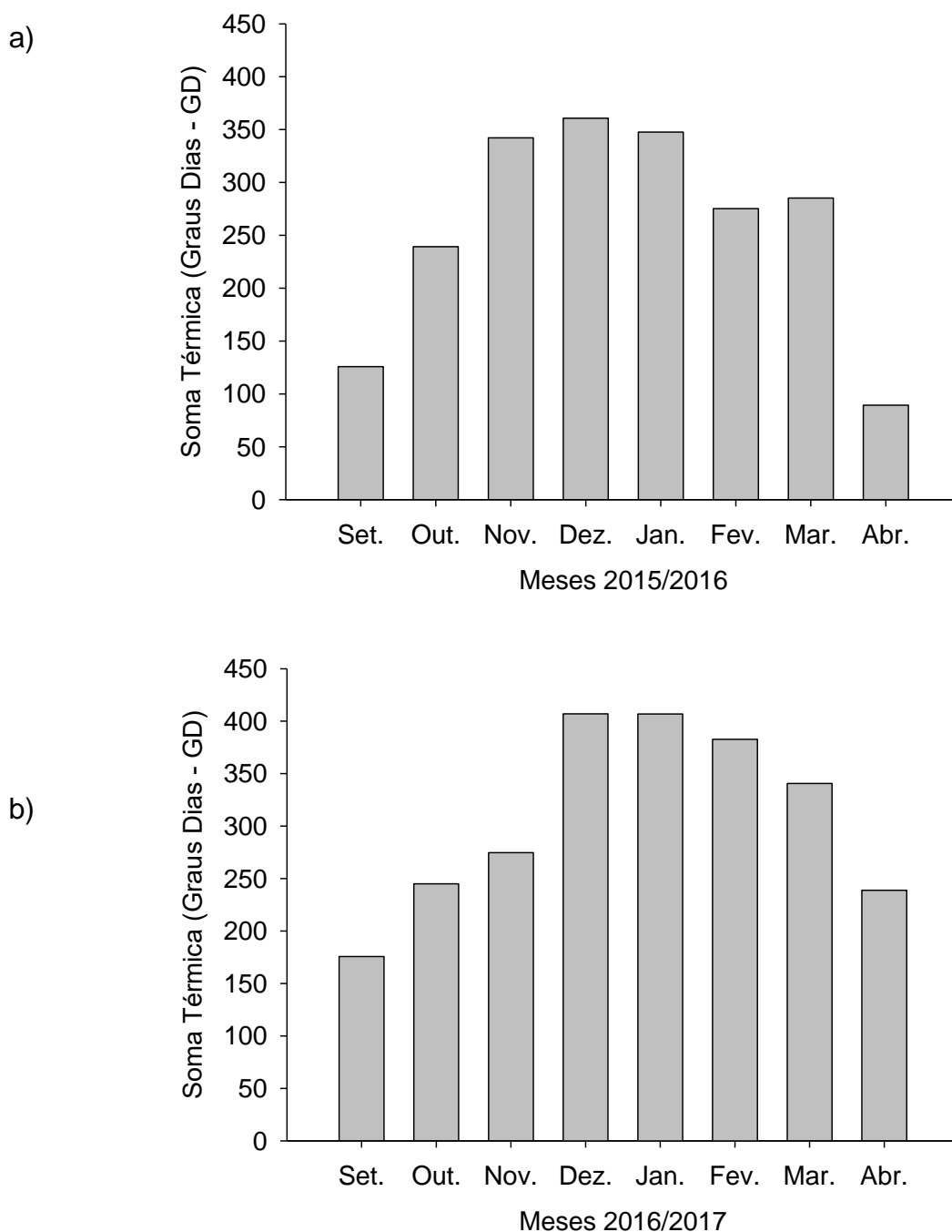
Ano Agrícola	Temperaturas Médias Mensais (°C)									
	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	
2015/16 (Lages – SC)	13,3	17,4	18,0	21,0	21,6	22,0	18,9	19,5	12,9	
2016/17 (Ituporanga – SC)	16,8	17,9	20,8	22,6	23,1	23,7	21,0	18,0	17,0	

Fonte: Epagri, 2017; modificado pelo autor.

A Figura 1 apresenta os dados de soma térmica registrados no município de Lages (SC) durante o ano agrícola de 2015/2016 (a) e no município de Ituporanga durante o ano agrícola de 2016/2017 (b). O mês de dezembro foi o que apresentou o maior valor de soma térmica, tanto em Ituporanga (406,9 GD) quanto em Lages (360,75 GD), em função das temperaturas atmosféricas mais elevadas (Tabela 1). Na safra 2015/2016, o mês de maio foi o que apresentou menor soma térmica, devido à aproximação do inverno na região de Lages (89,3 GD). Na safra

2016/2017, o menor valor de soma térmica foi verificado no mês de setembro devido ao final do inverno incidente na região do Alto Vale do Itajaí (175,7 GD). Em ambas as safras, até o mês de novembro os valores de soma térmica mensal se mantiveram abaixo de 350 GD.

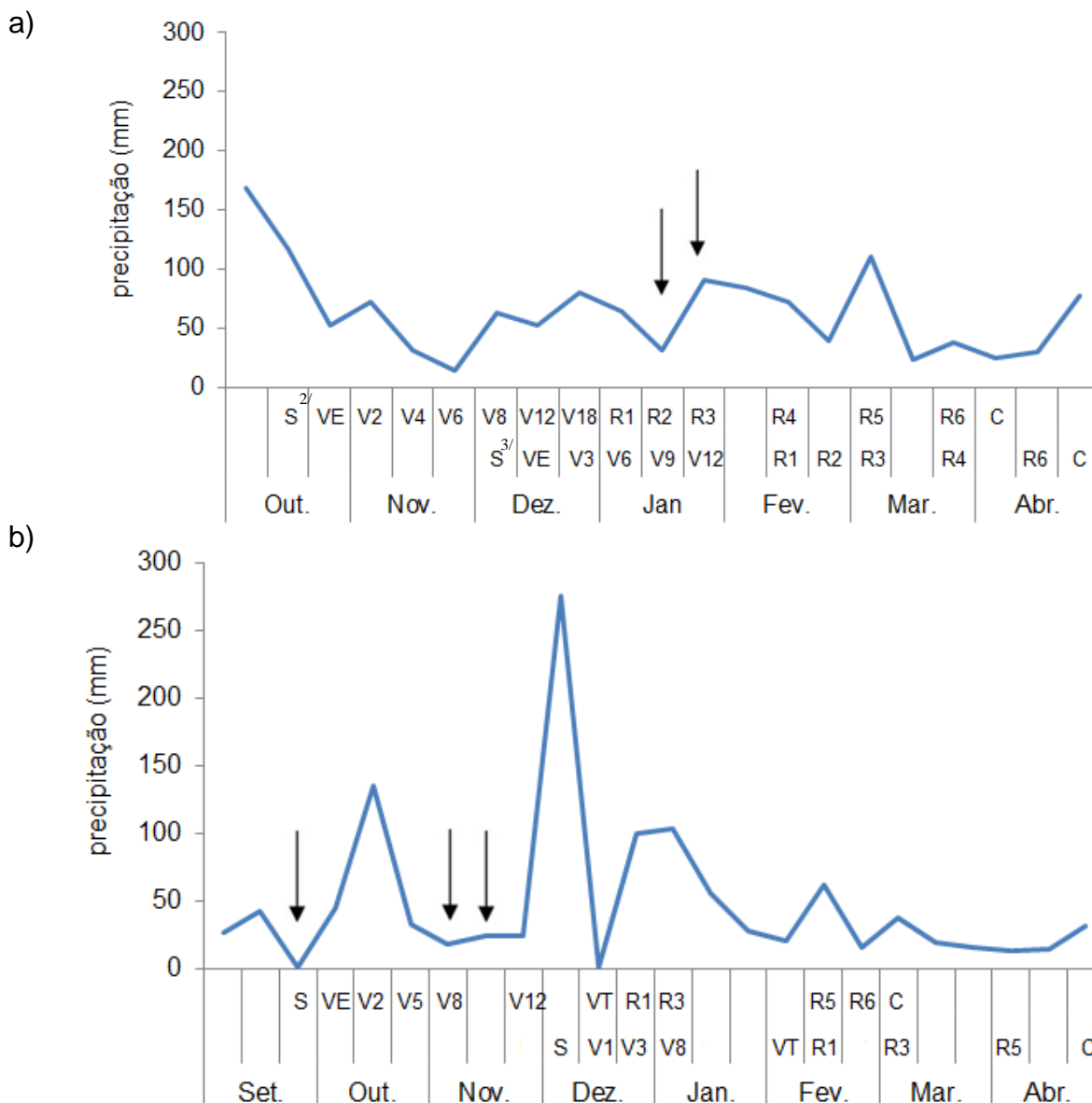
Figura 1 – Soma térmica mensal em graus-dia (GD) nas safras 2015/2016 em Lages (a) e 2016/2017 em Ituporanga (b).



Fonte: Epagri, 2017; modificado pelo autor.

Os dados de precipitação pluviométrica e o momento de realização das irrigações durante o crescimento e o desenvolvimento do milho nas duas épocas de semeadura e nos dois anos agrícolas podem ser observados na Figura 2a e 2b.

Figura 2 – Precipitações pluviárias decendiais e irrigações realizadas durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do milho nos anos agrícolas de 2015/2016, em Lages (a) e 2016/2017, em Atalanta (b). ^{1/}



^{1/} As setas indicam o momento em que foram realizadas as irrigações por aspersão.

^{2/} semeadura (S), colheita (C), e estádios fenológicos da cultura do milho de acordo com a escala fenológica de Ritchie, Hanway e Benson (1993) referente à primeira época de semeadura (preferencial).

^{3/} semeadura (S), colheita (C), e estádios fenológicos da cultura do milho de acordo com a escala fenológica de Ritchie, Hanway e Benson (1993) referente à segunda época de semeadura (tardia).

Fonte: Epagri, 2017; modificado pelo autor.

O milho exige um mínimo de 600 mm de precipitação bem distribuídos ao longo do seu ciclo de desenvolvimento para que alcance alta produtividade (CRUZ et al., 2010). O volume total de precipitação durante o cultivo do milho nas duas épocas de semeadura agrícola foi superior a 1000 mm, tanto em 2015/2016 quanto em 2016/2017. Entretanto, como descrito nas Figuras 2a e 2b, houve distribuição irregular das precipitações ao longo do ciclo em ambos os anos agrícolas, sendo necessária a realização de irrigações complementares por aspersão para atender a demanda da cultura.

Na safra 2015/2016 foram realizadas duas irrigações no mês de janeiro, coincidindo com a fase de enchimento de grãos do milho semeado na primeira época de semeadura e com a fase de desenvolvimento vegetativo (V9 a V12) da segunda época de semeadura (Figura 2a). Na safra 2016/2017 foi necessário a realização de irrigação em três momentos: no final de setembro quando as plantas da primeira época estavam em fase de emergência; e no começo e meio do mês de novembro, quando as plantas da primeira época estavam na fase vegetativa de desenvolvimento (V8 a V10) (Figura 2b). Em cada irrigação aplicou-se uma lâmina de 30 mm.

Os meses com maiores valores de média mensal de temperatura foram os meses de dezembro, janeiro e fevereiro na safra 2015/2016, e nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março na safra 2016/2017, com temperaturas superiores a 20 °C (Tabela 2), e nesses meses foram realizadas as aplicações de N em cobertura, podendo ter ocorrido perdas por volatilização. Tasca et al. (2011) comentaram que as perdas de N por volatilização ocorreram proporcionalmente com o aumento da temperatura. Podemos destacar ainda, as possíveis perdas de N por lixiviação devido a maior precipitação ocorrida no final de novembro e início de dezembro de 2016/2017, chegando a um acumulado de quase 300 mm de chuvas em poucos dias.

4.2 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Na safra 2015/2016, o índice de área foliar (IAF) da cultura no espigamento foi influenciado pelo efeito principal de época de semeadura, e em ambas as safras

o IAF no espigamento foi influenciado pelos estádios fenológicos de aplicação de N (Apêndice 5, Tabela 3).

Tabela 3 – Índice de área foliar no espigamento da cultura do milho, em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Índice de Área Foliar		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	4,81	6,54	4,56 B ^{2/}	27,90
V5 ^{1/}	6,94	6,77	5,86 A	
V10	6,34	6,21	5,36 AB	
VT	4,99	6,04	4,92 AB	
½ V5 e ½ V10	6,55	6,65	5,81 A	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	6,50	6,46	5,68 A	
Média	5,07 b	5,66 a		
CV %	14,52			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial) 05/12 (Tardia)			
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	4,94	5,47	4,05 D	20,85
V5	7,17	6,96	6,10 A	
V10	6,32	6,37	5,47 B	
VT	5,00	5,28	4,75 C	
½ V5 e ½ 10	6,62	6,93	5,85 AB	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	6,86	6,63	5,90 AB	
Média	5,27 a	5,44 a		
CV %	35,23			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P < 0,05).

Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

Na safra 2015/2016, a testemunha sem N apresentou menor IAF do que os tratamentos com fracionamento da adubação nitrogenada de cobertura em duas e três vezes (Tabela 3). Não houve diferenças significativas entre os tratamentos com aplicação de N, independentemente do estágio fenológico e do número de vezes que o fertilizante foi aplicado.

Na safra 2016/2017 houve maior discriminação estatística nos valores de IAF entre os estádios de aplicação de N em cobertura. O menor IAF foi registrado na testemunha, seguido pela aplicação de N em VT, seguindo pela aplicação de N em V10. Não houve diferenças significativas nos tratamentos com aplicação total de N em V5 e parcelada em duas e três vezes. Um ponto importante a destacar é que

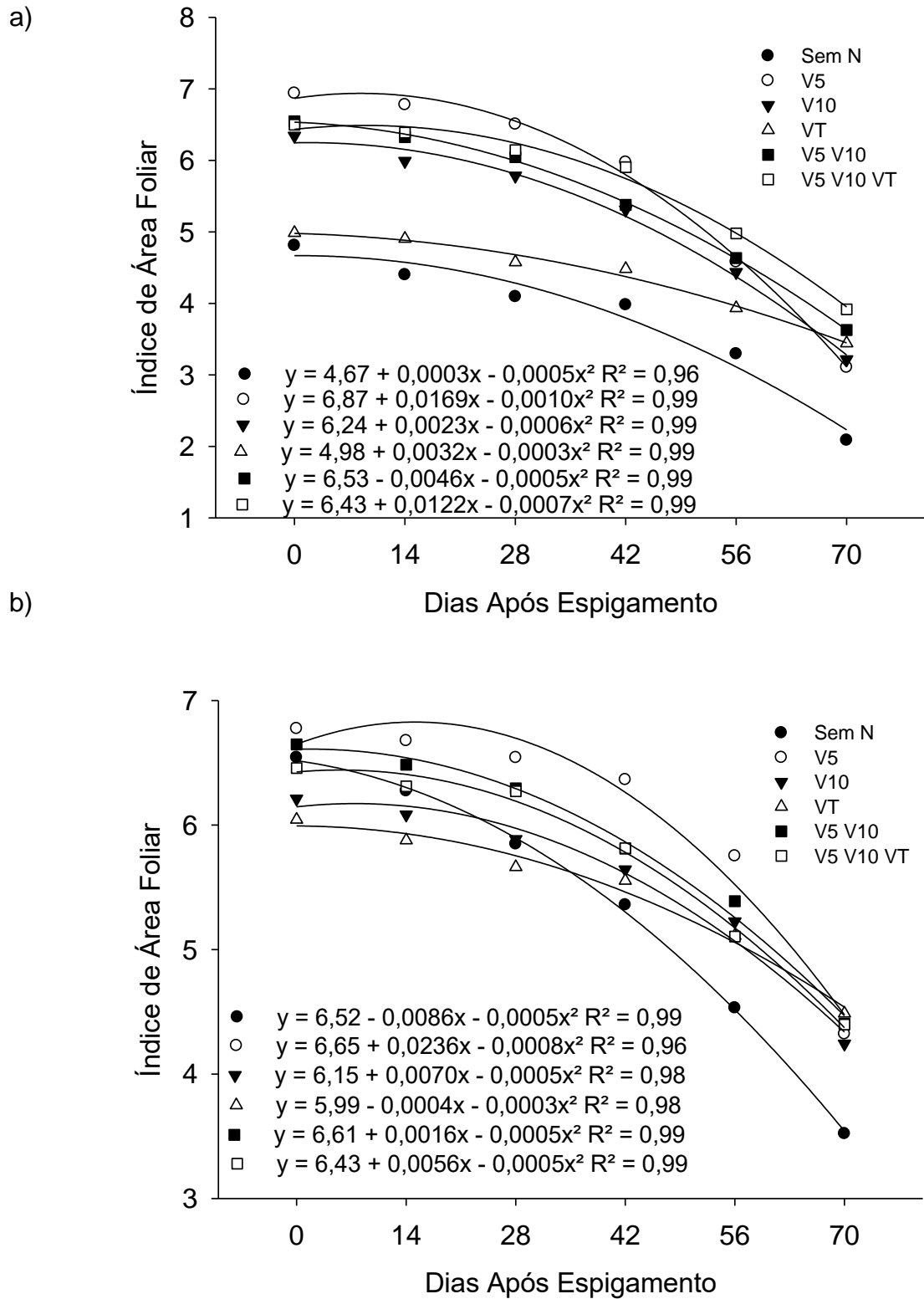
mesmo sem a aplicação de nitrogênio em cobertura, o IAF da cultura nos dois locais foi superior a 4,0, valor considerado por Lauer, Roth & Bertram (2004) e Brachtvogel (2008) como o mínimo necessário para que a cultura do milho atinja o IAF crítico para interceptar pelo menos 95 % da radiação incidente na floração.

Embora que não houve diferença significativa entre época de semeadura na safra 2016/2017, nos dois locais de condução do ensaio, o IAF foi maior quando o milho foi semeado tardiamente do que na época preferencial. Isto ocorreu porque nas semeaduras tardias as temperaturas atmosféricas são mais altas, o que favorece a expansão foliar (SANGOI et al., 2010).

As Figuras 3 e 4 apresentam as variações do índice de área foliar durante o enchimento de grãos nas duas épocas de semeadura, em Lages e Atalanta, respectivamente.

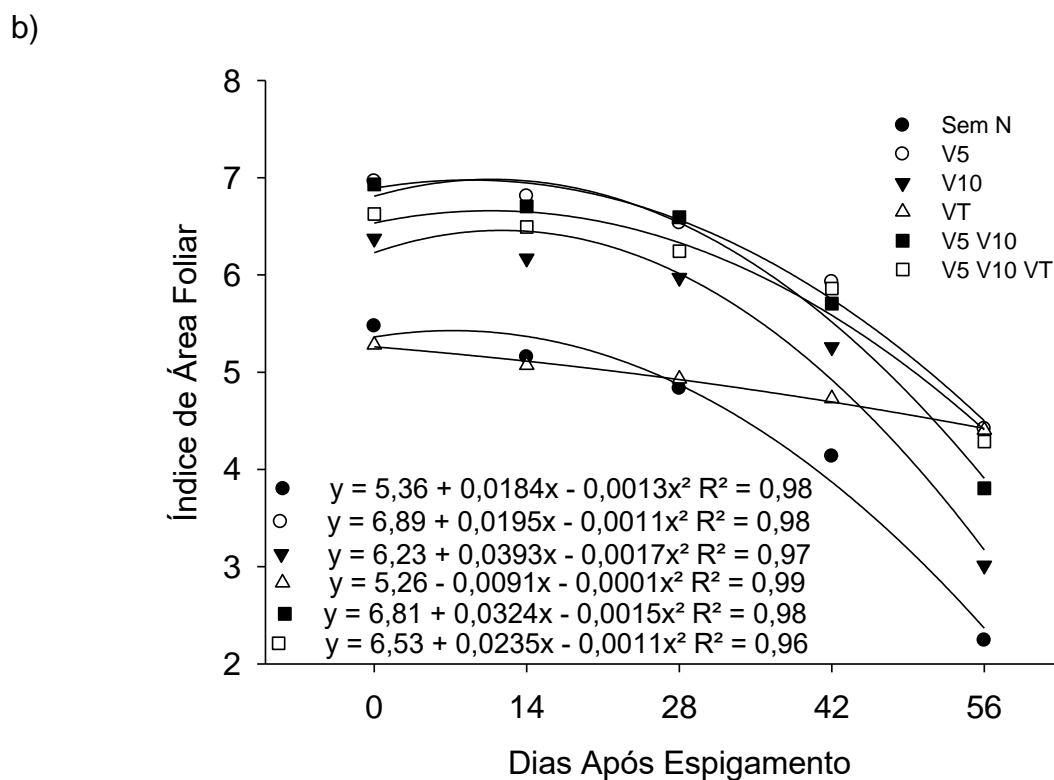
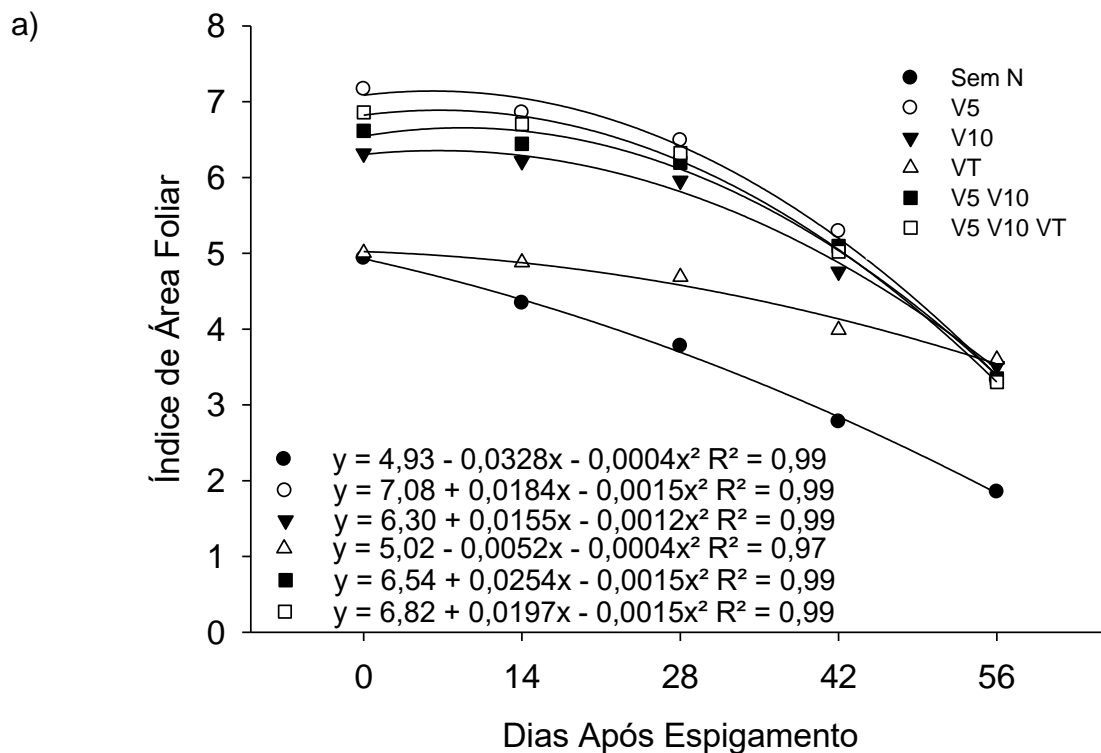
Houve uma redução nesta variável a partir do espigamento até a última amostragem feita 70 dias após, quando os grãos estavam fisiologicamente maduros, decorrente da senescência gradual das folhas. De uma maneira geral, percebe-se que os valores de IAF em cada amostragem e as taxas de decréscimo ao longo do enchimento de grãos dos tratamentos com aplicação integral de N em V5 e V10 ou fracionada em duas e três vezes foram semelhantes nos dois locais, tanto na semeadura de outubro quanto na de dezembro. Esperava-se que o maior parcelamento da adubação nitrogenada e a aplicação de uma parte do fertilizante no pendoamento prolongasse a vida útil das folhas. Isto resultaria em índices de área foliar mais alto, principalmente nas últimas amostragens e na semeadura feita na época preferencial. Esta expectativa não foi confirmada pelos dados coletados no trabalho.

Figura 3 – Índice de área foliar durante o enchimento de grãos do milho em função do estágio fenológico de aplicação de nitrogênio em cobertura, na época de semeadura preferencial (a) e tardia (b), no ano agrícola de 2015/2016, Lages, SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

Figura 4 – Índice de área foliar durante o enchimento de grãos do milho em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nas épocas de semeadura preferencial (a) e tardia (b), no ano agrícola de 2016/2017, Atalanta, SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

Por outro lado, confirmando a expectativa teórica, a testemunha sem N apresentou um decréscimo mais acentuado nos valores de IAF durante o enchimento de grãos, enquanto que o tratamento com todo o N em VT denotou uma redução mais gradual nesta variável ao longo do período amostral. Isto corrobora o importante papel do nitrogênio na formação da clorofila e na manutenção de folhas fotossinteticamente ativas por mais tempo (SANGOI; SILVA; PAGLIARINI, 2016).

4.3 TEOR RELATIVO DE CLOROFILA DA FOLHA ÍNDICE

O teor relativo de clorofila da folha índice no espigamento (TRC) foi influenciado significativamente pela interação de época de semeadura e estádios fenológicos de aplicação de N em cobertura na primeira safra (Apêndice 5). Todos os tratamentos com aplicação de N apresentaram maior TRC na época preferencial do que na semeadura tardia (Tabela 4). Isto ocorreu porque quando semeado no início da primavera o milho floresceu no mês de dezembro, coincidindo com os dias mais longos e maior disponibilidade de radiação. Estas características climáticas favorecem a formação da clorofila. Por outro lado, na testemunha sem N não houve diferenças no TRC entre as épocas de semeadura. Os maiores valores de TRC foram obtidos nos tratamentos com o fracionamento da cobertura nitrogenada em duas e três vezes, os quais foram significativamente mais altos do que os da testemunha, nas duas épocas de semeadura. Não houve diferenças significativas no TRC dos tratamentos com aplicação integral de N em V5 e V10 e o seu fracionamento em V5 + V10 ou V5 + V10 + VT.

Em Atalanta, o TRC variou em função dos efeitos principais de época de semeadura e estádio de aplicação do N em cobertura. O TRC dos tratamentos com aplicação de 300 kg de N em V5 e V10 não diferiu daqueles em que esta dose foi fracionada em duas ou três vezes e foi superior ao TRC da testemunha e com a aplicação total em VT. Confirmando os resultados da primeira safra, na semeadura feita na época preferencial o TRC foi maior do que na semeadura tardia.

O teor de clorofila na folha pode ser utilizado para prever o nível nutricional de nitrogênio nas plantas, pois a quantidade desse pigmento correlaciona-se positivamente com o teor de N. Segundo Argenta et al. (2003), as leituras no clorofilômetro acima de 58,0 no espigamento indicam nível adequado de N,

independentemente do híbrido utilizado. De uma maneira geral, os valores mensurados no presente trabalho foram menores do que o reportado por estes autores, principalmente na primeira safra. Contudo, existe também variabilidade entre híbridos, estádios de avaliação, folhas amostradas, o que dificulta a comparação dos teores relativos de clorofila mensurados em diferentes trabalhos, sob condições edafo-climáticas e de manejo distintas.

Tabela 4 – Teor relativo de clorofila durante o enchimento de grãos da cultura do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Teor Relativo de Clorofila (Índice SPAD)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	24 aC	26 aB ^{3/}	25	12,54
V5 ^{1/}	41 aA	30 bAB	36	
V10	41 aA	30 bAB	35	
VT	32 aB	29 bAB	30	
½ V5 e ½ 10	41 aA	30 bA	36	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	40 aA	30 bA	35	
Média	36	29		
CV %	8,85			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
	Sem N	41		
V5	54	54	54 A	
V10	56	52	54 A	
VT	51	47	49 B	
½ V5 e ½ 10	56	53	55 A	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	56	53	54 A	
Média	52 a ^{2/}	49 b		
CV %	17,82			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

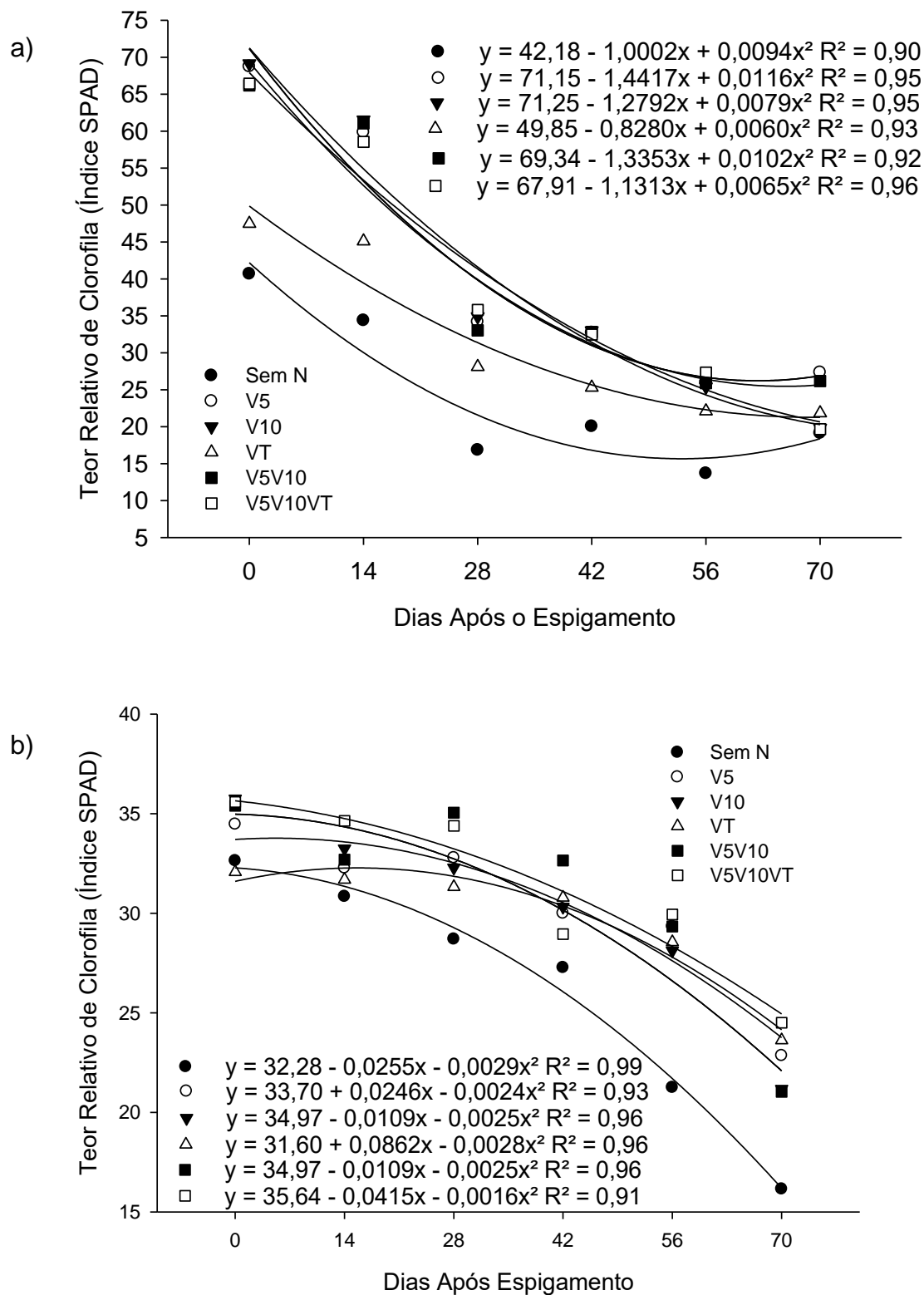
^{2/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P < 0,05). Fonte: Próprio autor, 2017.

A Figura 5 apresenta as variações no teor relativo de clorofila durante o enchimento de grãos nas duas épocas de semeadura em Lages. O comportamento do TRC no período de 70 dias de amostragens foi semelhante ao reportado para o IAF na Figura 3. Nas duas épocas de semeadura, o TRC decresceu de forma quadrática com a evolução do enchimento de grãos. Isto ocorreu em função da mobilização dos carboidratos das folhas para os grãos, característica que contribui

para a degradação da clorofila, fomentando a senescência foliar e a redução do IAF com a proximidade da maturação fisiológica.

Em todas as amostragens realizadas, os valores do TRC foram menores na testemunha, pois o nitrogênio é um nutriente fundamental na formação da clorofila (PIEKIELEK, 1995). Assim como registrado para o IAF, as diferenças no TRC medido nos tratamentos com aplicação da dose integral de N em V5 ou V10 e naqueles com o fracionamento da dose em duas (V5 + V10) e três vezes (V5 + V10 + VT) foram pequenas nas seis amostragens realizadas. Isto reforça a tese de que a fornecimento gradativo do nitrogênio entre V5 e VT não prolongou a atividade fotossintética das plantas no final do período de enchimento de grãos, em relação aos tratamentos com fornecimento integral no nutriente no início do desenvolvimento vegetativo da cultura.

Figura 5 – Teor relativo de clorofila na folha índice durante o enchimento de grãos do milho em função do estágio fenológico de aplicação de nitrogênio em cobertura, nas épocas de semeadura preferencial (a) e tardia (b), no ano agrícola de 2015/2016, Lages, SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

4.4 ESTATURA DE PLANTA E ALTURA DE INSERÇÃO DE ESPIGA

Nos dois anos agrícolas, a estatura de plantas não foi influenciada pela época de semeadura (Apêndice 1, Tabela 5). Esse comportamento corrobora com o registrado por Forsthofer (2004), que não observou diferença significativa na estatura de plantas em semeaduras realizadas em outubro e dezembro. Os resultados encontrados para esta variável também confirmam os obtidos por Nascimento et al. (2011), que não constataram diferenças significativas na estatura de planta de três híbridos cultivados nos meses de agosto, outubro e dezembro.

Tabela 5 – Estatura de planta do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Estatura de Planta (m)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	2,47	2,64	2,56 NS ^{2/}	4,01
V5 ^{1/}	2,60	2,58	2,59	
V10	2,57	2,61	2,59	
VT	2,34	2,54	2,44	
½ V5 e ½ 10	2,60	2,62	2,61	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	2,56	2,56	2,56	
Média	2,52 NS	2,59		
CV %	5,46			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
	Sem N	2,22		
V5	2,51	2,62	2,57 A	
V10	2,45	2,63	2,54 A	
VT	2,19	2,38	2,28 C	
½ V5 e ½ 10	2,52	2,62	2,50 AB	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	2,45	2,62	2,53 A	
Média	2,37 NS	2,57		
CV %	9,59			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Diferenças entre médias não significativas na linha ou coluna (P ≥ 0,05).

^{3/} Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P < 0,05).

Fonte: Próprio autor, 2017.

Na safra 2016/2017, embora a época de semeadura não tenha influenciado significativamente a estatura de plantas, a semeadura tardia realizada em dezembro proporcionou um acréscimo de 20 cm (8,44 %) nesta variável. Na safra 2015/2016,

também houve um acréscimo numérico de 7 cm na estatura de plantas na época tardia de semeadura. Quanto mais cedo for implantada a cultura do milho, normalmente menor é a estatura da planta, pois as temperaturas atmosféricas mais baixas do final de inverno e início da primavera restringem a expansão dos entrenós do colmo (SANGOI et al., 2010). Este efeito é mais notório em regiões onde é possível semear o milho no mês de agosto, conforme reportado por Serpa et al. (2012), na Depressão Central do Rio Grande do Sul.

Houve diferenças significativas na estatura de plantas entre os tratamentos envolvendo estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio em cobertura no ano agrícola 2016/2017 (Tabela 5). A testemunha sem N e a aplicação integral do nitrogênio em VT originaram plantas mais baixas do que nos demais tratamentos. Isto se deveu ao importante papel que o nitrogênio possui como ativador da divisão celular nos meristemas das plantas. No primeiro ano agrícola, este efeito não foi constatado, possivelmente pelo maior teor de matéria orgânica do solo em que se conduziu o ensaio em Lages (Tabela 1).

Em 2015/2016, a altura de inserção de espigas do milho foi influenciada pela interação dos fatores época de semeadura e estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio em cobertura (Apêndice 1). A não realização da adubação nitrogenada de cobertura durante o crescimento vegetativo (Testemunha e VT) reduziu esta variável em relação aos demais tratamentos, quando o milho foi semeado em meados de outubro (Tabela 6). Já na semeadura feita em dezembro, não houve diferenças significativas entre os estádios de aplicação do N sobre a altura de inserção de espiga. Ela foi maior na semeadura tardia do que na época preferencial nos tratamentos sem N e com a aplicação integral do fertilizante no pendoamento. Não houve diferenças na altura de inserção de espigas entre os tratamentos com a aplicação integral de N em V5 e V10 ou parceladamente em duas ou três vezes. Resultados semelhantes foram reportados por Cardoso et al. (2011), que não encontraram diferença significativa para esta variável em trabalho usando aplicação de adubação nitrogenada de cobertura de forma única (V4), parcelada em 2 vezes (V4 e V8) e três vezes (V4, V8 e V12).

Na safra 2016/2017, os efeitos principais da época de semeadura e dos estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio afetaram a altura de inserção de espigas. A semeadura realizada em dezembro proporcionou plantas com altura de inserção de espigas 19 cm (12,18 %) mais altas em relação à semeadura na época

preferencial. As menores alturas de inserção de espiga foram registradas nos tratamentos sem N e com a aplicação integral do fertilizante em VT. Isto confirmou o comportamento apresentado pela estatura de plantas neste local (Tabela 5), pois as duas variáveis apresentam alta correlação entre si.

Tabela 6 – Altura de inserção de espiga do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Altura de inserção de espiga (m)		Média	CV%
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	1,34 bB	1,59 aA	1,46	3,16
V5	1,56 aA	1,55 aA	1,55	
V10	1,56 aA	1,55 aA	1,56	
VT	1,33 bB	1,52 aA	1,43	
½ V5 e ½ 10	1,60 aA	1,59 aA	1,59	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	1,57 aA	1,50 aA	1,53	
Média	1,49	1,55		
CV %	7,11			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV%
	20/09 (Preferencial) 05/12 (Tardia)			
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	1,28	1,56	1,42 BC ^{2/}	4,90
V5	1,48	1,61	1,54 A	
V10	1,42	1,59	1,51 AB	
VT	1,24	1,43	1,33 C	
½ V5 e ½ 10	1,38	1,57	1,47 AB	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	1,41	1,60	1,50 AB	
Média	1,37 b	1,56 a		
CV %	12,12			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P < 0,05). Fonte: Próprio autor, 2017. Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

De maneira geral, nos dois anos agrícolas observou-se maiores valores numéricos de estatura de plantas e altura de inserção de espigas na época tardia de semeadura. Plantas mais altas e com espigas mais distantes do solo apresentam vantagens para a colheita mecanizada. Isto ocorre porque as perdas e a pureza dos grãos na colheita mecanizada são diretamente influenciadas pela estatura de plantas e altura de inserção de espiga (CARDOSO et al., 2011). No entanto, maiores alturas de inserção das espigas e estatura de planta poderão predispor a planta ao acamamento ou quebramento. Este comportamento proporciona plantas com centro

de gravidade mais distante do solo, aumentando a pré-disposição da cultura ao acamamento (SANGOI et al., 2001).

4.5 DIÂMETRO DE COLMO

Os valores de diâmetro de colmo estão descritos na Tabela 7. Na safra 2015/2016 houve efeito significativo dos diferentes estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio em cobertura no diâmetro de colmo (Apêndice 2).

Tabela 7 – Diâmetro de colmo do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Diâmetro de Colmo (mm)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	21,78	22,66	22,22 B ^{3/}	3,85
V5 ^{1/}	25,07	23,24	24,16 A	
V10	23,86	22,52	23,19 AB	
VT	22,08	22,75	22,42 B	
½ V5 e ½ 10	24,06	24,38	24,22 A	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	24,18	23,09	23,63 AB	
Média	23,51 NS ^{2/}	23,11		
CV %	2,02			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
	Sem N	25,56		
V5	24,75	24,62	24,68	
V10	24,01	23,37	23,69	
VT	25,24	24,71	24,98	
½ V5 e ½ 10	24,17	25,16	24,66	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	24,29	24,35	24,32	
Média	24,67 NS	24,14		
CV %	7,90			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Diferenças entre médias não significativas na linha ou coluna (P ≥ 0,05).

^{3/} Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P < 0,05).

Fonte: Próprio autor, 2017.

Os tratamentos com toda a aplicação do nitrogênio em V5 ou parcelado entre V5 e V10 proporcionaram maior diâmetro de colmo do que a testemunha e com a aplicação integral do N em VT (Tabela 7). Esses resultados mostram o efeito do fornecimento de pelo menos parte da adubação nitrogenada nos estádios iniciais de

desenvolvimento da cultura do milho (V5), corroborando com as observações feitas por Cruz et al. (2008). Estes autores, em experimento avaliando aplicação de nitrogênio em cobertura aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura, de forma parcelada e com a aplicação de toda a dose nesses períodos, observaram maiores valores de diâmetro de colmo nos tratamentos que receberam toda a dose em 15 dias após semeadura e 30 dias após a semeadura e no tratamento que recebeu a dose de nitrogênio de forma parcelada em 15 e 30 dias.

O maior diâmetro do colmo registrado com as aplicações em V5 e V5 + V10 pode estar relacionado com a maior disponibilidade de N durante a fase de formação dessa estrutura, já que o N apresenta função estrutural, por fazer parte da molécula de compostos orgânicos, como os aminoácidos e proteínas, sendo ainda ativador de muitas enzimas (FAGERIA; BALIGAR; JONES, 2011).

Em 2016/2017, o diâmetro de colmo não foi afetado pelo estágio de aplicação do nitrogênio em cobertura. Não houve diferenças significativas entre épocas de semeadura para esta variável nos dois anos agrícolas.

4.6 PORCENTAGEM DE PODRIDÕES DE COLMO E DE GRÃOS ARDIDOS

Não houve efeito significativo da época de semeadura e dos estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio em cobertura sobre a percentagem de podridões de colmo na safra 2015/2016 (Apêndice 2). Já no segundo ano agrícola, esta variável foi afetada pelos efeitos principais época de semeadura e estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio (Apêndice 2). Na safra 2016/2017, a época preferencial de semeadura teve menor percentagem de colmos doentes do que a época tardia, com valores médios de 8,58 e 37,02 % (Tabela 8). De acordo com Fortshofer et al. (2006), a semeadura realizada tardiamente proporciona maior incidência de doenças foliares e de colmo. Neste sentido, a percentagem de podridões de colmo é um dos fatores apontados por Sangoi et al. (2007) como limitantes ao uso de semeaduras tardias, sendo ainda mais relevante quando se trabalha com altas densidades de plantas.

Em Atalanta, o tratamento com toda a aplicação do N em VT foi o que apresentou a menor incidência de podridões de colmo, enquanto que as maiores percentagens de colmos doentes foram registradas nos tratamentos com aplicação

integral de N em V5 e V5 + V10. Isto pode ser um indicativo de que o suprimento integral do N na floração da cultura fortalece o colmo, dificultando sua infecção por patógenos durante o enchimento de grãos.

A média geral de porcentagem de podridões de colmo foi de 11,39 e 22,80 % para os anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017, respectivamente, nos quais o ensaio foi cultivado em monocultivo e rotação de culturas. Esses valores divergem dos encontrados por Denti & Reis (2001), que avaliaram a incidência de podridões de colmo em sistemas de monocultivo e rotação de culturas em diferentes densidades. Neste trabalho, independentemente de densidade, o monocultivo de milho apresentou maiores valores de podridões de colmo.

Tabela 8 – Podridões de colmo do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Podridões de Colmo (%)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	19,89	9,87	14,88	NS ^{2/}
V5 ^{1/}	21,57	6,79	14,18	
V10	9,35	5,45	7,40	43,47
VT	19,54	7,36	13,45	
½ V5 e ½ 10	13,81	5,06	9,44	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	13,50	4,56	9,03	
Média	16,28	NS	6,51	
CV %	61,16			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial) 05/12 (Tardia)			
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	5,47	30,98	18,23	ABC ^{3/}
V5	16,74	47,66	32,20	A
V10	7,11	48,77	27,94	AB
VT	2,34	11,95	7,15	C
½ V5 e ½ 10	15,11	52,81	33,96	A
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	4,69	48,77	17,31	BC
Média	8,58	b	37,02	a
CV %	72,51			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Diferenças entre médias não significativas na linha ou coluna (P ≥ 0,05).

^{3/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P < 0,05).

Fonte: Próprio autor, 2017.

As doenças no colmo podem afetar a translocação de nutrientes e água do solo para a parte aérea da planta, reduzindo o rendimento da cultura do milho e a qualidade de grãos (WHITE, 1999). Entretanto, também é possível que o rendimento

da cultura não seja alterado sob maior incidência de doenças de colmo, caso a infecção tenha ocorrido próximo ao estágio de maturação fisiológica do grão (CASA et al., 2007).

No primeiro ano de cultivo, não houve efeito significativo da época de semeadura e dos diferentes estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio em cobertura sobre a percentagem de grãos ardidos, que variou entre 4,06 e 8,35 % (Apêndice 2, Tabela 9). Já na safra 2016/2017, a época de semeadura teve efeito significativo sobre esta variável.

Tabela 9 – Porcentagem de grãos ardidos do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Grãos Ardidos (%)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	8,35	3,59	5,97 NS ^{2/}	23,46
V5 ^{1/}	4,70	4,25	4,48	
V10	6,49	4,06	5,28	
VT	7,09	4,64	5,86	
½ V5 e ½ 10	8,10	6,39	7,24	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	4,97	3,99	4,48	
Média	6,62 NS	4,49		
CV %	19,59			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial) 05/12 (Tardia)			
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	3,75	4,15	3,95 NS	23,16
V5	1,26	3,75	2,50	
V10	2,00	4,04	3,02	
VT	2,56	6,33	4,44	
½ V5 e ½ 10	1,22	4,43	2,83	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	1,76	3,73	2,75	
Média	2,09 a ^{3/}	4,40 b		
CV %	25,07			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Diferenças entre médias não significativas na linha ou coluna (P ≥ 0,05).

^{3/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P < 0,05).

Fonte: Próprio autor, 2017.

Na época preferencial de semeadura obteve-se menor percentagem de grãos ardidos (2,09 %) quando comparado com a semeadura tardia (4,40 %). Esses valores corroboram com Siega (2015), que constatou maiores valores de grãos ardidos a medida que atrasou a época de semeadura.

A média geral de porcentagem de grãos de milho ardido foi de 5,55 % na safra 2015/2016, quando o experimento foi conduzido sob condições de monocultivo, e de 3,25 % na safra 2016/2017, em condições de rotação de culturas. Esses valores de proporção de grãos ardidos entre monocultivo e rotação de culturas corroboram os encontrados por Trento Irgang & Reis (2002), que constataram maior incidência de grãos ardidos em monocultura (10,02 %), quando comparado com rotação de culturas (4,81 %).

4.7 ESTERILIDADE FEMININA, RENDIMENTO DE GRÃOS E COMPONENTES

Em 2015/2016, o comportamento da porcentagem de plantas sem espiga foi semelhante ao apresentado pelo número de espigas produzidas por planta (Apêndice 3, Tabela 10).

No primeiro ano, a variável plantas sem espiga não foi afetada pelos tratamentos avaliados no experimento. Na segunda safra, apenas a testemunha sem N apresentou maior esterilidade feminina do que os demais tratamentos, que não diferiram entre si (Apêndice 3, Tabela 10).

A porcentagem de plantas sem espiga é normalmente mais alta nas sementeiras tardias, principalmente quando se trabalha com altas densidades de plantas e deficiências nutricionais (SANGOI et al., 2010). No presente trabalho, esta tendência não foi confirmada, pois não houve diferenças significativas entre as épocas de sementeira e os valores de esterilidade feminina foram inferiores a 10 %, mesmo nas sementeiras realizadas em dezembro, sem aplicação de nitrogênio em cobertura.

Tabela 10 – Plantas sem espiga do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Plantas sem espiga (%)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	3,31	9,87	6,59 NS ^{2/}	66,50
V5 ^{1/}	10,81	4,43	7,62	
V10	5,59	5,00	5,30	
VT	4,36	5,87	5,12	
½ V5 e ½ 10	8,22	8,02	8,12	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	4,42	5,15	4,78	
Média	6,12 NS	6,39		
CV %	18,41			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial) 05/12 (Tardia)			
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	8,72	8,59	8,65 A ^{3/}	59,05
V5	1,57	0,82	1,19 B	
V10	2,39	2,45	2,42 B	
VT	0,38	3,97	2,18 B	
½ V5 e ½ 10	1,55	1,27	1,41 B	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	0,77	1,65	1,21 B	
Média	2,56 NS	3,13		
CV %	93,40			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Diferenças entre médias não significativas na linha ou coluna (P≥0,05).

^{3/} Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Próprio autor, 2017.

O número de espigas por planta não foi afetado pela época de semeadura e pelo estágio fenológico de aplicação de N em cobertura e nem pela interação dos dois fatores, em ambas as safras realizadas (Apêndice 3).

O número de espigas por planta variou de 0,90 a 0,97, em Lages, e de 0,95 a 1,00, em Atalanta (Tabela 11). Nas testemunhas sem N, os valores desta variável foram de 0,93 e 0,95, na primeira e segunda safra, respectivamente. Isto indica que, mesmo quando não se aplicou nitrogênio em cobertura, a maior parte das plantas produziu espigas com mais de 20 grãos, possivelmente em função do alto teor de matéria orgânica do solo em Lages e da presença da soja em rotação com o milho em Atalanta.

Tabela 11 – Número de espigas por planta do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Espiga por planta (N°)		Média	CV %
	Safra 2015/16 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	0,98	0,88	0,93 NS ^{2/}	
V5 ^{1/}	0,89	0,97	0,93	
V10	0,95	1,00	0,97	5,93
VT	1,01	0,91	0,96	
½ V5 e ½ 10	0,90	0,91	0,90	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	0,97	0,94	0,95	
Média	0,95 NS	0,93		
CV %	4,72			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial) 05/12 (Tardia)			
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	0,96	0,94	0,95 NS	
V5	1,00	1,01	1,00	
V10	1,00	0,99	0,99	3,41
VT	1,01	0,95	0,98	
½ V5 e ½ 10	1,01	1,00	1,00	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	1,01	0,99	1,00	
Média	1,00 NS	0,98		
CV %	5,00			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Diferenças entre médias não significativas na linha ou coluna (P≥0,05).

Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

No primeiro ano de cultivo, o rendimento de grãos foi influenciado pela interação dos fatores época de semeadura e estágio fenológico de aplicação de nitrogênio em cobertura. No segundo ano, houve efeito significativo de estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio em cobertura (Apêndice 3). O rendimento de grãos variou de 8.864 a 15.348 kg ha⁻¹, em 2015/2016, e de 7.396 a 16,369 kg ha⁻¹, em 2016/2017. As médias gerais de produtividade dos experimentos conduzidos em Lages e Atalanta foram de 13.138 e 12.789 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 12).

No experimento conduzido em Lages, a testemunha sem N e o tratamento com aplicação integral de nitrogênio em VT apresentaram menor rendimento de grãos do que nos demais estádios fenológicos de realização da cobertura nitrogenada, quando o milho foi semeado na época preferencial. Já na semeadura tardia, não houve diferenças no rendimento de grãos dos tratamentos com N e a testemunha. Este comportamento confirmou uma das hipóteses do trabalho de que

o potencial de resposta à fertilização nitrogenada é maior quando o milho é semeado no início da primavera.

Em 2015/2016, o rendimento de grãos foi maior na época de semeadura preferencial do que na tardia quando se realizou a cobertura nitrogenada em V5 e V10, de forma isolada ou parcelada. Já na testemunha sem N ocorreu o contrário, havendo maior produtividade na semeadura de dezembro do que na de outubro. Em nenhuma das épocas de semeadura houve diferenças significativas entre os tratamentos com aplicação integral de N em V5 ou V10 e seu fracionamento em dois (V5 + V10) ou três (V5 + V10 + VT) estádios fenológicos.

Tabela 12 – Rendimento de grãos de milho em duas épocas de semeadura, em função do estádio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	8.864 bC ^{2/}	11.479 aA	10.171	7,63
V5 ^{1/}	15.348 aA	13.022 bA	14.185	
V10	14.780 aAB	12.050 bA	13.415	
VT	12.230 aB	12.870 aA	12.550	
½ V5 e ½ 10	15.230 aA	13.918 bA	14.574	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	15.030 aA	12.831 bA	13.930	
Média	13.580	12.695		
CV %	6,30			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
	Sem N	8.324		
V5	15.171	13.470	14.321 A	
V10	15.231	12.620	13.925 A	
VT	13.004	10.448	11.726 B	
½ V5 e ½ 10	15.675	12.711	14.193 A	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	16.369	13.049	14.709 A	
Média	13.962 a ^{2/}	11.616 b		
CV %	22,26			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P < 0,05).

Fonte: Próprio autor, 2017.

No ensaio conduzido em Atalanta, os tratamentos com aplicação de N em V5, V10, V5 + V10 e V5 + V10 + VT não diferiram entre si e produziram mais grãos do que o tratamento com aplicação de todo o N em VT e a testemunha, na média das

duas épocas de semeadura. O rendimento de grãos foi maior quando o milho foi semeado em 20 de setembro do que em 5 de dezembro, na média dos estádios fenológicos de aplicação de N em cobertura.

Uma das hipóteses do trabalho é a de que o fracionamento da adubação nitrogenada de cobertura, com o fornecimento de parte do N na floração da cultura, é uma estratégia efetiva para potencializar o rendimento do milho, principalmente quando ele é semeado na época mais favorável à obtenção de altas produtividades. Este comportamento foi observado por Duete et al. (2008) que, em experimento avaliando a aplicação de diferentes doses de adubação nitrogenada de cobertura de forma única, parcelada em V4 e V8, parcelada em três vezes em V4, V8 e V12 e com quatro aplicações em V4, V8, V12 e em VT, constataram que as maiores produtividades foram obtidas quando a adubação nitrogenada de cobertura foi aplicada em quatro vezes (V4, V8, V12 e VT).

Os dados reportados na Tabela 12 não confirmaram esta hipótese, pois nas duas safras não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos com aplicação integral de nitrogênio em V5 ou V10 e o parcelamento da cobertura em duas e três vezes, tanto na semeadura feita na época preferencial quanto na tardia. Resultados similares foram obtidos por Cardoso et al. (2011), que não constataram diferenças significativas na produtividade de grãos com o uso de diferentes fontes de nitrogênio e adubação nitrogenada de cobertura aplicadas de forma única (V4), parcelada em duas vezes (V4 e V8) e três vezes (V4, V8 e V12). Cruz et al. (2008), em experimento avaliando aplicação de nitrogênio em cobertura aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura, de forma parcelada e com a aplicação de toda a dose nesses períodos, também não constataram diferenças significativa entre os tratamentos.

O fracionamento da adubação nitrogenada com aplicação de parte do nitrogênio no florescimento tem maior potencial para aumentar o rendimento de grãos do milho quando são utilizados híbridos com grande precocidade e alto potencial produtivo (BRUIN; BUNTZEN, 2014). Apesar da dose de N aplicada em cobertura (300 kg ha^{-1}) ter sido definida almejando tetos produtivos de $21.000 \text{ kg ha}^{-1}$, a máxima produtividade registrada no trabalho foi de $16.369 \text{ kg ha}^{-1}$. Além disto, o híbrido utilizado (P30F53YH/P30F53VYH) não possui alta precocidade e apresenta grande estabilidade produtiva em diferentes ambientes. É possível que estas características tenham mitigado o efeito benéfico do fracionamento da adubação nitrogenada no presente trabalho.

De uma maneira geral, quando se aplicou nitrogênio o rendimento de grãos foi maior na semeadura feita na época preferencial do que na tardia. Este comportamento era esperado, uma vez que o potencial produtivo do milho é mais alto quando a cultura é semeada no início do que no final da primavera na região sul do país. Isto se deve à coincidência do período de maior área foliar da cultura, que ocorre no florescimento, com a época do ano de temperaturas elevadas e de maior disponibilidade de radiação solar (SANGOI et al., 2010). Já as semeaduras tardias apresentam menor potencial de rendimento, pois o florescimento vai ocorrer quando a radiação solar e a temperatura do ar são mais baixas, prejudicando o enchimento de grãos (MUNDSTOCK; SILVA, 2005).

Contudo, um ponto importante a destacar é o efeito que a época de semeadura pode ter sobre a disponibilidade de nitrogênio proveniente da mineralização da matéria orgânica do solo e dos restos culturais da cultura antecedente, principalmente em regiões mais altas, onde o inverno é mais longo e o início da primavera possui temperaturas mais baixas. Os dados da Tabela 12 mostram que sempre que aplicou nitrogênio na fase de desenvolvimento vegetativo da cultura o rendimento de grãos do milho foi maior na semeadura de outubro do que na de dezembro. Por outro lado, na testemunha sem N o rendimento de grãos na semeadura tardia foi 2.615 kg ha⁻¹ maior na semeadura tardia. Isto provavelmente ocorreu porque no final da primavera e início do verão as maiores temperaturas do solo estimularam a mineralização da matéria orgânica, aumentando a disponibilidade de nitrogênio para o desenvolvimento das plantas.

Outro aspecto que merece ser destacado é a importância da aplicação de nitrogênio em cobertura, mesmo que tardiamente no pendoamento da cultura. Em ambos os anos agrícolas, ficou evidente o incremento em produtividade com a aplicação de nitrogênio no estágio VT, em relação a testemunha sem aplicação de nitrogênio em cobertura. Houve um incremento de produtividade de 3.366 e 4.680 kg de grãos ha⁻¹ na época preferencial de semeadura para os anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017. Na época tardia de semeadura, esse incremento de produtividade foi de 1.391 e 3.052 kg de grãos ha⁻¹, respectivamente. Estes dados corroboram as afirmações de Bruin & Buntzen (2014) de que os híbridos contemporâneos têm grande capacidade de absorção de nitrogênio durante o enchimento de grãos.

A massa de 1000 grãos foi influenciada pelo efeito principal do estágio fenológico de aplicação de nitrogênio em cobertura na primeira safra e pelos efeitos principais da época de semeadura e estádios fenológicos de aplicação de N em cobertura na segunda safra (Apêndice 3).

Tabela 13 – Massa de 1000 grãos de milho, em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Massa de 1000 grãos (g)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	348	356	352 B ^{3/}	3,66
V5 ^{1/}	397	389	393 A	
V10	404	390	397 A	
VT	404	391	397 A	
½ V5 e ½ 10	400	393	396 A	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	419	396	407 A	
Média	395 NS ^{2/}	386		
CV %	3,35			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial) 05/12 (Tardia)			
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	277	276	277 B	3,04
V5	336	333	334 A	
V10	340	317	328 A	
VT	336	337	337 A	
½ V5 e ½ 10	344	324	334 A	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	345	331	338 A	
Média	329 a	320 b		
CV %	2,87			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Diferenças entre médias não significativas na linha ou coluna (P ≥ 0,05).

^{3/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P < 0,05).

Fonte: Próprio autor, 2017.

Em ambas as safras, a testemunha sem N produziu grãos mais leves do que nos demais tratamentos com aplicação de N em diferentes estádios fenológicos, os quais não diferiram entre si (Tabela 13). Isto ocorreu porque a não realização da cobertura nitrogenada reduziu o teor de clorofila da folha índice e o IAF da cultura durante o enchimento de grãos (Tabelas 3 e 4). Com isto, a duração do período de enchimento de grãos na testemunha foi provavelmente menor, gerando a produção de grãos mais leves (Figuras 3 e 4). Este comportamento corrobora com os observados por Cruz et al. (2008) e Cardoso et al. (2011), que constataram menor

massa de grãos na testemunha sem N do que nos demais tratamentos envolvendo diferentes épocas de aplicação do nitrogênio em cobertura. Entretanto, eles diferem dos dados reportados por Duete et al. (2008), que não constataram diferenças significativas entre a testemunha e os demais tratamentos envolvendo aplicação da adubação nitrogenada de cobertura de forma única e parcelada.

Por outro lado, esperava-se que o fracionamento da adubação nitrogenada com a aplicação de parte do nitrogênio no pendoamento prolongasse a duração do período de enchimento de grãos e aumentasse a massa de 1.000 grãos, principalmente na semeadura feita no início da primavera. Esta expectativa não foi confirmada, pois não houve diferenças significativas na massa de 1.000 grãos entre os tratamentos com a dose de N aplicada integralmente num estágio fenológico ou parcelada em duas e três vezes.

Nos dois anos agrícolas, os valores numéricos da massa de 1.000 grãos foram maiores na semeadura feita na época preferencial do que na tardia. Contudo, apenas em Atalanta estas diferenças foram estatisticamente significativas. De acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000), a cultura do milho é mais suscetível à redução na massa de grãos por ocasião da ocorrência de estresse luminoso nos estádios reprodutivos. Isto pode explicar a menor massa de 1000 grãos observada na época tardia de semeadura, quando o período de enchimento de grãos está concentrado no final do verão e no início do outono, quando dos dias são mais curtos e a disponibilidade de radiação solar é menor.

Os valores de número de grãos por espiga podem ser observados na Tabela 14. No primeiro ano de cultivo, houve influência significativa dos efeitos principais da época de semeadura e dos estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio em cobertura sobre esta variável. No segundo ano de cultivo, os estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio em cobertura influenciaram significativamente o número de grãos por espiga.

Em 2015/2016, foram produzidos de 382 a 521 grãos por espiga. A testemunha sem N teve espigas com menos grãos do que os tratamentos com aplicação do nutriente em V5 e V10, de forma isolada ou parcelada. As espigas produziram menos grãos na semeadura de outubro do que na de dezembro, na média dos estádios fenológicos de aplicação de N.

Na safra 2016/2017, a testemunha sem N e o tratamento com aplicação integral em VT produziram espigas com menos grãos do que nos demais estádios fenológicos de aplicação do fertilizante nitrogenado. Isto contribuiu para o menor rendimento de grãos registrado nestes tratamentos (Tabela 12), corroborando as observações feitas por Bortolini et al. (2000). Estes autores, avaliando diferentes doses e épocas de aplicação de N, também verificaram que o número de grãos por espiga foi o componente mais associado ao rendimento de grãos. Forsthofer et al. (2006), estudando o desempenho agrônômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura, também constataram que a elevação no rendimento de grãos com a melhoria do nível de manejo está associada à elevação do número de grãos produzidos por espiga e por área.

Tabela 14 – Número de grãos por espiga do milho em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Grãos por espiga (n°)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	382	475	428 B ^{3/}	
V5 ^{1/}	512	517	515 A	
V10	504	480	492 A	
VT	446	480	463 AB	7,04
½ V5 e ½ 10	521	504	513 A	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	468	474	471 AB	
Média	472 b	488 a		
CV %	1,93			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	352	327	340 C	
V5	523	471	497 A	
V10	517	474	496 A	
VT	444	380	412 B	6,99
½ V5 e ½ 10	616	465	419 A	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	537	467	502 A	
Média	481 NS ^{2/}	431		
CV %	19,60			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Diferenças entre médias não significativas na linha ou coluna (P ≥ 0,05).

^{3/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P < 0,05).

Fonte: Próprio autor, 2017.

No segundo ano de cultivo, as espigas produzidas pelo milho semeado em setembro produziram 50 grãos a mais do que as do milho implantado em dezembro, na média dos estádios fenológicos de aplicação de nitrogênio. Esta diferença não foi estatisticamente significativa em função do alto coeficiente de variação da variável e do baixo número de grãos de liberdade do fator alocado na parcela principal. Contudo, ela contribuiu para a maior produtividade do milho na época preferencial em Atalanta (Tabela 12).

4.8 PLANTAS ACAMADAS E QUEBRADAS

No experimento implantado em Lages, a porcentagem de plantas quebradas e acamadas não foram influenciadas pela época de semeadura e estágio fenológico de aplicação de N em cobertura (Apêndice 4, Tabela 15 e Tabela 16).

Tabela 15 – Plantas quebradas de milho, em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Plantas quebradas (%)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	0,5	0,0	0,0	26,84
V5 ^{1/}	0,0	0,3	0,0	
V10	0,5	0,0	0,0	
VT	0,0	0,5	0,3	
½ V5 e ½ 10	0,5	1,6	0,3	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	1,0	0,5	0,0	
Média	0,1 NS	0,1		
CV %	45,21			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
	Sem N	1,2 aA ^{3/}		
V5	2,4 bA	30,6 aA	16,5	
V10	1,6 bA	33,3 aA	17,4	
VT	0,4 aA	4,8 aC	2,6	
½ V5 e ½ 10	3,1 bA	28,5 aAB	15,8	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	0,8 bA	26,9 aAB	13,8	
Média	1,6	22,1		
CV %	76,73			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Diferenças entre médias não significativas na linha ou coluna (P≥0,05).

^{3/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P<0,05).

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Os valores registrados para estas duas variáveis no Planalto Catarinense foram inferiores a 2 % em todos os tratamentos, mostrando que houve ótima sustentabilidade do colmo até a colheita. A baixa percentagem de plantas acamadas e quebradas neste ambiente possivelmente se deve ao genótipo utilizado no experimento. Neste sentido, o híbrido P30F53 foi classificado como altamente resistente ao acamamento de plantas na indicação de cultivares para a safra 2015/16 (CULTIVAR, 2015).

Já em Atalanta, a interação dos fatores época de semeadura e estágio fenológico de aplicação do N em cobertura influenciou a percentagem de colmos quebrados, e não houve efeito significativo de época de semeadura e nem de estágio fenológico de aplicação de N em cobertura na variável plantas acamadas (Tabela 16).

Tabela 16 – Plantas acamadas de milho, em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Plantas acamadas (%)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	0,0	0,0	0,0 NS ^{2/}	
V5 ^{1/}	0,0	0,0	0,0	
V10	0,0	0,0	0,0	14,29
VT	0,0	0,5	0,3	
½ V5 e ½ 10	0,5	0,0	0,3	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	0,0	0,0	0,0	
Média	0,1 NS	0,1		
CV %	17,48			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial) 05/12 (Tardia)			
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	0,0	20,9	10,4 NS ^{2/}	
V5	0,0	21,3	10,6	
V10	0,0	24,2	12,1	32,38
VT	0,0	29,6	14,8	
½ V5 e ½ 10	0,0	28,3	14,2	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	0,0	32,8	16,4	
Média	0,0 NS	26,2		
CV %	151,16			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Diferenças entre médias não significativas na linha ou coluna (P≥0,05).

^{3/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

Na época preferencial de semeadura, não houve diferenças na porcentagem de colmos quebrados entre os estádios fenológicos de aplicação do nitrogênio (Tabela 15). Já na semeadura tardia, as menores porcentagens de colmos quebrados foram obtidas nos tratamentos sem N e com todo o fertilizante aplicado em VT. Coincidentemente, estes foram também os tratamentos com menor rendimento de grãos (Tabela 12). Como os grãos representam aproximadamente 50 % da massa total de parte área da planta de milho na colheita, é provável que isto tenha contribuído para reduzir a quebra de colmos nestes tratamentos.

Em 2016/2017, a porcentagem de colmos quebrados e acamados foi maior na semeadura tardia do que na época preferencial. Isto pode ser atribuído a maior altura de inserção de espiga (Tabela 6) e a maior incidência de podridões de colmo (Tabela 8) registradas quando o milho foi semeado em dezembro no Alto Vale do Itajaí. Espigas mais longe do solo deslocam o centro de gravidade da planta, predispondo o colmo a quebra e acamamento (SANGOI et al., 2001). A incidência de patógenos nos entrenós inferiores e a ocorrência de uma chuva com ventos fortes cerca de uma semana antes da colheita acentuaram esta característica.

4.9 EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO USO DE NITROGÊNIO

A eficiência agronômica do uso de nitrogênio (EUN) foi influenciada pelos efeitos principais época de semeadura e estágio fenológico de aplicação de nitrogênio em cobertura nos dois anos de condução do trabalho (Apêndice 1). A EUN foi maior na semeadura feita na época preferencial do que na tardia, tanto em Lages quanto em Atalanta, independentemente do estágio de aplicação do fertilizante nitrogenado (Tabela 17).

Nos dois anos de condução do trabalho, os menores valores de eficiência de uso do nitrogênio foram obtidos quando o fertilizante foi aplicado integralmente no pendoamento. A aplicação total de N na floração recupera parcialmente os prejuízos ocasionados pela deficiência nitrogenada na fase vegetativa. Isto foi evidenciado pelo comportamento da massa de 1.000 grãos, que não diferiu estatisticamente entre os tratamentos com aplicação de N em V5, V10 ou VT (Tabela 13). Contudo, ela não é capaz de compensar os efeitos da falta de N na fase de desenvolvimento vegetativo sobre os componentes do rendimento que são definidos antes do

pendoamento. Isto acabou reduzindo o rendimento de grãos do tratamento com aplicação integral de nitrogênio em VT e, conseqüentemente, a eficiência de uso do nitrogênio à produção de grãos.

Tabela 17 – Eficiência do uso de nitrogênio em duas épocas de semeadura, em função do estágio fenológico de aplicação do N em cobertura, nos anos agrícolas 2015/2016 e 2016/2017.

Estádio (s) Fenológico de Aplicação de N	Eficiência do Uso de N (kg . kg ⁻¹)		Média	CV %
	Safra 2015/2016 (Lages – SC)			
	15/10 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	-	-	-	
V5 ^{1/}	21,6	5,1	13,4 AB ^{2/}	29,02
V10	19,7	1,9	10,8 AB	
VT	11,2	4,6	7,9 B	
½ V5 e ½ 10	21,2	8,1	14,7 A	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	20,5	4,5	12,5 AB	
Média	18,9 a	4,9 b		
CV %	64,34			
	Safra 2016/2017 (Atalanta – SC)		Média	CV %
	20/09 (Preferencial)	05/12 (Tardia)		
Sem N	-	-	-	
V5	22,8	20,2	21,5 A	27,41
V10	23,0	17,4	20,2 A	
VT	9,8	10,1	10,0 B	
½ V5 e ½ 10	24,5	17,7	21,1 A	
⅓ V5, ⅓ V10 e ⅓ VT	26,8	18,8	22,8 A	
Média	21,4 a	16,9 b		
CV %	29,02			

^{1/} V5 – cinco folhas expandidas; V10 – 10 folhas expandidas; VT – pendoamento, de acordo com escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993); Dose única de 300 kg de N ha⁻¹.

^{2/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade (P<0,05).

Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

Nos dois anos de estudo, não houve diferenças na eficiência de uso do N entre a aplicação do nutriente integralmente em V5 ou V10 e o seu parcelamento em duas ou três vezes. Em nenhum dos tratamentos a EUN superou 27 kg de grãos por kg de N aplicado. Portanto, os valores obtidos foram inferiores aos reportados por Mota et al. (2015) e Sangoi et al. (2015), que obtiveram EUN oscilando entre 30 e 60, dependendo da dose e fonte de nitrogênio utilizada.

5 CONCLUSÕES

A eficiência de uso do nitrogênio à produção de grãos é maior quando a semeadura do milho é feita no início da primavera, independentemente do estágio fenológico de realização da cobertura nitrogenada.

O parcelamento da cobertura nitrogenada em duas (V5 + V10) ou três vezes (V5 + V10 + VT) não aumenta o rendimento de grãos em relação à aplicação integral do nitrogênio em V5 ou V10, independentemente da época de semeadura.

A aplicação integral de nitrogênio em VT recupera parcialmente os prejuízos ao rendimento de grãos ocasionados pela deficiência de nitrogênio na fase vegetativa do milho.

Nas condições em que se desenvolveu o trabalho, o parcelamento da adubação nitrogenada não é uma prática cultural que traga vantagens agronômicas ao milho, tanto na semeadura feita na época preferencial quanto na tardia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação nitrogenada de cobertura é essencial ao milho, devido à sua alta exigência em nitrogênio, a baixa demanda por N na fase inicial do ciclo e à grande instabilidade do nutriente no solo. A forma como esta operação é realizada deve ser a que proporcione a maior produtividade possível. Neste sentido, dois pontos importantes a definir para otimizar a eficiência de uso do nitrogênio à produção de grãos são o estágio fenológico de realização da cobertura nitrogenada e a sua interação com a época de semeadura.

O presente trabalho foi concebido com base nos resultados promissores obtidos nos Estados Unidos com a aplicação de N em cobertura de forma parcelada, com parte do nitrogênio sendo fornecido no florescimento da cultura. O experimento foi pautado em duas hipóteses: a) a resposta do milho ao estágio fenológico de realização da cobertura nitrogenada depende da época de semeadura; b) existe maior potencial de resposta do rendimento de grãos ao fracionamento da cobertura nitrogenada e as coberturas nitrogenadas tardias nas semeaduras feitas no início da primavera.

Os dados obtidos evidenciaram que a eficiência de uso do nitrogênio foi maior quando o milho é semeado na época preferencial (início da primavera) do que na semeadura tardia (final da primavera). Este resultado era esperado, uma vez que é semeadura do milho no final de setembro/início de outubro é mais propícia alcançar altas produtividades, em função do melhor aproveitamento de radiação solar que favorece a absorção e a assimilação do nitrogênio pela planta. A hipótese de que o parcelamento da cobertura nitrogenada, com aplicação de parte do N no pendoamento, é uma estratégia para potencializar o rendimento de grãos do milho não foi confirmada nas condições de realização do trabalho, independentemente da época de semeadura. Esperava-se que esta estratégia de manejo mantivesse as folhas fisiologicamente ativas por mais tempo, prolongando a duração da área foliar, aumentando a massa de grãos e o rendimento. Esta expectativa de resposta era maior para a semeadura feita no início da primavera, na qual o enchimento de grãos ocorre nos meses com dias mais longos e maior disponibilidade de radiação. Os dados referentes a IAF (Tabela 3), teor de clorofila na folha índice (Tabela 4), massa de 1.000 grãos (Tabela 13) e rendimento de grãos (Tabela 12) não corroboraram esta hipótese. Estes dados mostram que não houve diferenças significativas entre os

tratamentos com aplicação integral de N em V5 e V10 ou parcelada em três vezes (V5 + V10 + VT).

Vários motivos podem ser arrolados para explicar os resultados obtidos. Um deles foi a alta dose de fertilizante nitrogenado aplicada ($300 \text{ kg de N ha}^{-1}$), em relação aos tetos de produtividade alcançados (inferiores a $16.000 \text{ kg ha}^{-1}$). Isto provavelmente gerou em excesso de N disponível, reduzindo a eficiência de uso do nitrogênio, rendimento de grãos e mitigando os benefícios do parcelamento da fertilização nitrogenada. Outro fator que merece ser mencionado, são as características de estabilidade produtiva e baixa precocidade do híbrido P30F53. Os resultados positivos obtidos com aplicação de uma parte do nitrogênio no pendoamento sobre o rendimento de grãos são mais consistentes com produtividades acima de $20.000 \text{ kg ha}^{-1}$ e híbridos hiper e superprecoces.

Portanto, o parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura em milho é um tema que precisa ser melhor estudado, avaliando o efeito de diferentes métodos, em diferentes estádios de aplicação, com diferentes doses, em híbridos de ciclos contrastantes. Somente dessa forma será possível avaliar se o fracionamento da adubação nitrogenada, com aplicação de parte da dose no florescimento, é uma estratégia efetiva para potencializar a produtividade de milho quando este é semeado na época preferencial.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ARGENTA, G. et al. **Conhecendo a planta de milho para explorar seu potencial genético através do manejo**. SINFORME Nº 1. Uberlândia, 2006. 6p.

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.

BERGAMASCHI, H. et al. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, v.1, p.23-27, 2001

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. et al. Adubação nitrogenada em pré-semeadura e seus efeitos sobre o rendimento do milho em sucessão a aveia preta. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. 2000. p. 250.

BRACHTVOGEL, E. L. **Densidades e arranjos populacionais de milho e componentes agronômicos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

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.

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

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H., (eds). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p.148-196.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-470, 2007.

CARDOSO, S. de M. et al. Fontes e parcelamento do nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 23-28, 2011.

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

CECÍLIO FILHO, A. B. et al. Épocas de cultivo e parcelamento da adubação nitrogenada para rúcula / Growing seasons and fractional fertilization for arugula. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 3, p. 252, 2014.

COELHO, A.M. **Manejo da Adubação Nitrogenada na Cultura do Milho**. Embrapa Milho e Sorgo (Circular Técnica 96). Sete Lagoas: 2007. 11 p.

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: Grãos Safra 2015/2016**. 2016. Disponível em:<

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_09_00_46_boletim_graos_janeiro_2016.pdf > Acesso em: 28 set. 2016.

CONAB. **Acompanhamento da safra Brasileira: Grãos Safra 2016/2017**. 2017. Disponível em: <

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_09_09_16_09_boletim_graos_marco_2017.pdf> Acesso em: 25 abr. 2017.

CRUZ, J. K. et al. **Manejo da Cultura do Milho**. Embrapa Milho e Sorgo (Circular Técnica 87). Sete Lagoas: 2006. 12 p.

CRUZ, J.C. et al. **Cultivo do Milho**: Plantio. 6. ed. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas: 2010. (Sistemas de Produção, 1). Disponível em: <

http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm >. Acesso em: 07 abr. 2017.

CRUZ, S. et al. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho irrigado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 370-375, 2008.

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

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 do milho. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 635-639, 2001.

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

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). **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. 2010. Disponível em: < <http://ciram.epagri.sc.gov.br/images/documentos/ZonAgroecoMapas.pdf> > Acesso em: 25 mai. 2017.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2015-2016**. 2016. Disponível em: < http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2016.pdf >. Acesso em: 08 mar. 2017.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2014-2015**. 2015. Disponível em: < http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2015.pdf >. Acesso em: 10 mar. 2017.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). **Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrologia de Santa Catarina (CIRAM)**. 2017.

ERNANI, P. R.; **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. Lages, SC: Graphel, 2003. 76 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Corn**. In: FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. (Eds.). *Growth and mineral nutrition of field crops*. 3. ed. Madison: Marcel Decker, p. 313-342. 2011.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 88, p. 97-185, 2005.

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

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

FORSTHOFER, E. L.; et al. Desenvolvimento fenológico e agrônomico de três híbridos de milho em três épocas de semeadura. **Ciência rural**. Santa Maria. Vol. 34, n. 5, p. 1341-1348, set./out. 2004.

FORSTHOFER, E. L.; et al. Desempenho agrônômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesq. agropec. bras.** vol.41 no.3 Brasília Mar. 2006.

FORSTHOFER, E. L.; **Rendimento De Grãos e Desempenho Econômico do Milho Em Cinco Níveis de Manejo e Três Épocas de Semeadura.** 2004. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2004.

GADIOLI, J. L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 377-383, 2000.

KOSGEY, J.R. et al. Dry matter accumulation and post-silking N economy of stay green maize hybrids. **European Journal of Agronomy**, v.51, p. 43-52, 2013.

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

LERAYER, A. et al. **Guia do milho tecnologia do campo a mesa.** Conselho de Informações sobre Biotecnologia. 2006. 15 p. Disponível em: <
http://www.cib.org.br/pdf/guia_do_milho_CIB.pdf>. Acesso em: 17 abr 2017.

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

MAGALHAES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho.** Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, 2006. 10 p. (Circular Técnica, 76).

MAPA. **Milho.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>. Acesso em: 01/06/2015.

MARCHI, S. L. **Interação entre desfolha e população de plantas na cultura do milho na Região Oeste do Paraná.** 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, Paraná, 2008.

MIRANDA; R.A. de.; DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C. **Cultivo do Milho: Economia da Produção.** 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Sistema de Produção, I). Disponível em: <
http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/economia.htm>. Acesso em: 07 mar. 2017.

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. et al. 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, n. 2, 2015.

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

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

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

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

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

PORTUGAL, A. V. **Fontes de nitrogênio no cultivo de milho em sistema plantio direto: Avaliação econômica e produtividade**. 2012. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária). Universidade José do Rosário Vellano. Alfenas, Minas Gerais, 2012.

PÖTKKER, D.; WIETHÖLTER, S.; Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1015-1020, jul-ago, 2004.

PRADO, R. M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 500p.

RAMBO, L.; et al. Testes de nitrato no solo como indicadores complementares no manejo da adubação nitrogenada em milho. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1279-1287, 2004.

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

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

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. et al. Cobertura nitrogenada como estratégia para reduzir os prejuízos da desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 190-196, 2013.

SANGOI, L. et al. Desempenho agrônômico 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, n. 4, 2015.

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

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

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

SANGOI, L. et al. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**. vol.33, n.4, pp.687-692. 2003.

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

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; 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 agrônômico do milho em ambientes de alto manejo**. 2014. 226 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2014.

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

SERPA, M. da S. et al. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro. **Pesq. agropec. bras.** vol.47 no. 4 Brasília Apr. 2012.

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

SIEGA, Paula Cristina et al. **Efeito da época de semeadura na produção de grãos de híbridos de milho**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2015.

SILVA, E.C. et al. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.725-733, 2005.

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

SOUZA, A. C. de; et al. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agronômicas do milho. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.25, n.2, p.321-329, mar./abril, 2001.

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

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

TASCA, F. A. et al. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 35, n. 2, p. 493-502, 2011.

TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, Ames, v. 37, n.2, p. 305-311, apr/june.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**, v. 27, n. 4, p. 609-613, 2002.

ULLOA, A.M.C.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. **Utilização do nitrogênio fertilizante por dois híbridos de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 66p.

USDA (United States Department of Agriculture). **Notícias agrícolas**. 2015. Disponível em: < <http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/usda/> >. Acesso em: 15 out. 2015.

USDA (United States Department of Agriculture). **Notícias agrícolas**. 2016. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/usda/173115-usda-espera-producao-menor-de-soja-na-safra-201516-com-reducao-de-area-e-productividade.html#.WL89G_krLIU> Acesso em: 07 mar. 2017.

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

WHITE, D. G. Compendium of Corn Diseases. APS Press St. **Paul, Minnesota USA**, 1999.

YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar?** Informações Agronômicas, Piracicaba: POTAFOS, n.74, p.1-5, 1996.

8 APÊNDICES

Apêndice 1 – Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis Altura de Inserção de Espigas e Estatura de Plantas de milho nos anos agrícola 2015/2016 e 2016/2017.

Fontes de Variação	GL ^{1/}	Altura de Inserção de Espigas	Estatura de Plantas	Eficiência do Uso de Nitrogênio
<u>Ano Agrícola 2015/16 (Santa Terezinha do Salto, Lages – SC)</u>				
Bloco	2	0,1341 ns	1,6854 ns	0,7325 ns
Época de semeadura fator (A)	1	2,3051 ns	2,0571 ns	25,2284 *
Resíduo A	2			
Estádio Fenológico de Aplicação de N fator (B)	5	10,3091 **	2,1142 ns	3,4486 *
Interação AB	5	11,4021 **	1,1891 ns	2,5536 ns
Resíduo B	20			
Total	35			
<u>Ano Agrícola 2016/17 (Ribeirão Matilde, Atalanta – SC)</u>				
Bloco	3	0,4049 ns	0,4472 ns	7,7010 *
Época de semeadura fator (A)	1	14,2056 *	8,7730 ns	6,5999 ns
Resíduo A	3			
Estádio Fenológico de Aplicação de N fator (B)	5	9,2622 **	13,5376 **	7,8824 **
Interação AB	5	1,0673 ns	1,8969 ns	0,8398 ns
Resíduo B	30			
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 ($p \geq 0,05$).

Apêndice 2 – Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis grãos ardidos, podridões de Colmo e diâmetro de colmos nos anos agrícola 2015/2016 e 2016/2017.

Fontes de Variação	GL ^{1/}	Grãos Ardidos	Podridões de Colmo	Diâmetro de Colmos
<u>Ano Agrícola 2015/16 (Santa Terezinha do Salto, Lages – SC)</u>				
Bloco	2	2,9309 ns	0,1548 ns	2,1111 ns
Época de semeadura fator (A)	1	9,6958 ns	5,2445 ns	6,4811 ns
Resíduo A	2			
Estádio Fenológico de Aplicação de N fator (B)	5	0,9309 ns	0,8788 ns	5,4488 **
Interação AB	5	0,4250 ns	0,3574 ns	
Resíduo B	20			2,4987 ns
Total	35			
<u>Ano Agrícola 2016/17 (Ribeirão Matilde, Atalanta – SC)</u>				
Bloco	3	0,4312 ns	0,6657 ns	0,1525 ns
Época de semeadura fator (A)	1	29,2064 *	16,1217 *	0,9025 ns
Resíduo A	3			
Estádio Fenológico de Aplicação de N fator (B)	5	2,0794 ns	9,3797 **	0,5904 ns
Interação AB	5	1,2623 ns	1,1895 ns	1,1616 ns
Resíduo B	30			
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 ($p \geq 0,05$)

Apêndice 3 – Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis rendimento de grãos, grãos por espiga, espiga por planta, massa de 1000 grãos e plantas sem espiga nos anos agrícola de 2015/2016 e 2016/2017.

Fontes de Variação	GL ^{1/}	Rendimento de Grãos	Grãos por Espiga	Espiga por Planta	Massa de 1000 grãos	Plantas sem espigas
<u>Ano Agrícola 2015/16 (Santa Terezinha do Salto, Lages – SC)</u>						
Bloco	2	4,8103 ns	23,3447 *	1,8190 ns	0,1382 ns	0,0213 *
Época de semeadura fator (A)	1	11,2273 ns	27,9211 *	1,4048 ns	4,6708 ns	0,4987 ns
Resíduo A	2					
Estádio Fenológico de Aplicação de N fator (B)	5	15,5383**	5,7070 **	1,1583 ns	10,9596**	0,6809 ns
Interação AB	5	6,5588 **	2,3709 ns	2,5189 ns	0,7836 ns	1,5013 ns
Resíduo B	20					
Total	35					
<u>Ano Agrícola 2016/17 (Ribeirão Matilde, Atalanta – SC)</u>						
Bloco	3	0,7479 ns	0,4699 ns	1,5466 ns	2,6490 ns	1,2910 ns
Época de semeadura fator (A)	1	8,1533 *	3,8681 ns	1,4013 ns	12,9454 *	0,2208 ns
Resíduo A	3					
Estádio Fenológico de Aplicação de N fator (B)	5	51,8202**	34,7024**	2,4564 ns	45,7972**	5,4464 **
Interação AB	5	1,4450 ns	0,4869 ns	0,9984 ns	2,1787 ns	0,4037 ns
Resíduo B	30					
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 ($p \geq 0,05$)

Apêndice 4 – Valores de F segundo a análise de variância para as variáveis plantas acamadas e plantas quebradas nos anos agrícola 2015/2016 e 2016/2017.

Fontes de Variação	GL ^{1/}	Plantas Quebradas	Plantas Acamadas
<u>Ano Agrícola 2015/16 (Santa Terezinha do Salto, Lages – SC)</u>			
Bloco	2	0,0735 ns	0,3358 ns
Época de semeadura fator (A)	1	0,0138 ns	0,0037 ns
Resíduo A	2		
Estádio Fenológico de Aplicação de N fator (B)	5	1,0047 ns	0,8011 ns
Interação AB	5	0,8311 ns	1,1989 ns
Resíduo B	20		
Total	35		
<u>Ano Agrícola 2016/17 (Ribeirão Matilde, Atalanta – SC)</u>			
Bloco	3	1,6577 ns	1,0000 ns
Época de semeadura fator (A)	1	19,1569 *	8,7258 ns
Resíduo A	3		
Estádio Fenológico de Aplicação de N fator (B)	5	5,8478 **	0,6195 ns
Interação AB	5	3,2512 *	0,6195 ns
Resíduo B	30		
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 ($p \geq 0,05$)

Apêndice 5 – Valores de F segundo da análise de variância para as variáveis Índice de área foliar e teor relativo de clorofila (índice SPAD) de milho durante os anos agrícola 2015/2016 e 2016/2017.

Fontes de Variação	GL ^{1/}	Índice de Área Foliar	Teor Relativo de Clorofila
<u>Ano Agrícola 2015/16 (Santa Terezinha do Salto, Lages – SC)</u>			
Bloco	2	3,4522 ns	3,9790 ns
Época de semeadura fator (A)	1	31,4945 *	345,0145 **
Resíduo A	2		
Estádio Fenológico de Aplicação de N fator (B)	5	4,4587 **	41,5549 **
Interação A B	5	1,4498 ns	15,2348 **
Resíduo B	20		
Subparcelas	35		
Dias Após Espigamento fator (C)	5	492,0726 **	682,6007 **
Interação A C	5	6,0787 **	361,7758 **
Interação B C	25	5,6660 **	6,6794 **
Interação A B C	25	3,2579 **	7,4693 **
Resíduo C	120		
Total	215		
CV ^{2/} (%) Época de Semeadura		14,52	8,85
CV (%) Estádio Fenológico de Aplicação de N		27,90	2,54
CV (%) Dias Após Espigamento		4,70	6,66
<u>Ano Agrícola 2016/17 (Ribeirão Matilde, Atalanta – SC)</u>			
Bloco	3	0,3644 ns	4,3377 ns
Época de semeadura fator (A)	1	0,5239 ns	8,7450 ns
Resíduo A	3		
Estádio Fenológico de Aplicação de N fator (B)	5	35,4390 **	32,2240 **
Interação AB	5	1,2505 ns	0,9578 ns
Resíduo B	30		
Subparcelas	47		
Dias Após Espigamento fator (C)	4	610,9370 **	32,6432 **
Interação A C	4	10,4832 **	7,8730 **
Interação B C	20	9,9511 **	2,0081 **
Interação A B C	20	2,4922 **	1,3016 ns
Resíduo C	144		
Total	239		
CV (%) Época de Semeadura		33,36	17,82
CV (%) Estádio Fenológico de Aplicação de N		15,82	14,66
CV (%) Dias Após Espigamento		5,85	17,80

^{1/}GL = Graus de liberdade;

^{2/}CV = coeficiente de variação;

** 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 ($p \geq 0,05$).