

Lillian Matias de Oliveira

**DOSES DE NITROGÊNIO, SILICATOS E FUNGICIDAS EM CULTIVAR DE
ARROZ IRRIGADO SENSÍVEL À BRUSONE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Enio Marchesan

Santa Maria, RS
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Oliveira, Lillian Matias de
Doses de nitrogênio, silicatos e fungicidas em
cultivar de arroz irrigado sensível à brusone / Lillian
Matias de Oliveira.-2016.
76 p.; 30cm

Orientador: Enio Marchesan
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, RS, 2016

1. Oryza sativa 2. Pyricularia oryzae 3. Controle de
doenças 4. Qualidade industrial do grão I. Marchesan,
Enio II. Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Lillian Matias de Oliveira. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: lillianoliveira4@hotmail.com

Lillian Matias de Oliveira

**DOSES DE NITROGÊNIO, SILICATOS E FUNGICIDAS EM CULTIVAR DE
ARROZ IRRIGADO SENSÍVEL À BRUSONE**

Dissertação apresentada ao Curso de
Pós-Graduação em Agronomia da
Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM, RS), como requisito parcial
para obtenção do título de **Mestre em
Agronomia**.

Aprovado em 29 de fevereiro de 2016:



Enio Marchesan, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Ivan Francisco Dressler da Costa, Dr. (UFSM)



Cley Donizeti Martins Nunes, Dr. (Embrapa Clima Temperado)

Santa Maria, RS
2016

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais José Maria Araújo de Oliveira e Luiza Matias de Oliveira
que muitas vezes abdicaram dos seus sonhos para que os meus fossem
realizados e aos meus irmãos Thais Matias de Oliveira e José Willian Matias de
Oliveira pelo companheirismo, amor e amizade.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela FÉ que fez eu superar todos os obstáculos.

Aos meus pais e irmãos pela confiança e amor, que não mediram esforços para que mais uma etapa em minha vida fosse concluída.

A toda minha família pelo apoio, amor, palavras de incentivo e principalmente por entenderem a minha ausência nos momentos em família.

Ao professor Enio Marchesan, pela orientação, compreensão, paciência e incentivo para a conclusão do trabalho.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia por toda oportunidade e infraestrutura.

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos professores: Fernando Nicoloso, Leandro Silva, Marlove Muniz, Sidinei Lopes, João Marcelo e a pesquisadora Valácia Silva Lobo por toda a disponibilidade em sanar as dúvidas encontradas.

Ao Dr. Cley Nunes e Ivan da Costa, membro da banca examinadora, por todas as contribuições.

Aos funcionários Fernando, Júnior, Régis e Marisa por todos os serviços e ensinamentos prestados.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Arroz Irrigado (GPai): Gerson Sartori, Guilherme Cassol, Lucas Coelho, Maurício de Oliveira, Mara Grohs, Silvana Fin, Anelise Lencina, Bruno Aramburu, Camille Flores, Gabriel Donato, Isabel Werle, Marcos Murari, Marília Ferreira, Ricardo de David, Roberto Schütz, e Vinicius Trivisol, sem a ajuda e o carinho de vocês a conclusão dessa etapa seria bem mais difícil.

Aos ex-colegas do GPai: Gustavo Teló, Dâmaris Hansel, Elisa Gollo, Robson Giacomeli, Alana Wandscheer, Guilherme Pozzobon, João Farenzena, Rafael Milanesi e Alex Freitas, pela amizade e contribuição nesses anos.

Aos amigos, em especial, Jaomara da Silva, Carla Coelho, Ariele Andrade e Pablo Coutinho, mesmo que distantes se faziam presentes com palavras, gestos de incentivo e carinho. À Myriam Neves, Catiéle Bittencourt, Izabel, Verônica Guterres, Adriane Prestes e Talita Rubin, pelos momentos de amizade dentro e fora da pensão.

Ao Grupo Juventude Carmelitana Teresiana (JUCAR) da igreja do Bom Fim pelos momentos de FÉ, amizade e carinho que tiveram comigo, minimizando a saudade de casa.

A todos aqueles que não foram lembrados, mas que de alguma forma contribuíram nesta etapa, meus sinceros agradecimentos.

*"Peça a Deus que abençoe os seus planos, e
eles darão certo. "*

(Provérbios 16:3)

RESUMO

DOSES DE NITROGÊNIO, SILICATOS E FUNGICIDAS EM CULTIVAR DE ARROZ IRRIGADO SENSÍVEL À BRUSONE

AUTORA: Lillian Matias de Oliveira

ORIENTADOR: Enio Marchesan

As doenças são fatores limitantes para a expressão do alto potencial produtivo das cultivares de arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul. A brusone (*Pyricularia oryzae*) é considerada sua principal doença e, causa danos à produtividade e qualidade dos grãos. As perdas variam em função da cultivar utilizada, das práticas de manejo adotadas na lavoura e das condições climáticas. O manejo integrado de práticas para o controle da doença vem sendo utilizado com o intuito de minimizar as aplicações de fungicidas. Na safra agrícola 2014/15 foram instalados dois experimentos com o objetivo de avaliar a influência do nitrogênio, silicatos e fungicidas na ocorrência de brusone (Capítulo I) e o comportamento quanto a qualidade industrial dos grãos de arroz irrigado da cultivar Guri INTA CL (Capítulo II). Os experimentos foram conduzidos a campo, na área de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial (4x4x2) com quatro repetições. No experimento I, os tratamentos foram constituídos de doses de nitrogênio (N) aplicados em cobertura (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹), doses de silicato de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) aplicado via solo (0, 3000, 6000 e 9000 kg ha⁻¹) e aplicação ou não de fungicidas da mistura triciclazol, azoxistrobina e difenoconazol. Os tratamentos do experimento II foram: doses de nitrogênio aplicados em cobertura (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹), aplicação de silicato de potássio (K) via foliar (0; 2,9; 5,8 e 8,7 L ha⁻¹) e aplicação ou não de fungicidas. Observou-se que doses acima de 60 kg ha⁻¹ de N predispõem as plantas à maior severidade de brusone, sendo necessário a utilização de fungicidas para o controle eficiente da doença e manutenção do rendimento de grãos. Em condições de ausência do controle químico, a ocorrência de brusone reduz a qualidade industrial de grãos de arroz, aumentando os percentuais de grãos gessados, barriga branca e área gessada. Os efeitos de silicato tanto de Ca e Mg como de K apresentam maiores respostas na ausência de fungicidas na cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. *Pyricularia oryzae*. Controle de doenças. Qualidade industrial do grão.

ABSTRACT

NITROGEN RATES, SILICATES AND FUNGICIDES IN IRRIGATED RICE CULTIVAR SENSITIVE TO BLAST

AUTHOR: Lillian Matias de Oliveira

ADVISOR: Enio Marchesan

Diseases are limiting factors for the expression of the high yield potential of rice cultivars in the state of Rio Grande do Sul. Blast (*Pyricularia oryzae*) is considered the main disease, causing damage to yield and milling grain quality. Losses vary depending on the cultivar, management practices and climatic conditions. The integrated management practices for disease control has been used in order to minimize fungicide applications. In the season 2014/15 were set up two experiments in order to evaluate the influence of nitrogen, silicates and fungicides on the occurrence of rice blast (Chapter I) and the behavior and the quality of rice grains of cultivar Guri INTA CL (Chapter II). The experiment was conducted in a lowland area at Department of Crop Sciences of the Federal University of Santa Maria (UFSM), with the experimental design of randomized blocks in a factorial (4x4x2) and four replications. In the experiment I, the treatments consisted of nitrogen rates (N) applied pre-flood pre and post flood (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹), and magnesium (Mg) and calcium (Ca) silicate applied to the soil (0, 3000, 6000 and 9000 kg ha⁻¹) and whether or not fungicide the mixture tricyclazole, azoxystrobin and difenoconazole. The treatments experiment II were: nitrogen rates applied pre-flood pre and post flood (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹), application of potassium silicate (K) to the leaves (0; 2,9; 5,8 and 8,7 L ha⁻¹) and whether or not fungicide. It was observed that rates above 60 kg ha⁻¹ N provide plants to greater severity of rice blast, requiring the use of fungicides for effective disease control and keep grain yield. In the absence of conditions of chemical control, the occurrence of blast reduces the industrial quality of rice grains, increasing the percentage of chalky grains, white belly and chalk area. The silicate effects of both Ca and Mg and K have higher responses in the absence of fungicides cultivar of rice Guri INTA CL.

Key-word: *Oryza sativa*. *Pyricularia oryzae*. Diseases control. Milling grain quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

- Figura 1 - Temperatura do ar máxima e mínima do dia ocorrida e normal (A), Insolação ocorrida e normal (B), radiação solar global (C) e precipitação pluvial ocorrida e normal (D) durante os meses de condução do experimento na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....21
- Figura 2 - Estatura de plantas (A e B), massa seca da parte aérea (C e D) e índice SPAD (E e F) aos 15 dias após a primeira (A, C e E) e a última aplicação de N (B, D e F) em função de doses de N na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....23
- Figura 3 - Severidade de brusone nas folhas (SBF) nos estádios V7 (A), R4 (B e C) e R8 (D e E) em função de doses de N, SiCaMg, sem (A, B e D) e com aplicações de fungicidas (C e E) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....25
- Figura 4 - Incidência de brusone nas panículas (IBP) (A e B) e severidade de brusone nas panículas (SBP) (C e D) em função de doses de N, SiCaMg e, sem (A e C) e com aplicações de fungicidas (B e D) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....27
- Figura 5 - Rendimento de grãos de arroz irrigado influenciados pelas doses de N, SiCaMg, sem (A) e com aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....30
- Figura 6 - Número de panículas m^{-2} em função de doses de N na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....31
- Figura 7 - Número de grãos panícula⁻¹ (A e B), massa de mil grãos (C e D) e esterilidade de espiguetas (E e F) em função de doses de N, SiCaMg, sem (A, C e E) e com aplicações de fungicidas (B, D e F) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....33
- Figura 8 - Estatura de plantas (A e B), massa seca da parte aérea (C e D) e índice SPAD (E e F) aos 15 dias após a primeira (A, C e E) e a última aplicação de N (B, D e F) em função de doses de N e fungicidas na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....37
- Figura 9 - Severidade de brusone nas folhas (SBF) nos estádios V7 (A), R4 (B e C) e R8 (D e E) em função de doses de N, silicato de K, sem (A, B e D) e com aplicações de fungicidas (C e E) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....39
- Figura 10 - Incidência de brusone nas panículas (IBP) (A) e severidade de brusone nas panículas (SBP) (B) de arroz irrigado em função das doses de N e as aplicações de fungicidas na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....41

Figura 11 - Rendimentos de grãos de arroz irrigado influenciados pelas doses de N e silicato de K (A) e pelo N e as aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....	42
Figura 12 - Número de panículas m ⁻² em função de doses de N (A) e aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....	43
Figura 13 - Número de grãos panícula-1 (A e B), massa de mil grãos (C) e esterilidade de espiguetas (D e E) em função de doses de nitrogênio, silicato de K e fungicidas na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....	44

CAPÍTULO II

Figura 1 - Renda do benefício (A e B), grãos inteiros (C e D) e grãos vítreos (E) em função de doses de N, SiCaMg, sem (A) e com aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....	57
Figura 2 - Barriga branca (A e B), grãos gessados (C e D) e área gessada (E) em função de doses de N, SiCaMg, sem (A e C) e com aplicações de fungicidas (B e D) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....	59
Figura 3 - Temperatura do ar máxima e mínima, ocorrida e normal e, precipitação pluvial ocorrida durante os meses de condução do experimento na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....	60
Figura 4 - Renda do benefício (A e B), grãos inteiros (C e D) e grãos vítreos (E e F) em função de doses de N, silicato de K, sem (A, C e E) e com aplicações de fungicidas (B, D e F) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....	64
Figura 5 - Barriga branca (A e B), grãos gessados (C e D) e área gessada (E e F) em função de doses de N, silicato de K, sem (A) e com aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....	66
Figura 6 - Severidade de brusone nas panículas em função de doses de N, SiCaMg (A e B), silicato de K (C) e sem (A) e com aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.....	67

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1 - Equações e coeficientes de determinação (R^2) das regressões correspondentes a severidade de brusone nas folhas nos estádios V7, R4 e R8, incidência e severidade de brusone nas panículas no estágio R8 da cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL sem e com aplicações de fungicidas. Santa Maria, RS, 2016.....28
- Tabela 2 - Equações e coeficientes de determinação (R^2) das regressões correspondentes às variáveis: rendimento de grãos (kg ha^{-1}), massa de mil grãos (g) e esterilidade das espiguetas (%) sem e com aplicações de fungicidas da cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL. Santa Maria, RS, 2016..... 34
- Tabela 3 - Equações e coeficientes de determinação (R^2) das regressões correspondentes à severidade de brusone nas folhas nos estádios V7, R4 e R8, rendimento de grãos (kg ha^{-1}) e esterilidade das espiguetas (%) na cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL. Santa Maria, RS, 2016.....45

CAPÍTULO II

- Tabela 1 - Equações e coeficientes de determinação (R^2) das regressões correspondentes às variáveis: renda do benefício (%), grãos inteiros (%), grãos vítreos (%), barriga branca (%) e grãos gessados (%) da cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL. Santa Maria, RS, 2016.....61
- Tabela 2 - Equações e coeficientes de determinação (R^2) das regressões correspondentes às variáveis: renda do benefício (%), grãos inteiros (%), grãos vítreos (%), barriga branca (%) , área gessada (%) e severidade de brusone nas panículas (R8) da cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL. Santa Maria, RS, 2016.....68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 CAPÍTULO I - NITROGÊNIO, SILICATOS E FUNGICIDAS EM CULTIVAR DE ARROZ IRRIGADO SUSCETÍVEL À BRUSONE.....	15
3 CAPÍTULO II - ADUBAÇÃO NITROGENADA, SILICATOS E FUNGICIDAS NA QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS DE ARROZ IRRIGADO.....	51
4 DISCUSSÃO	73
5 CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

O arroz é uma das principais culturas que servem de base alimentar. No Brasil, cerca de dois terços da produção nacional provém do estado do Rio Grande do Sul. Ao contrário de outros cereais que são transformados em subprodutos para consumo, o arroz é consumido na forma de grãos inteiros, descascados e polidos. Desta forma, a qualidade dos grãos possuem papel fundamental para a tomada de decisão do consumidor.

Fatores como a escolha da cultivar, época de semeadura, condições climáticas, adubação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças interferem no rendimento e na qualidade dos grãos. Cultivares de arroz suscetíveis à brusone (*Pyricularia oryzae*) quando semeadas fora da época preferencial de cultivo e, associada a fatores como o excesso de nitrogênio (N), temperaturas entre 20-30°C, neblinas, períodos longos de orvalho, chuvas fracas e frequentes que mantém a umidade no dossel das plantas, favorecem o desenvolvimento da doença, podendo causar danos em folhas e panículas que podem chegar a comprometer 100% da produção de arroz (PRABHU; FILIPPI, 2006; SOSBAI, 2014).

O controle dessa doença é baseado em algumas práticas agrícolas, que incluem a semeadura na época preferencial, cultivares resistentes e, associadas a uma equilibrada adubação de N. No entanto, um dos desafios da pesquisa tem sido o lançamento de cultivares com resistência à brusone de forma periódica. Esta necessidade se explica pela perda da resistência à doença causada pela alta variabilidade do patógeno. Além disso, a maioria das cultivares semeadas no estado do RS são suscetíveis à doença, pois seu principal motivo de utilização deve-se à tolerância aos herbicidas que controlam o arroz daninho. Neste sentido, o controle de doenças através do uso de fungicidas, tem se tornado uma prática contínua nas lavouras, principalmente em áreas em que a pressão de inóculo de brusone é maior. O uso de fungicidas mantém o potencial produtivo das cultivares, principalmente em semeaduras tardias, cultivares suscetíveis, áreas com histórico de brusone e em anos de El niño.

No entanto, numa agricultura sustentável, busca-se alternativas que minimizem o número de aplicações de fungicidas e que ao mesmo tempo garantam qualidade dos grãos de arroz, máxima expressão do potencial produtivo das cultivares e consequentemente redução de riscos ao ambiente e à saúde humana. A utilização de aplicações de silicatos na adubação da cultura, tem como finalidade atrasar ou impedir a infecção do patógeno através de uma barreira física e ativação de algumas enzimas ligadas à defesa do hospedeiro em relação ao patógeno. Assim, torna-se necessário conhecer o comportamento de uma cultivar suscetível à brusone quando semeada fora da época preferencial de cultivo, submetida à doses de N e

como forma de controle da doença, a utilização de silicatos e fungicidas.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da utilização da adubação nitrogenada, silicatada (aplicação via solo e foliar) e das aplicações da mistura dos princípios ativos triciclazol, azoxistrobina e difenoconazol na ocorrência de brusone e nos componentes de produção da cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL (Capítulo I) e sua interferência na qualidade industrial de grãos (Capítulo II).

2 DESENVOLVIMENTO

CAPÍTULO I

NITROGÊNIO, SILICATOS E FUNGICIDAS EM CULTIVAR DE ARROZ IRRIGADO SUSCETÍVEL À BRUSONE

NITROGEN, SILICATES AND FUNGICIDES IN IRRIGATED RICE CULTIVAR SENSITIVE TO BLAST

RESUMO

A brusone (*Pyricularia oryzae*), principal doença do arroz, é influenciada pelas condições climáticas e pelo manejo adotado na lavoura, afetando a produtividade e qualidade dos grãos. Seu controle é baseado, principalmente, no uso de cultivares resistentes e a utilização de fungicidas. Visando a busca por alternativas de controle, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do manejo da adubação com nitrogênio, silicatos e das aplicações de fungicidas sob a ocorrência de brusone da cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL. Foram realizados dois experimentos a campo na safra agrícola 2014/15 com o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial (4x4x2) com quatro repetições. No experimento I, o fator A foi composto por quatro doses de nitrogênio (N) (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) aplicados em cobertura, fator C: quatro doses de silicato de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (0, 3000, 6000 e 9000 kg ha⁻¹) aplicado via solo e fator D: aplicação ou não de fungicidas da mistura dos princípios ativos triciclazol, azoxistrobina e difenoconazol. No experimento II, o fator A foi constituído por quatro doses de nitrogênio (N) (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) aplicados em cobertura, fator C: quatro doses de silicato de potássio (0; 2,9; 5,8 e 8,7 L ha⁻¹) aplicado via foliar e o fator D: aplicação ou não de fungicidas. Para ambos os experimentos a maior ocorrência de brusone foi observada nas doses acima de 60 kg ha⁻¹ de N, sendo essas diferenças superiores na ausência de fungicidas. Observou-se maiores efeitos da utilização de silicato de Ca e Mg quando não há aplicações de fungicidas para o controle de brusone. A utilização de fungicidas reduz a severidade de brusone nas folhas e panículas e, mantém o rendimento de grãos.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L. *Pyricularia oryzae*. Alternativas de controle. Silicatos.

ABSTRACT

Rice blast (*Pyricularia oryzae*) is the main rice disease is influenced by climatic conditions and it is the management adopted in the field, affecting the yield and quality of grain. Its control is based mainly on the use of resistant cultivars and the use of fungicides. In arder to search for control alternatives, this study aimed to evaluate the influence of the management of fertilization with nitrogen, silicates and applications of fungicides in the occurrence of blast Guri INTA CL rice cultivar field. Two experiments were conducted to field in the 2014/15 growing season with the experimental design of randomized blocks in a factorial scheme (4x4x2) with four replications. In experiment I, the treatments of were four nitrogen rates (N)

(0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) applied pre-flood pre and post flood, four calcium (Ca) and magnesium (Mg) silicate rates (0, 3000, 6000 and 9000 kg ha⁻¹) applied to the soil and the whether or not the fungicide active ingredients of tricyclazole, azoxystrobin and difenoconazole. In the second experiment, was composed of four rates of nitrogen rates (N) (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) applied to cover, four rates of potassium silicate (0; 2,9; 5,8 and 8,7 L ha⁻¹) applied foliar and the: whether or not fungicides. For both experiments the higher incidence of blast was observed at rates above 60 kg ha⁻¹ N, and these differences higher in the absence of fungicides. It was observed greater effects from the use of Ca and Mg silicate when no applications of fungicides for control of rice blast. The use of fungicides reduces the severity of leaf blast and panicle and keep the yield.

Keywords: *Oryza sativa* L. *Pyricularia oryzae*. Control alternatives. Silicates.

INTRODUÇÃO

O arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais importantes no mundo. No Brasil, o estado do Rio grande do Sul concentra o maior percentual de área cultivada do país, produzindo dois terços da produção nacional. Na safra 2014/15, a produtividade de grãos no estado ultrapassou os 7 500 kg ha⁻¹, média superior aos outros estados produtores (CONAB, 2015).

No entanto, o sucesso da atividade orizícola depende de diversos fatores que influenciam a produção e a qualidade dos grãos, destacando-se a época de semeadura, condições climáticas, escolha da cultivar, disponibilidade de água, manejo da adubação e controle de plantas daninhas e doenças (SANTOS et al., 2003; SARTORI et al., 2013; MATTJE et al., 2013, VENSKE et al., 2015). Com a utilização de cultivares de alto potencial produtivo, há maior demanda por insumos, dentre estes, a adubação com N (BUZETTI et al., 2006; FREITAS et al., 2010). O uso eficiente de nitrogênio (N) além de contribuir para o aumento da produtividade do arroz, diminui o custo de produção e os riscos ambientais, já que condições de alta oferta de N pode resultar no favorecimento da ocorrência de doenças (SANTOS et al., 2014; PASSOS et al., 2015).

O aparecimento de doenças na cultura do arroz irrigado tem sido motivo de preocupação, principalmente, a ocorrência de brusone nos campos de produção. A brusone tem como agente causal o fungo *Pyricularia oryzae* que afeta lavouras em todas as regiões produtoras, ocorrendo tanto em arroz cultivado em terras altas como em várzeas (PRABHU; FILIPPI, 2006; WORDELL FILHO et al., 2013). Seu controle é baseado, principalmente, no

uso de cultivares resistentes e fungicidas aplicados em parte aérea. No entanto, o estado do RS com a implantação da tecnologia clearfield, tem mais de 70% de área semeada com cultivares suscetíveis à doença, que na safra de 2014/15 cerca de 96% da área semeada de todo estado tiveram pelo menos uma aplicação de fungicida (IRGA, 2016). Dessa forma, a utilização do controle químico, através da aplicação de fungicidas tem contribuído para manter elevadas produtividades e garantir a qualidade do grão (CAMARGO et al., 2008).

Devido a crescente demanda por alimentos, observa-se aumento na utilização de defensivos, sendo que o uso indiscriminado e contínuo destes, pode acarretar poluição dos recursos naturais e aumento da variabilidade do patógeno, tornando-o resistente a certos grupos de fungicidas (ZAMBOLIM; VENTURA; ZANÃO JÚNIOR, 2012). Por esse motivo, a busca por alternativas que visem à redução e, substituição da utilização de defensivos, ou até mesmo a combinação das técnicas de controle de doenças tornou-se crescente nesse meio.

Diversos trabalhos elucidam o efeito benéfico da aplicação de silício às culturas agrícolas, podendo ser aplicado via solo e foliar. Este elemento não é considerado essencial às plantas, porém seu uso tem demonstrado efeitos positivos, conferindo-a maior tolerância a estresses bióticos e abióticos (ZANÃO JÚNIOR et al., 2013). A diminuição da severidade de doenças com aplicações de silício foram relatadas em cana-de-açúcar (REIS et al., 2013), arroz (SCHURT et al., 2015), soja (OLIVEIRA et al., 2015), feijão (CRUZ et al., 2014), algodão (CURVÊLO et al., 2013), morango (SILVA et al., 2013) e abobrinha de moita (RAMOS et al., 2013). No entanto, há pesquisas em que a aplicação de silício não apresentou influência para as culturas de arroz irrigado (MARCHEZAN et al., 2004), arroz de terras altas (MAUAD et al., 2003b) e trigo (WORDELL FILHO et al., 2013).

As culturas mais responsivas ao uso de silício são conhecidas como plantas acumuladoras, por possuírem teores de Si acima de 1 g kg^{-1} em sua massa seca, destas, culturas como a cana de açúcar e o arroz irrigado merecem destaque (RAMOS; KORNDÖRFER; NOLLA, 2008). Ainda assim, plantios consecutivos de arroz são responsáveis pela diminuição do teor de silício às plantas, contribuindo para a menor deposição de sílica na parede externa das células da epiderme favorecendo o ataque de patógenos (MAUAD et al., 2013). A diminuição do teor de silício nas plantas de arroz também está associada ao fornecimento de altas doses de N, que em condições climáticas favoráveis ao ataque do patógeno predispõem as plantas de arroz a maior severidade de doenças (ZAMBOLIM; VENTURA; ZANÃO JUNIOR, 2012). Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de plantas de arroz irrigado da cultivar Guri INTA CL através da aplicação de doses de nitrogênio, silicatos e fungicidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em campo durante a safra agrícola 2014/15, um com adubação de silicato de Ca e Mg via aplicação no solo (experimento I) e outro com aplicação de silicato de K via foliar (experimento II). Os experimentos foram conduzidos na área didático-experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com latitude -29.7000° , longitude -53.7000° e altitude de 95 metros. O clima da região é caracterizado, segundo a classificação de KÖPPEN, como subtropical úmido (Cfa), sem estação seca, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (MORENO, 1961), o solo da área experimental é classificado como Planossolo Háptico Eutrófico arênico pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (EMBRAPA, 2013) com as seguintes características químicas: pH em água (1:2:5) = 6,0; matéria orgânica = 1,7%; P = 23 mg dm^{-3} ; K = 49 mg dm^{-3} ; Ca = 5,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg = 0,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; S = 9,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al = 0,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Si = 6,0 mg dm^{-3} ; saturação de Al = 0,0% e saturação de base = 65,5%.

Experimento I (aplicação de silicato via solo): o delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial (4x4x2), com quatro repetições. Os tratamentos do fator A foram compostos por doses de N aplicado em cobertura: A1 = 0 kg ha^{-1} , A2 = 60 kg ha^{-1} , A3 = 120 kg ha^{-1} e A4 = 180 kg ha^{-1} . O fator C correspondeu as doses de silicato de Ca e Mg - SiCaMg (PRNT = 85%; Ca = 25%; Mg = 6%; Si = 10,5% e SiO_2 = 22,4%) aplicados via solo no momento da semeadura: C1 = 0 kg ha^{-1} , C2 = 3000 kg ha^{-1} , C3 = 6000 kg ha^{-1} e C4 = 9000 kg ha^{-1} . Para o fator D, os tratamentos foram: D1 = sem aplicações de fungicidas e D2 = com aplicações de fungicidas da mistura triciclazol, azoxistrobina e difenoconazol, aplicados entre os estádios V6 e V7 seguindo a escala proposta por Counce et al. (2000), com intervalos entre as aplicações de 15 dias.

Experimento II (aplicação de silicato via foliar): o delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial (4x4x2), com quatro repetições. Os tratamentos do fator A foram compostos por doses de N aplicado em cobertura: A1 = 0 kg ha^{-1} , A2 = 60 kg ha^{-1} , A3 = 120 kg ha^{-1} e A4 = 180 kg ha^{-1} . O fator C correspondeu às doses de silicato de K (Si: 10%, K_2O : 24% e densidade 1,41 g cm^{-3}) aplicados via foliar, 20 dias após a emergência e 15 dias após a primeira aplicação com volume de calda de 135 L ha^{-1} : C1 = 0 L ha^{-1} , C2 = 2,9 L ha^{-1} , C3 = 5,8 L ha^{-1} e C4 = 8,7 L ha^{-1} . Para o fator D, os tratamentos foram: D1 = sem aplicações de fungicidas e D2 = com aplicações de fungicidas.

Para ambos os experimentos foram utilizados o mesmo manejo, com exceção às práticas referentes aos tratamentos. Utilizou-se a cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL, que possui ciclo médio (125 a 130 dias), destaca-se pela qualidade de grãos, produtividade e suscetibilidade à brusone. A semeadura foi realizada no dia 08 de dezembro, na densidade de 80 kg ha^{-1} de sementes. Cada unidade experimental foi constituída por nove linhas espaçadas em 0,17 m, totalizando $3,825 \text{ m}^2$. O tratamento de sementes consistiu da utilização do inseticida fipronil ($37,5 \text{ g i.a ha}^{-1}$) com o fungicida fludioxonil ($3,75 \text{ g i.a ha}^{-1}$). A adubação de base foi constituída de 16 kg ha^{-1} de N, 68 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 108 kg ha^{-1} de K_2O , distribuídos na linha de semeadura. Para a adubação de cobertura, a fonte de N foi a uréia (44-00-00), aplicada dois terços no estágio V3/V4 e o restante em R0 seguindo a escala proposta por Counce et al. (2000).

Para o controle de plantas daninhas foram utilizados os herbicidas de princípio ativo clomazona e bentazona nas doses de $62,5 \text{ g i.a ha}^{-1}$ e $960 \text{ g i.a ha}^{-1}$, respectivamente. Para o controle de pragas foi utilizado um inseticida com zeta-cipermetrina na dose de 21 g i.a ha^{-1} aplicado através de pulverizador costal manual, com vazão de 120 L ha^{-1} . O aparecimento de brusone ocorreu entre os estádios fenológicos V6 e V7, desta forma, foram realizadas quatro aplicações de fungicidas com pulverizações da mistura de triciclazol, azoxistrobina e difenoconazol nas doses de $225 \text{ g i.a ha}^{-1}$, $100 \text{ g i.a ha}^{-1}$, 50 g i.a ha^{-1} , respectivamente. Os fungicidas foram aplicados com o auxílio de um pulverizador costal propelido por CO_2 (pressão de 40 lbs pol^{-2}), equipado com uma barra de quatro pontas de pulverização cone vazio (Jacto JA-2) espaçadas 0,50 m, utilizando 135 L ha^{-1} de volume de calda, com adição de 0,2% v/v de óleo mineral emulsionável. Os demais tratos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2014).

Aos 15 dias após a 1ª e a última aplicação de N, foram realizadas as avaliações de estatura de plantas, leitura do clorofilômetro modelo SPAD e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA). Foi avaliada a estatura de plantas com o auxílio de uma régua graduada medindo-se a altura das plantas na parcela. A leitura SPAD foi determinada em 10 folhas completamente expandidas em três posições (terço inferior, médio e superior) de cada folha, totalizando 30 medições por unidade experimental, utilizando-se um clorofilômetro modelo SPAD 502 DL Meter, marca Minolta. A MSPA foi determinada através da coleta de plantas de uma área de $0,0615 \text{ m}^2$, sendo posteriormente secas em estufa com circulação forçada de ar a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ até atingir peso constante.

A determinação da severidade de brusone nas folhas (SBF) foi realizada quando as plantas se encontravam nos estádios V7, R4 e R8 através de observações visuais em 10 folhas

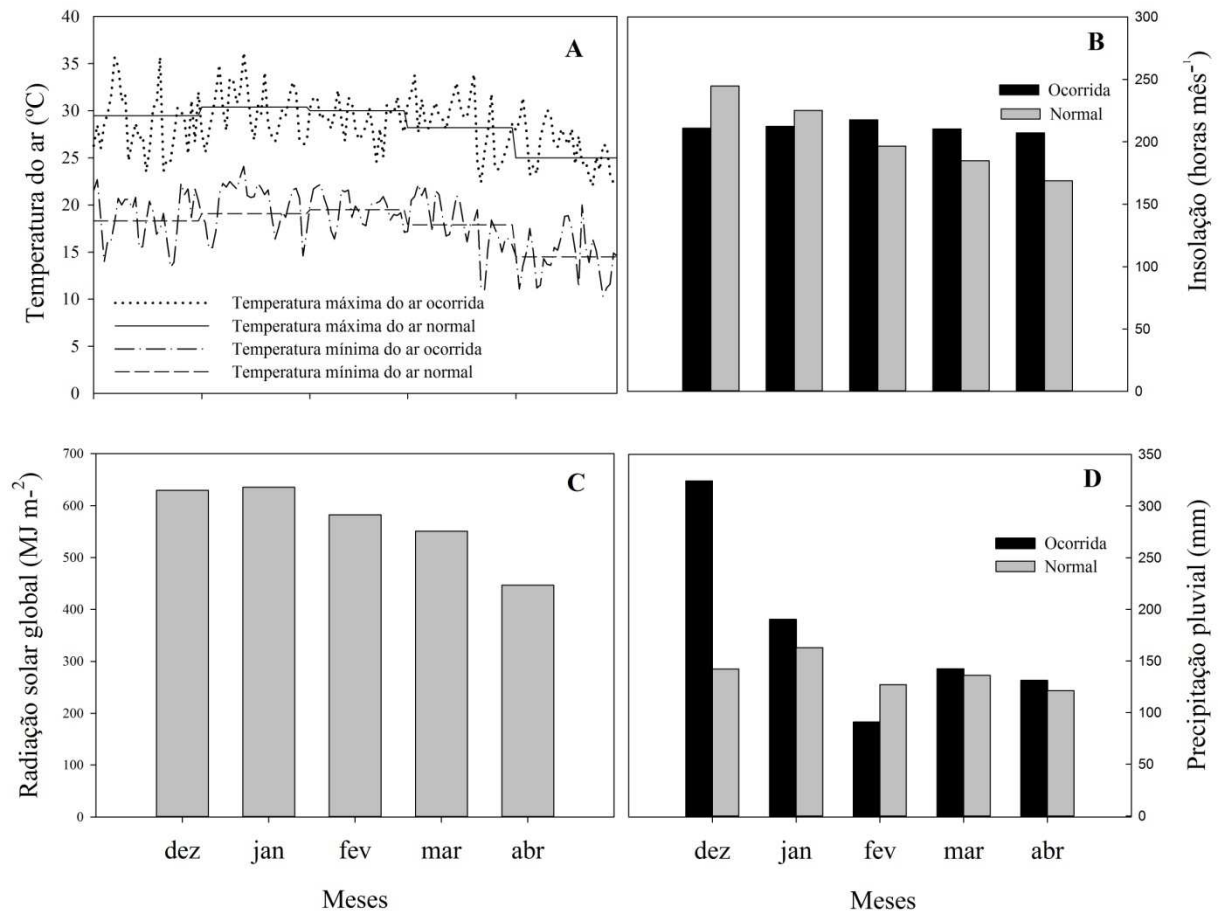
de cada parcela, na terceira folha expandida, usando-se uma escala de dez graus (0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 32,0; 64,0; 82,0% da área foliar infectada) de acordo com Notteghem (1981). A incidência de brusone nas panículas (IBP) foi avaliada efetuando-se a contagem das panículas infectadas em um metro na linha de semeadura no estágio R8. A severidade de brusone nas panículas (SBP) foi determinada através de uma escala padronizada de 0 a 100% avaliada em um metro na segunda linha de semeadura no estágio R8, utilizando uma escala de seis níveis (0; 5; 25; 50; 75 e 100% de espiguetas afetadas) conforme Prabhu (1990). A severidade média de brusone nas panículas foi calculada pela fórmula $BP (\%) = \Sigma (\text{valor de classe} \times \text{frequência}) / \text{número total de panículas}$, conforme trabalho de Silva-Lobo et al. (2012).

Ao final do ciclo da cultura, avaliou-se o rendimento de grãos através da colheita manual de 2,55 m² da área útil de cada unidade experimental quando os grãos apresentavam umidade média de 22%. Após a trilha, limpeza, secagem e pesagem dos grãos com casca, os dados foram corrigidos para 13% de umidade. Os componentes de rendimento avaliados foram: número de panículas por m²; número de grãos por panícula; massa de mil grãos e esterilidade de espiguetas, determinados através de contagens das panículas existentes em um metro na linha de semeadura e pela coleta de quinze panículas por ocasião da colheita.

Devido as condições meteorológicas (Figura 1) favoráveis à ocorrência de brusone, como temperaturas adequadas para reprodução de inóculo, baixos períodos de insolação e chuvas frequentes a doença ocorreu de forma natural.

Os dados obtidos foram submetidos a verificação da normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias. Quando significativas, as médias dos tratamentos foram submetidas à análise de regressão polinomial determinando o intervalo de confiança de $P \leq 0,05$ para os tratamentos quantitativos. Para os tratamentos qualitativos foi utilizado o teste de tukey a 5% de probabilidade de erro. Houve a necessidade de transformação dos dados para as variáveis relacionadas à doença de ambos os experimentos, rendimento de grãos e esterilidade das espiguetas (experimento II), os dados foram transformados de acordo com a equação: $yt = \sqrt{(y + 0,5)/100}$.

Figura 1 - Temperatura do ar máxima e mínima do dia ocorrida e normal (A), Insolação ocorrida e normal (B), radiação solar global (C) e precipitação pluvial ocorrida e normal (D) durante os meses de condução do experimento na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I

Para as variáveis altura de plantas, MSPA e índice SPAD houve apenas a influência da aplicação de nitrogênio, não sendo observado diferenças entre as aplicações de SiCaMg e fungicidas aos 15 dias após a primeira e última aplicação de N. As doses crescentes de N favoreceram o crescimento das plantas em estatura, MSPA e o índice SPAD para ambas as coletas, apresentando comportamento quadrático para as avaliações, exceto para o índice SPAD aos 15 dias após a última aplicação de N, mostrando comportamento linear positivo (Figura 2). Todas as variáveis mencionadas tiveram valores máximos na dose de 180 kg ha⁻¹

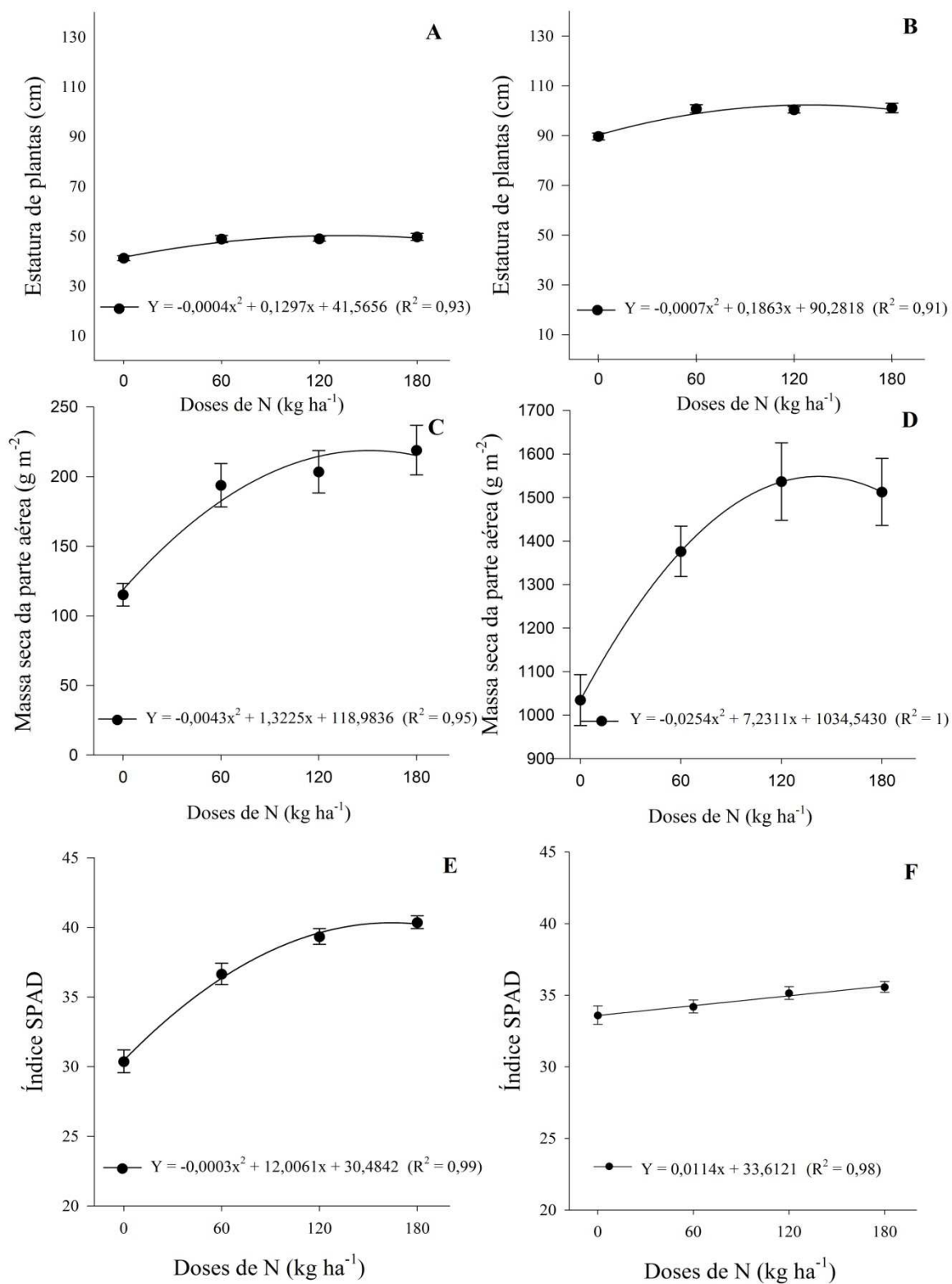
de N, exceto a MSPA aos 15 dias após a última aplicação de N que teve valor máximo de 1513 g m^{-2} na dose de 120 kg ha^{-1} de N.

Observou-se que a partir da dose de 120 kg ha^{-1} de N houve pouco acréscimo no índice SPAD, que é correlacionado com o teor de clorofila da folha, desta forma, houve pouca resposta da planta para a estatura e MSPA a partir desta dose. O aumento em estatura, MSPA e índice SPAD conforme as doses de N aplicadas está relacionado à função do N nas plantas, que em condições nutricionais adequadas contribuem de forma significativa no seu metabolismo.

Quando a oferta de N é alta, houve intensificação do processo produtivo que pode favorecer ou não o desenvolvimento de patógenos (FREITAS et al., 2010). Peng et al. (1996) conseguiram elevar a eficiência da adubação nitrogenada com o uso da leitura SPAD para o arroz irrigado e, observaram que valores abaixo de 35 exigiam a aplicação de N em cobertura. No presente trabalho, as doses acima de 120 kg ha^{-1} de N estavam com valores acima do mencionado pelos autores, não necessitando de mais aplicações de N em cobertura.

Os dados do experimento estão de acordo com os encontrados por Salman et al. (2012), que não observaram interação entre as aplicações de N e Si para altura de plantas, no entanto, os autores observaram aumento na estatura de plantas nas doses de 300 e 600 kg ha^{-1} de silicato de cálcio, o que não foi observado neste trabalho. A diferença de resultados pode estar relacionada com os fatores genéticos de cada cultivar, na sua capacidade de absorver e utilizar com eficiência o elemento absorvido, além disso, o Si está relacionado com a função estrutural nas plantas, não para os processos de crescimento que envolvem alongação e multiplicação celular (MARTINS; CRUSCIOL; PILON, 2012), como é o caso do N.

Figura 2 - Estatura de plantas (A e B), massa seca da parte aérea (C e D) e índice SPAD (E e F) aos 15 dias após a primeira (A, C e E) e a última aplicação de N (B, D e F) em função de doses de N na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



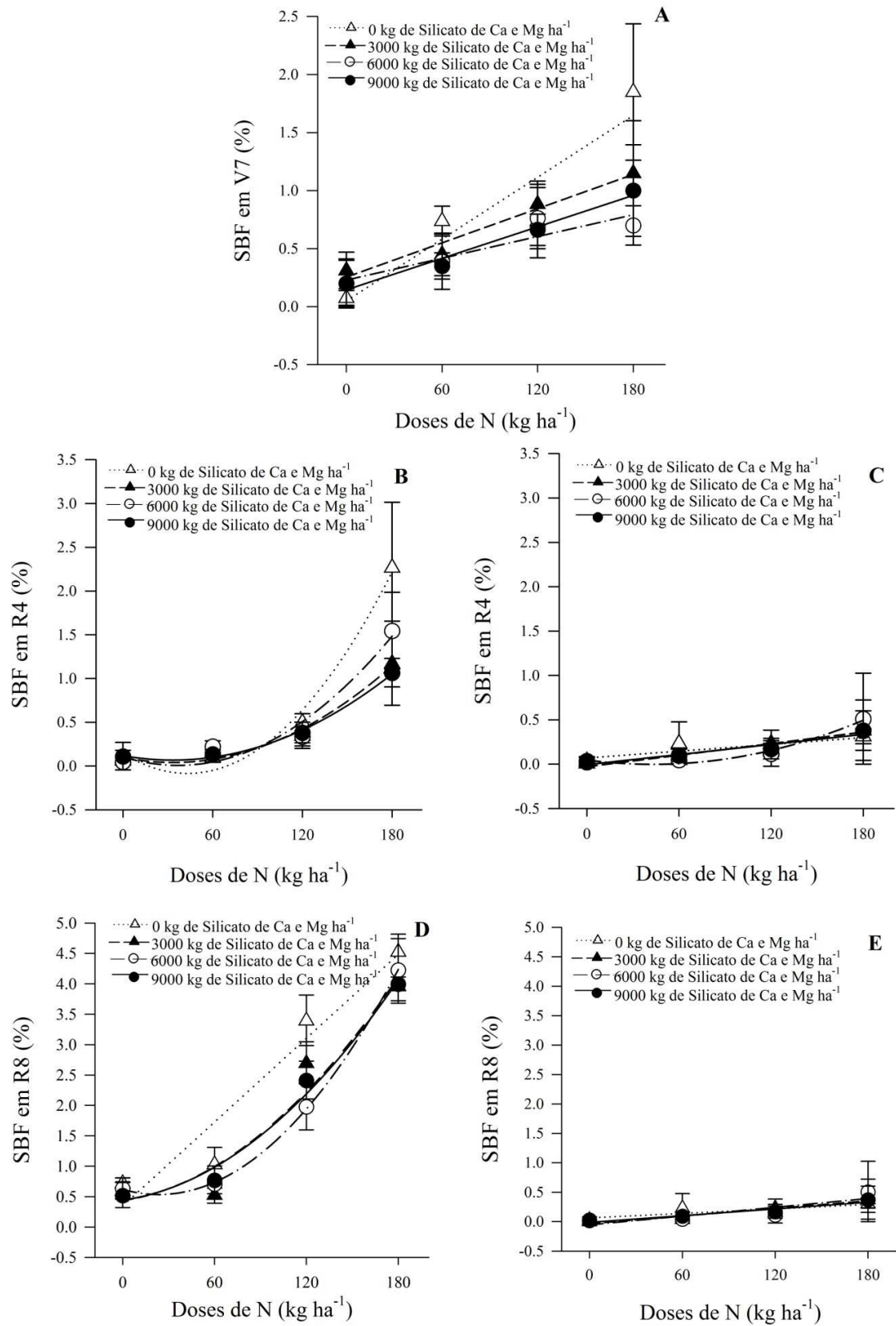
Levando em consideração a importância do N para o favorecimento ou não de doenças, as formas de controle através da adubação com silicatos e aplicações de fungicidas, foi observada interação tripla entre os tratamentos para a severidade de brusone em folhas nas avaliações realizadas nos estádios fenológicos V7, R4 e R8 (Figura 3).

As doses acima de 60 kg ha^{-1} de N sem as aplicações de fungicidas ocasionaram maior severidade de brusone nas folhas, tendo seu efeito atenuado pela aplicação de doses de SiCaMg (Figura 3A, B e D). Este aumento de severidade de brusone quando não houve aplicações de fungicidas está relacionado ao aumento em estatura e MSPA observado anteriormente. Provavelmente, isto deve-se ao aumento da massa do vegetal e a redução nos teores de silício, resultando no aparecimento da doença e da infecção de patógenos, diminuindo a resistência física à penetração dos fungos (SANTOS et al., 2014).

A utilização dos princípios ativos triciclazol, azoxistrobina e difenoconazol, proporcionaram maior controle da brusone, ao passo que a ausência destes ocasionou maior severidade da doença. Observou-se que o efeito do SiCaMg possui maior resposta quando não se tem aplicações de fungicidas. No entanto, não foi encontrado diferenças significativas entre o fornecimento de silicato quando houve utilização de fungicidas. Em trabalho realizado por Bordin et al. (2014) em área com 30 anos de cultivo continuado de arroz irrigado, avaliando o uso de fungicidas aplicados para o controle das doenças foliares, observaram que a cultura responde de maneira positiva e linear às aplicações de fungicidas, obtendo menor intensidade de doenças foliares quando houve aplicações da mistura de triazol (difenoconazole) + estrobilurina (azoxistrobina), comportamento observado semelhante aos encontrados neste trabalho.

A severidade de brusone nas folhas de arroz irrigado diminuiu com aplicações de SiCaMg, sendo observado também por Berni e Prabhu (2003) e Santos et al. (2003). Esse benefício está relacionado à dinâmica de absorção deste elemento, ele é absorvido pelas raízes e transportado até as folhas, onde é depositado nos tecidos da epiderme, formando uma dupla camada de sílica, que confere às folhas maior resistência ao ataque de patógenos, evitando ou atrasando a sua penetração (YOSHIDA; NAVASERO; RAMIREZ, 1969; DATNOFF; SNYDER; KORNDORFER, 2001). Para a severidade de brusone nas folhas no estágio V7 houve ajuste linear das regressões, em R4 e R8 os dados se ajustaram à equações lineares e quadráticas (Tabela 1).

Figura 3 - Severidade de brusone nas folhas (SBF) nos estádios V7 (A), R4 (B e C) e R8 (D e E) em função de doses de N, SiCaMg, sem (A, B e D) e com aplicações de fungicidas (C e E) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



Também foi observado interação tripla entre os tratamentos para incidência e severidade de brusone nas panículas (Figura 4), sendo observado ajuste das regressões lineares e polinomiais para os tratamentos (Tabela 1). A incidência e a severidade de brusone nas panículas aumentaram conforme as doses de N. Os valores de incidência variaram de 12 a 96% para os tratamentos sem as aplicações de fungicidas (Figura 4A) e de 4 a 12% para os tratamentos com o controle químico (Figura 4B). A severidade de brusone nas panículas apresentaram, aproximadamente, 70% quando não houve aplicações de fungicidas e, na presença de fungicidas os valores chegam ao máximo de 2%. O aumento observado na severidade de brusone nas panículas com o aumento nas doses de N também foram observados por Silva-Lobo et al. (2012). Os autores Yoshida; Navasero; Ramirez (1969) e Mauad et al., (2003a) consideram que o aumento do fornecimento de N diminui a espessura foliar e os teores de Si na planta, ocasionando maior severidade da doença, podendo o silício evitar ou atrasar a penetração do fungo.

As respostas das aplicações de SiCaMg foram observadas apenas quando não houve aplicações de fungicidas e, nas doses de 60 kg ha⁻¹ de N (Figura 4A) e 120 kg ha⁻¹ de N (Figura 4C), com diminuição da incidência e severidade nos tratamentos com as doses de 6000 e 9000 kg ha⁻¹ de SiCaMg. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2014), em que a severidade e incidência de brusone nas panículas tiveram reduções superiores a 60% nos tratamentos de 4000 e 6000 kg ha⁻¹ de SiCaMg quando comparadas ao tratamento controle.

O uso da mistura de fungicidas dos grupos químicos benzotiazol, estrobilurina e triazol foram eficientes em reduzir a incidência e severidade de brusone nas panículas (Figura 4B e D). Com resultados semelhantes, Scheuermann e Eberhardt (2011) demonstraram que níveis de controle de brusone nas panículas acima de 90% foram obtidos com fungicidas dos grupos químicos triazóis, estrobilurinas e benzotiazóis. Considerando a dose de 120 kg ha⁻¹ de N e o controle de brusone através do uso de fungicidas, houve redução de 91% e 99% para a incidência e severidade de brusone nas panículas, respectivamente. Dados semelhantes aos encontrados por Scheuermann e Eberhardt (2011).

Figura 4 - Incidência de brusone nas panículas (IBP) (A e B) e severidade de brusone nas panículas (SBP) (C e D) em função de doses de N, SiCaMg, sem (A e C) e com aplicações de fungicidas (B e D) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.

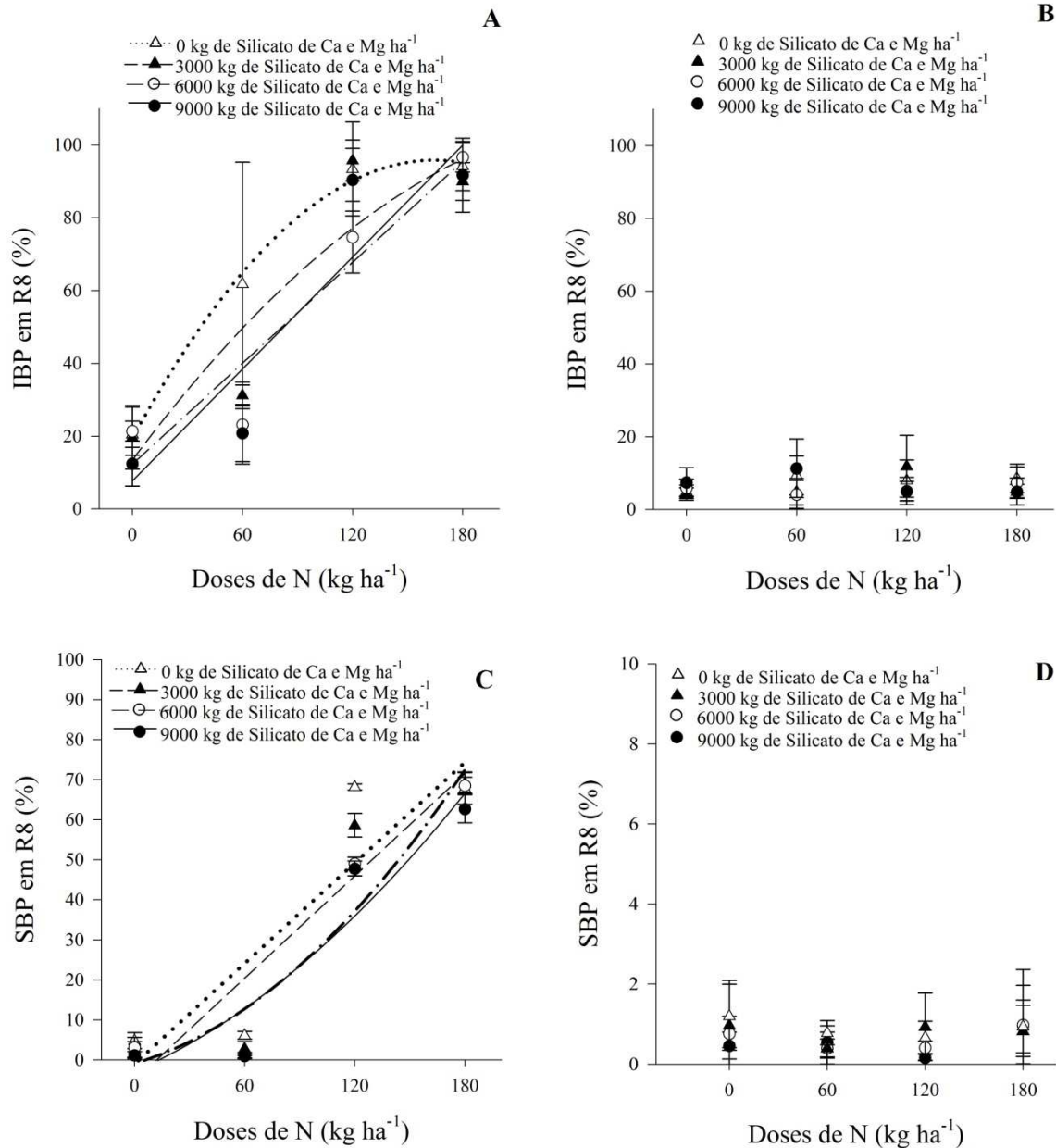


Tabela 1 - Equações e coeficientes de determinação (R^2) das regressões correspondentes a severidade de brusone nas folhas nos estádios V7, R4 e R8, incidência e severidade de brusone nas panículas no estágio R8 da cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL sem e com aplicações de fungicidas. Santa Maria, RS, 2016.

Tratamentos	Sem aplicações de fungicidas		Com aplicações de fungicidas	
	Equação	R^2	Equação	R^2
Severidade de brusone nas folhas em V7 (%)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0038x + 0,7792^{**}$	0,891		
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0022x + 0,8796^{**}$	0,968		
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0016x + 0,8482^{**}$	0,850		
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0021x + 0,8134^{**}$	0,986		
Severidade de brusone nas folhas em R4 (%)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,00004x^2 - 0,0034x + 1,0628^{**}$	0,989	$Y = 0,0005x + 1,0346^{**}$	0,712
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,00002x^2 - 0,0016x + 1,0500^{**}$	0,978	$Y = 0,0012x + 0,9804^{**}$	0,921
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,00002x^2 - 0,0009x + 1,0420^{**}$	0,957	$Y = 0,00001x^2 - 0,0009x + 1,0239^{**}$	0,978
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,00001x^2 - 0,0009x + 1,0556^{**}$	0,998	$Y = 0,0008x + 1,0018^{**}$	0,939
Severidade de brusone nas folhas em R8 (%)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0069x + 1,0176^{**}$	0,932	$Y = 0,0014x + 0,9028^{**}$	0,781
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,00002x^2 - 0,0021x + 0,9843^{**}$	0,912	$Y = 0,0020x + 0,8288^{**}$	0,975
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,00003x^2 - 0,0001x + 1,0428^{**}$	0,988	$Y = 0,0011x + 0,8706^{**}$	0,901
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,00002x^2 - 0,0028x + 0,9768^{**}$	0,975	$Y = 0,0016x + 0,8575^{**}$	0,850
Incidência de brusone nas panículas em R8 (%)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = -0,0002x^2 + 0,0687x + 4,5552^{**}$	0,999	*	
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = -0,0001x^2 + 0,0513x + 4,0374^{**}$	0,875	*	
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0323x + 4,0856^{**}$	0,894	*	
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0385x + 3,3336^{**}$	0,865	*	
Severidade de brusone nas panículas em R8 (%)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0394x + 1,8037^{**}$	0,817	*	
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0431x + 0,9967^{**}$	0,844	*	
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0001x^2 + 0,0190x + 1,2631^{**}$	0,846	*	
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,00007x^2 + 0,0299x + 0,7719^{**}$	0,860	*	

R^2 Coeficiente de determinação, *Não significativo, ** Significativo a 5% pelo teste F.

Com a influência do aparecimento de doenças e seu efetivo controle, a variável rendimento de grãos teve interação tripla entre os tratamentos (doses de N x doses de SiCaMg x aplicações de fungicidas) (Figura 5), com ajuste de regressões lineares e quadráticas (Tabela 2).

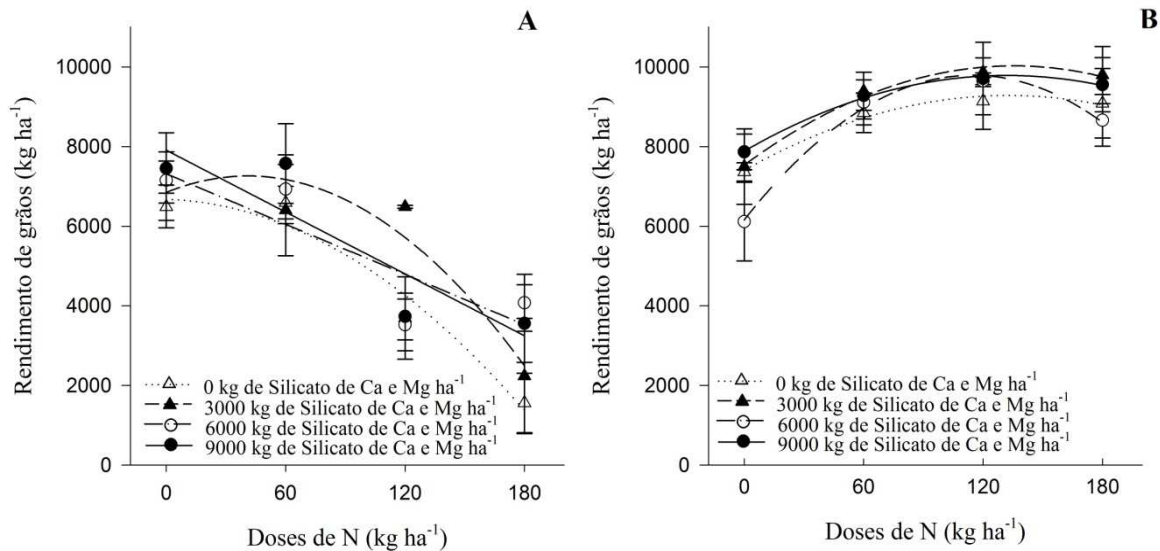
As doses de N acima de 60 kg ha^{-1} sem a aplicação de fungicidas, reduziram a produtividade consideravelmente, com média de 5285 kg ha^{-1} , em comparação à média dos tratamentos com aplicação de fungicidas, a qual foi de 8807 kg ha^{-1} . Todas as variáveis estudadas sem aplicações de fungicidas e com as maiores doses de N foram influenciadas negativamente pela ocorrência de brusone. Observou-se relação direta entre a incidência, severidade de brusone nas panículas e o rendimento de grãos quando as plantas de arroz não são pulverizadas com fungicidas. Dessa forma, foi encontrado comportamentos inversamente proporcionais, ou seja, à medida em que se aumentou a ocorrência de brusone diminuiu o rendimento de grãos.

Já para as doses abaixo de 60 kg ha^{-1} de N, os valores de produtividades são semelhantes independente da aplicação de fungicidas, no entanto, o controle de brusone com fungicidas apresentaram maiores produtividades. As plantas supridas com pouco N apresentaram menor estatura, massa seca e consequentemente menores valores de incidência e severidade da doença tanto na folha como nas panículas.

O controle químico de brusone em arroz irrigado ocasionou redução significativa na severidade de brusone, com reflexo positivo no rendimento de grãos (Figura 5B). Fato este, relacionado à nutrição e à sanidade de plantas que foram responsáveis em manter a área das folhas fotossinteticamente ativas, com menor ocorrência de doenças, propiciando maior produção de fotoassimilados, principalmente no período de enchimento de grãos, fator que foi determinante para aumento da produtividade (ZAMBOLIM; VENTURA; ZANÃO JUNIOR, 2012).

Quando não houve aplicações de fungicidas foi observado diferenças entre as aplicações de SiCaMg. No entanto, os efeitos não foram observados quando se aplicou fungicidas. Em acordo com os dados encontrados nesse experimento, Artigiani et al. (2014) verificaram efeito significativo na interação de doses de nitrogênio e silício para produtividade de grãos de arroz, mas não observaram aumento em produtividade, explicado pela ausência de doenças no experimento.

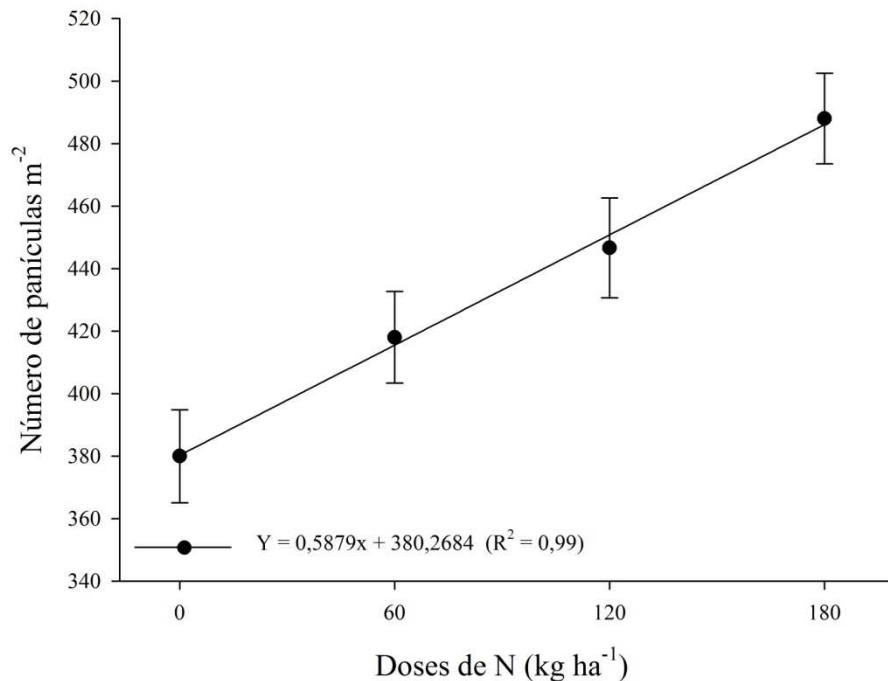
Figura 5 - Rendimento de grãos de arroz irrigado influenciados pelas doses de N, SiCaMg, sem (A) e com aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



O aumento no rendimento de grãos também está relacionado ao número de panículas m⁻², em que foi observado apenas a influência do N, proporcionando ajustamento de regressão linear, alcançando o máximo de 488 panículas m⁻² quando aplicado 180 kg ha⁻¹ de N e mínima de 380 panículas m⁻² para o tratamento sem aplicação do nutriente (Figura 6). Isto evidencia a correlação entre a aplicação de N e a produtividade, pois este nutriente eleva as taxas de divisão e alongação celular que são responsáveis pelo aumento do número de folhas, atuando sobre a expansão e crescimento da área foliar. Além de aumento no número de perfilhos por unidade de área que resulta em um maior número de panículas por m⁻² (CRUZ, 2010).

Os valores encontrados no experimento são semelhantes ao trabalho de Fageria, Santos e Cutrim (2007) que trabalhando com doses de N que variaram de 0 a 200 kg de N ha⁻¹, observaram no primeiro ano de cultivo 408 a 516 panículas m⁻² e no segundo ano entre 230 a 385 panículas m⁻². O fornecimento de nitrogênio contribui para a formação do número de panículas m⁻², para o aumento do aparato fotossintético, para o acúmulo de fotoassimilados e para o rendimento de grãos (CAMARGO et al., 2008).

Figura 6 - Número de panículas m^{-2} em função de doses de N na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



Associado ao rendimento de grãos e o número de panículas m^{-2} , os componentes de rendimento: massa de mil grãos e esterilidade das espiguetas foram influenciados por todos os tratamentos estudados, todavia o número de grãos panícula^{-1} foi influenciado pelas doses de N x aplicação de fungicidas e SiCaMg x aplicação de fungicidas (Figura 7).

O número de grãos panícula^{-1} (Figura 7A e B) variaram de 90 a 115 grãos, sendo pouco influenciado pelos tratamentos aplicados. No entanto, a massa de mil grãos se manteve constante quando houve aplicações de fungicidas, não sendo observado diferenças significativas para a aplicação de SiCaMg. A esterilidade de espiguetas aumentou sem aplicações de fungicidas em relação às doses de N. Quando o controle químico foi aplicado, os valores de ambas as variáveis são constantes, não observando-se efeitos para as aplicações de silicato. O controle químico através de fungicidas dos princípios ativos triciclazol, azoxistrobina e difenoconazol ocasionaram reduções nas variáveis relacionadas às doenças e, como consequência, houve manutenção dos valores de rendimento de grãos e os componentes do rendimento.

A massa de mil grãos e a esterilidade das espiguetas tiveram comportamentos inversamente proporcionais, pois o aumento na esterilidade ocasionou menor massa dos grãos. Provavelmente, isso pode ter sido influenciado pela época e local de infecção do fungo *P. oryzae* no período de enchimento de grãos, compreendido entre os estádios R5 a R8. Nesse

período fatores como deficiência nutricional, ataque de pragas e doenças ocasionam reduções no peso (SOSBAI, 2014), no caso desse trabalho, o fator biótico, doença, foi o que mais influenciou as variáveis.

O aumento das doses de N proporcionam maior esterilidade das espiguetas (FAGERIA; SANTOS; CUTRIM, 2007). Estas perdas tanto em produtividade como nos componentes de rendimento estão associadas à redução da área foliar fotossintetizante, afetando o crescimento e desenvolvimento da planta, e quando a brusone ataca as panículas, afeta principalmente a formação e o peso dos grãos (PRABHU; FARIA; CARVALHO, 1986).

Com a utilização de doses de silicato de 0 a 6000 kg ha⁻¹, Marchezan et al. (2004) não observaram diferenças durante três anos de experimento entre as aplicações de silicato nas variáveis: rendimento de grãos, esterilidade das espiguetas, altura de plantas e massa de mil grãos.

Figura 7 - Número de grãos panícula⁻¹ (A e B), massa de mil grãos (C e D) e esterilidade de espiguetas (E e F) em função de doses de N, SiCaMg, sem (A, C e E) e com aplicações de fungicidas (B, D e F) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.

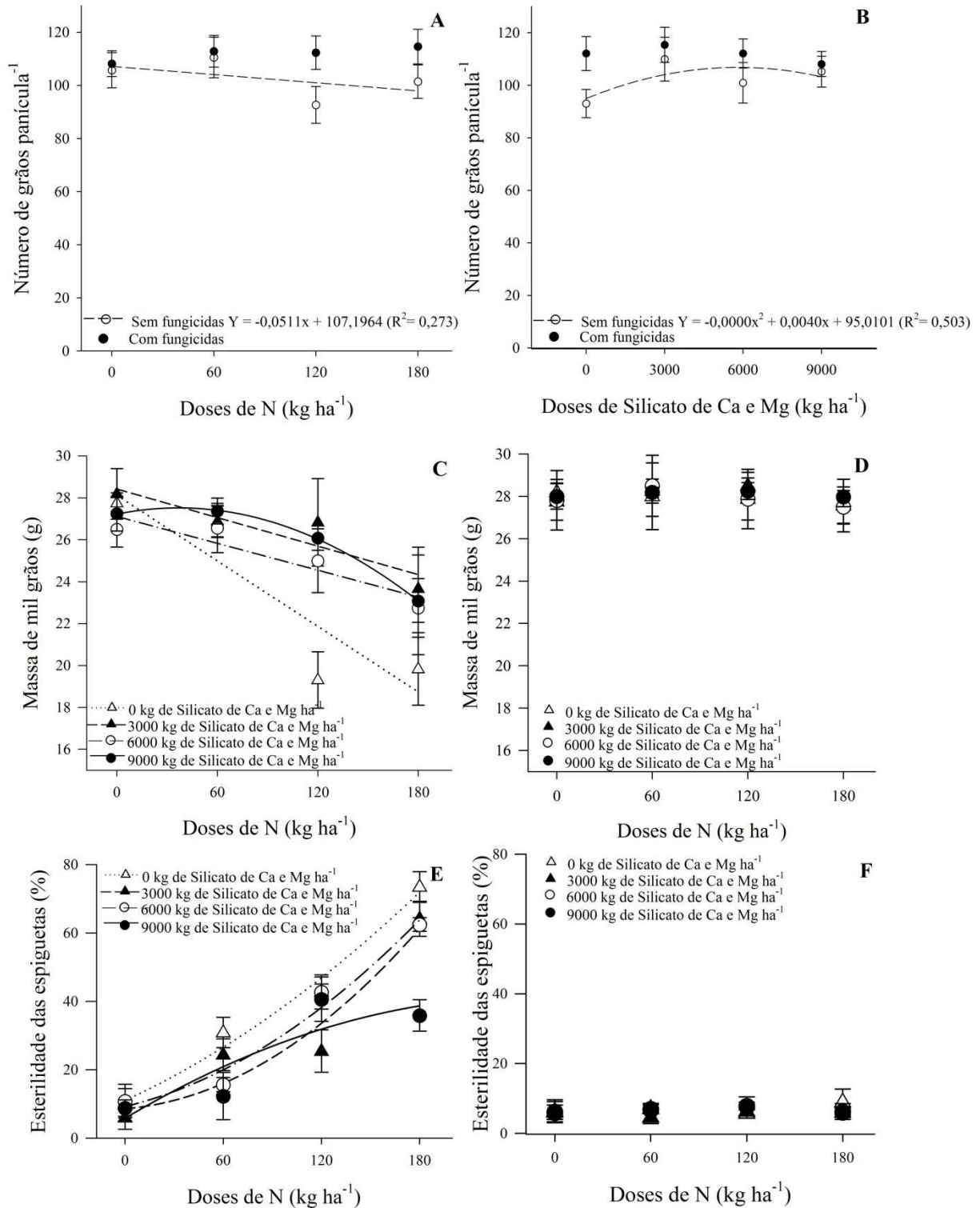


Tabela 2 - Equações e coeficientes de determinação (R^2) das regressões correspondentes às variáveis: rendimento de grãos (kg ha^{-1}), massa de mil grãos (g) e esterilidade das espiguetas (%) sem e com aplicações de fungicidas da cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL . Santa Maria, RS, 2016.

Tratamentos	Sem aplicações de fungicidas		Com aplicações de fungicidas	
	Equação	R^2	Equação	R^2
Rendimento de grãos (kg ha^{-1})				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = -0,1553x^2 - 1,4965x + 6676,5891^{**}$	0,959	$Y = 9,1132x + 7789,2587^{**}$	0,704
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = -0,2461x^2 + 20,0714x + 6854,7844^{**}$	0,912	$Y = -0,1359x^2 + 36,7650x + 7541,6170^{**}$	0,989
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = -21,0781x + 7315,7876^{**}$	0,747	$Y = -0,3826x^2 + 90,1329x + 4708,7713^{**}$	0,981
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = -25,8921x + 7908,1680^{**}$	0,804	$Y = 9,1466x + 8279,5988^{**}$	0,706
Massa de mil grãos (g)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = -0,0521x + 28,1398^{**}$	0,811	*	
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = -0,0226x + 28,4312^{**}$	0,835	*	
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = -0,0251x + 27,6500^{**}$	0,948	*	
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = -0,0002x^2 + 0,0160x + 27,2354^{**}$	0,999	*	
Esterilidade das espiguetas (%)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = 0,0006x^2 + 0,2194x + 11,1330^{**}$	0,981	*	
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = 0,0014x^2 + 0,0393x + 8,7202^{**}$	0,915	*	
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = 0,0010x^2 + 0,1169x + 9,3501^{**}$	0,975	*	
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha^{-1}	$Y = -0,0005x^2 + 0,2858x + 5,9170^{**}$	0,786	*	

R^2 Coeficiente de determinação *Não significativo **Significativo a 5% pelo teste F.

CONCLUSÃO

A estatura de plantas, MSPA, índice SPAD e número de panículas m^{-2} são influenciados apenas pelas aplicações de N.

O fornecimento de N às plantas de arroz irrigado sensíveis à brusone aumenta sua ocorrência em folhas e panículas.

Há maior resposta das aplicações de SiCaMg apenas quando as plantas de arroz não são pulverizadas com fungicidas.

A utilização de fungicidas são eficientes no controle de brusone, proporcionando manutenção do rendimento de grãos.

Experimento II

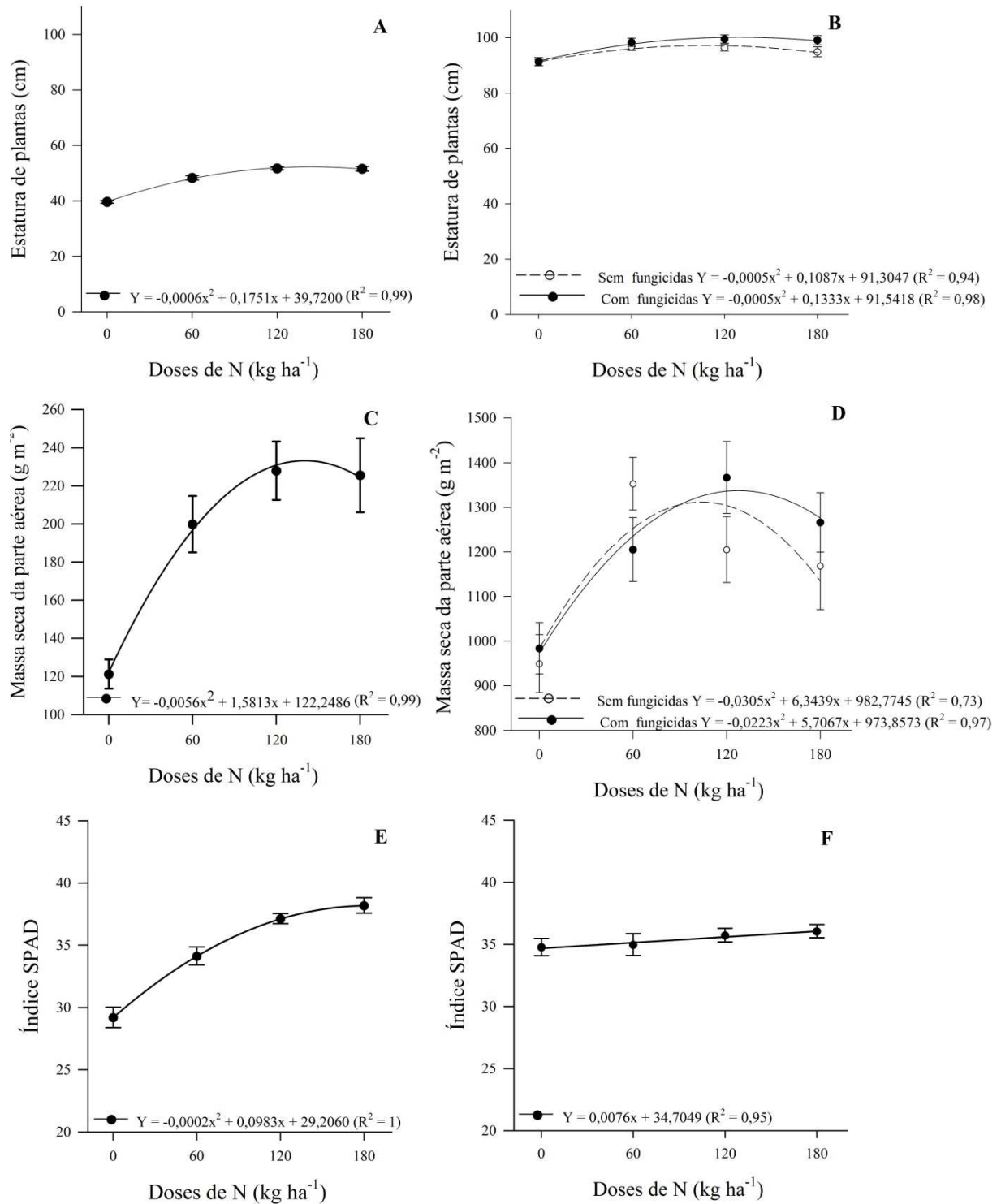
Houve efeito da aplicação de N para as variáveis estatura de plantas e MSPA aos 15 dias após a primeira aplicação de N; e índice SPAD (Figura 8). Para estatura e MSPA avaliadas aos 15 dias após a última aplicação de N houve interação entre as doses de N e às aplicações de fungicidas (Figura 8B e D).

A maior estatura de plantas foi observada nas doses acima de 60 kg ha^{-1} de N. A MSPA apresentou valores máximos na dose de 120 kg ha^{-1} de N com 228 e 1367 g m^{-2} , respectivamente para as avaliações de 15 dias após a 1ª e última aplicação de N. Para as leituras SPAD foi observado aumento com o incremento de N na adubação de cobertura, com máximas de 38 e 36 para ambas as avaliações na dose de 180 kg ha^{-1} de N.

Para a estatura de plantas e MSPA foi observado interação entre as aplicações de N e o controle de brusone com fungicidas (Figura 8B e D). Esta diferença é atribuída ao aparecimento de brusone, as formas de controle e a data de coleta das variáveis. A doença surgiu entre os estádios V6 e V7, dando-se início às aplicações de fungicidas nesse período. Desta forma, quando foram realizadas as coletas, a severidade de brusone encontrava-se maior nas doses acima de 60 kg ha^{-1} de N, ocasionando diferenças entre as aplicações de fungicidas.

Em trabalho realizado por Ávila et al. (2010), houve interação do N com a aplicação de silicato de K, o silício aumentou os valores da leitura SPAD, os teores de clorofila a e b e o número de panículas, principalmente em doses elevadas de N. Este comportamento não foi observado neste experimento, sendo que a distinção entre os resultados pode estar relacionada à disponibilidade de nutrientes entre os meios de cultivos, já que Ávila et al. (2010) trabalharam com aplicações em solução nutritiva e o presente trabalho foi realizado em campo, via foliar.

Figura 8 - Estatura de plantas (A e B), massa seca da parte aérea (C e D) e índice SPAD (E e F) aos 15 dias após a primeira (A, C e E) e a última aplicação de N (B, D e F) em função de doses de N e fungicidas na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



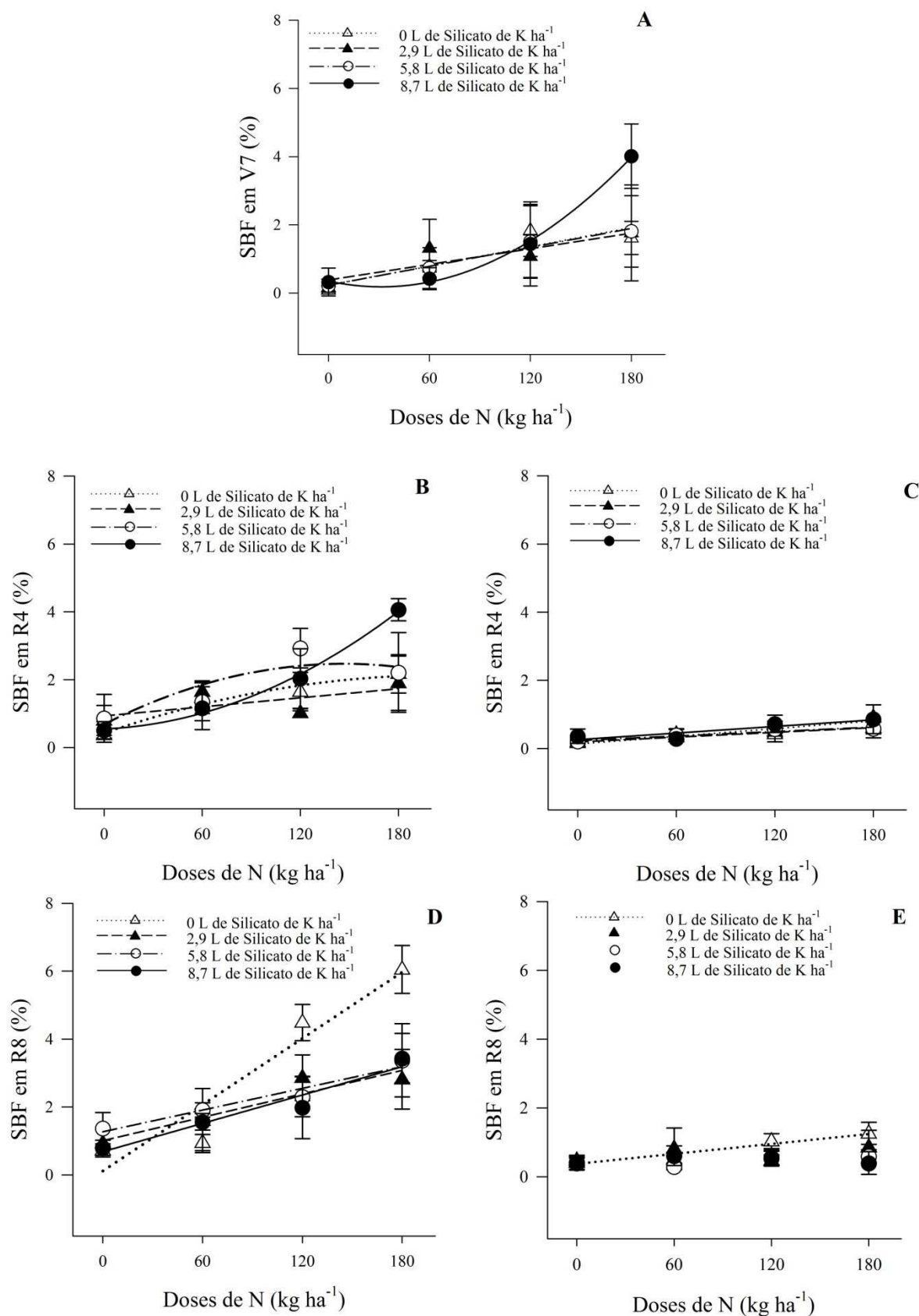
A severidade de brusone nas folhas de arroz irrigado foram influenciadas por todos os tratamentos (Figura 9), com ajuste de equações lineares e quadráticas, com exceção para as doses acima de $2,9 \text{ L ha}^{-1}$ de silicato de K, a qual não obteve ajuste (Tabela 3). O aumento das doses de silicato de K não proporcionaram redução da doença nos estádios fenológicos V7 e R4, pois a dose de $8,7 \text{ L ha}^{-1}$ de silicato de K proporcionou às plantas de arroz maior severidade quando comparada com a testemunha. Apenas no estágio R8 nas doses de 120 e $180 \text{ kg de N ha}^{-1}$ houve diferença entre a aplicação ou não de silicato de K, porém, não foi observado diferença entre as doses de silicato aplicadas.

Comparando os tratamentos com e sem aplicações de fungicidas, observou-se que o controle químico reduziu de maneira eficiente a severidade de brusone. No entanto, existem divergências na literatura em relação à resposta de silicato de K para o controle de doenças, as respostas variam de cultura para cultura, além da intensidade em que ocorre a doença, tornando o controle com silicato de K eficiente ou não. Com aplicações de silicato de potássio nas doses de 1 a 16 g L^{-1} na cultivar de arroz Metica 1, Buck et al (2008) observaram maior redução na incidência de brusone em 4 g Si L^{-1} . Já para a cultura da soja, Duarte et al. (2009) com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de silicato de K, acibenzolar-s-metil e fungicida para o controle da ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*), não observaram diferença entre as doses de silicato de K para a área abaixo da curva de progressão da ferrugem e produtividade, tendo obtido melhor controle com o uso de fungicidas. Também não foram encontrados efeitos do uso de silicato de K no controle da requeima (*Phytophthora infestans*) em batata (DUARTE et al., 2008).

Entretanto, Moraes et al. (2011) observaram reduções da severidade do oídio (*Oidium* spp.) em tomateiro quando as plantas foram tratadas com fungicidas e produtos alternativos de controle, tais como o silicato de K. Ramos et al (2013) também encontraram diferenças no controle de oídio (*Podosphaera xanthii*) para as doses de silicato de K aplicadas na cultura da abobrinha de moita.

Provavelmente, os mecanismos envolvidos no potencial de maximizar as respostas de defesa das plantas está associado a ativação dos mecanismos de defesa nos locais de penetração do patógeno e na formação de uma barreira física pela deposição de sílica abaixo da cutícula, que afetam diretamente o processo de infecção dos patógenos às plantas hospedeiras, impedindo a penetração do fungo e/ou faz com que as células da planta fiquem menos suscetíveis à degradação enzimática causadas pelos patógenos (FENG, 2004, POZZA, ALEXANDRE POZZA, BOTELHO, 2015).

Figura 9 - Severidade de brusone nas folhas (SBF) nos estádios V7 (A), R4 (B e C) e R8 (D e E) em função de doses de N, silicato de K, sem (A, B e D) e com aplicações de fungicidas (C e E) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.

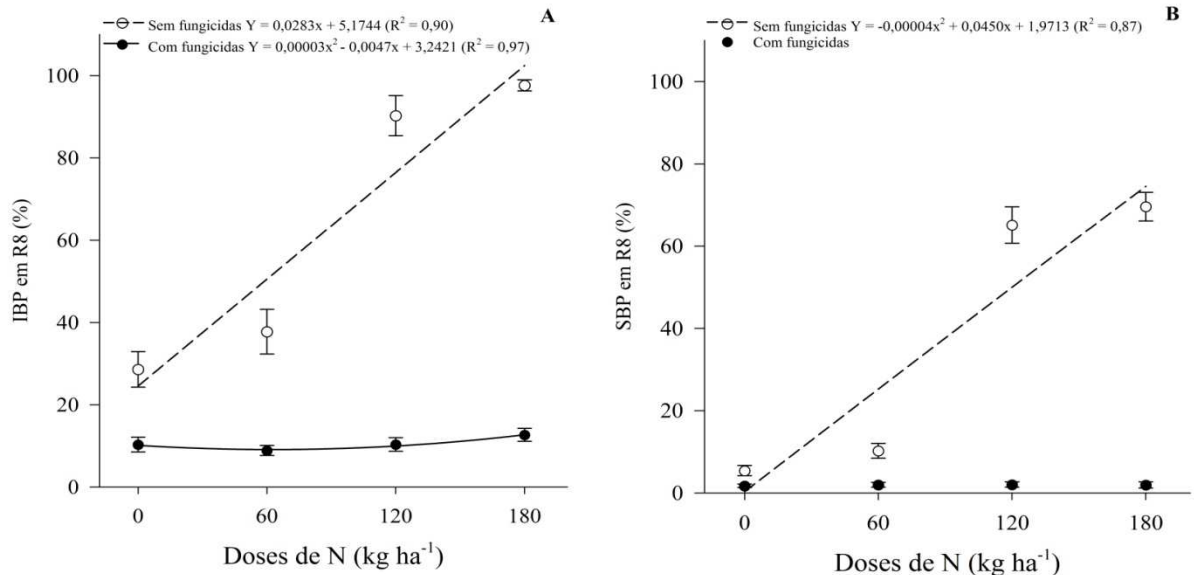


Em contrapartida, o comportamento observado para a severidade de brusone nas folhas não foi observado para a incidência e severidade de brusone nas panículas. Houve apenas o efeito da aplicação de N e fungicidas (Figura 10), com ajuste linear e quadrático para as equações, com exceção para a severidade de brusone nas panículas que não houve ajuste quando foram realizadas aplicações de fungicidas.

Com a maior oferta de N e a não utilização de fungicidas para o controle de brusone, houve o aumento na incidência e severidade de brusone nas panículas. Para a incidência, as doses de 120 e 180 kg ha⁻¹ de N sem aplicação de fungicidas apresentaram 90% e 97%, em compensação, a utilização de fungicidas obteve apenas 10% e 12%, respectivamente. A severidade de brusone nos tratamentos sem fungicidas aumentou conforme as aplicações de N, apresentando valor máximo de 69%. A menor severidade foi observada quando houve as aplicações de fungicidas, não tendo encontrado diferenças significativas para as doses de N aplicadas em cobertura. A incidência e a severidade de brusone nas panículas apresentaram relação direta, com aumento em relação as doses de N sem aplicações de fungicidas e, valores constantes com as aplicações do controle químico.

O aumento de brusone na cultura do arroz irrigado com o aumento de N às plantas pode está associado à redução dos teores de Si e o menor número de células epidérmicas silicatadas em consequência do maior crescimento das plantas (SANTOS et al., 2009). Além disso, os prejuízos causados pela doença são variáveis e dependem do grau de resistência da cultivar, época de incidência, das práticas culturais e das condições climáticas (PRABHU et al., 2003). Os mesmos autores descrevem que nas panículas, os danos são diretos, pois afetam diretamente os componentes de rendimento da cultura, fazendo-se necessário a aplicação de fungicidas para o controle de brusone.

Figura 10 - Incidência de brusone nas panículas (IBP) (A) e severidade de brusone nas panículas (SBP) (B) de arroz irrigado em função das doses de N e as aplicações de fungicidas na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.

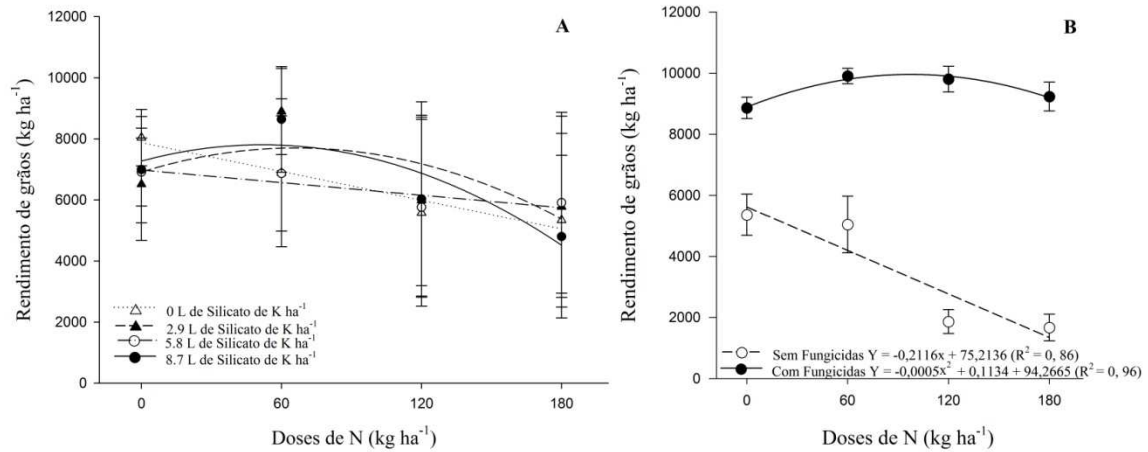


Com o aumento da incidência e severidade de brusone nas panículas, o rendimento de grãos foi influenciado pela combinação de N x Silicato de K e N x aplicações de fungicidas (Figura 11). A análise de regressão mostrou relação linear para as doses de 0 e 5,8 L ha⁻¹ e quadrática para as doses 2,9 e 8,7 L ha⁻¹ (Figura 11A).

O rendimento de grãos foi maior quando houve aplicações de fungicidas para o controle de brusone. Sem aplicações de fungicidas, o rendimento reduz conforme o fornecimento de N (Figura 11B). Isto deve-se às doenças diminuírem a área foliar, a produção de fotoassimilados e a translocação na planta que, conseqüentemente, interferem o enchimento dos grãos, tornando a aplicação com fungicidas eficientes, pois proporciona maior proteção e duração da área foliar fotossinteticamente ativa.

Dados semelhantes a este trabalho foram encontrados por Santos et al. (2011) que utilizaram silicato de cálcio, silicato de Ca e Mg e silicato de K e constataram que as aplicações foliares de silicato de K não foram eficientes para diminuir a severidade da doença na folha e aumentar a produtividade. No entanto, no Sul da Índia, Prakash et al. (2011) observaram que o maior rendimento de grãos de arroz foi obtido com a combinação de 4 ml L⁻¹ de silício via foliar e com aplicação de fungicida. Com aplicações variando de 0 a 6L ha⁻¹ de silicato de K via foliar na cultura do milho, Sousa et al. (2010) encontraram que na aplicação de 3,2 L ha⁻¹ de silicato de K foram 1099 kg ha⁻¹ a mais em produtividade.

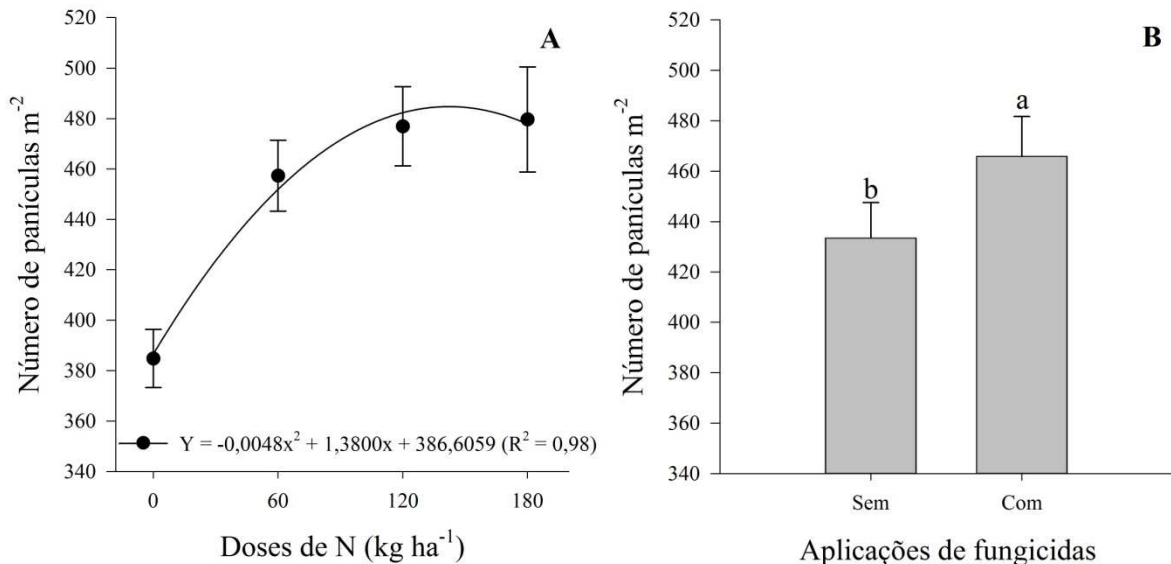
Figura 11 - Rendimentos de grãos de arroz irrigado influenciados pelas doses de N e silicato de K (A) e, pelo N e as aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



O controle de brusone com fungicidas, bem como a utilização de doses de N influenciaram o número de panículas m^{-2} , apresentando médias entre 384 e 479 panículas m^{-2} , correspondendo às doses de 0 e 180 $kg\ ha^{-1}$ de N, respectivamente (Figura 12A).

A utilização de fungicidas contribui de maneira positiva para o aumento no número de panículas m^{-2} , sendo observado diferença estatística entre a presença e ausência do controle químico (Figura 12B), com incremento de 7% em relação a não aplicação de fungicidas. Fato este, pode ser explicado pela ocorrência de brusone ainda no estágio vegetativo, fazendo com que o uso de fungicida mantivesse a área fotossinteticamente das folhas ativa, realizando então fotossíntese e convertendo em maior número de panículas. Já quando não houve as aplicações de fungicidas as folhas tiveram sua área foliar prejudicada, refletindo em diminuição no número de panículas m^{-2} .

Figura 12 - Número de panículas m^{-2} em função de doses de N (A) e aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



O número de grãos por panícula foi influenciado pela interação dos tratamentos com as doses de N x aplicações de fungicidas e aplicação de silicato de K x aplicações de fungicidas (Figura 13). E na tabela 3 estão descritos as equações e os coeficientes de determinação das regressões. O número de grãos por panícula variaram de 78 a 106 grãos. Para a massa de mil grãos sem aplicações de fungicidas houve diminuição conforme as aplicações de N, pois o enchimento de grãos foi afetado pela ocorrência de brusone. No entanto, quando o controle químico foi aplicado, a massa de mil grãos permanece constante, com valores acima de 27g, enquanto que a não utilização do controle químico apresenta valores que variaram de 21e 26g (Figura 13 C).

Os valores de esterilidade quando não houve aplicações de fungicidas variaram de 16 a 79% das espiguetas afetadas nas doses de 0 e 180 $kg\ ha^{-1}$ de N, respectivamente, e de 6 a 10% quando são aplicados fungicidas na parte aérea das plantas de arroz (Figura 13 D). A massa de mil grãos, esterilidade das espiguetas e o número de grãos $panícula^{-1}$ estão correlacionadas com o aparecimento de doenças, principalmente de brusone, pois o ataque de brusone nas panículas interrompe o fluxo de seiva para os grãos, ocasionando reduções na massa de grãos e o aumento da esterilidade, que pode chegar a 100% de espiguetas estéreis (PRABHU et al., 2003). Todos os componentes do rendimento foram afetados pela forma de controle de brusone e as doses de N aplicadas e, o uso de fungicidas apresentou-se com melhores resultados de controle de brusone.

Figura 13 - Número de grãos panícula⁻¹ (A e B), massa de mil grãos (C) e esterilidade de espiguetas (D e E) em função de doses de nitrogênio, silicato de K e fungicidas na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.

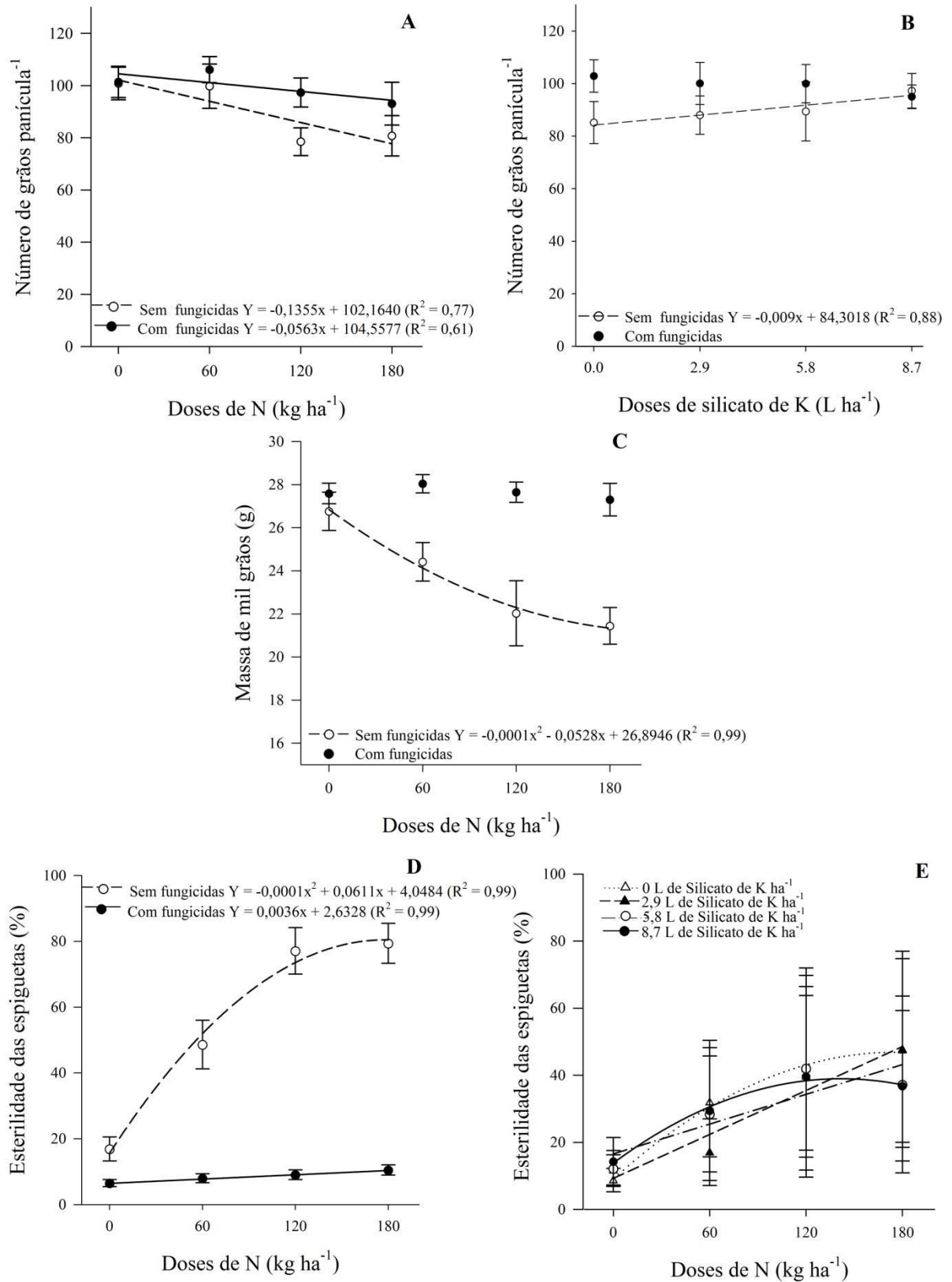


Tabela 3 - Equações e coeficientes de determinação (R^2) das regressões correspondentes à severidade de brusone nas folhas nos estádios V7, R4 e R8, rendimento de grãos (kg ha^{-1}) e esterilidade das espiguetas (%) na cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL. Santa Maria, RS, 2016.

Tratamentos	Sem aplicações de Fungicidas		Com aplicações de Fungicidas	
	Equação	R^2	Equação	R^2
Severidade de brusone nas folhas em V7 (%)				
0 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,0040x + 0,8487^{**}$	0,841		
2,9 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,0031x + 0,9238^{**}$	0,756		
5,8 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,0037x + 0,8683^{**}$	0,971		
8,7 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,00004x^2 - 0,0018x + 0,8897^{**}$	1		
Severidade de brusone nas folhas em R4 (%)				
0 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = -0,00002x^2 + 0,0072x + 0,9590^{**}$	0,948	$Y = 0,0018x + 0,8094^{**}$	0,891
2,9 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,0016x + 1,1931^{**}$	0,442	$Y = 0,0012x + 0,8398^{**}$	0,997
5,8 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = -0,00003x^2 + 0,0087x + 1,0850^{**}$	0,830	$Y = 0,0011x + 0,8620^{**}$	0,892
8,7 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,00002x^2 + 0,0025x + 1,0116^{**}$	0,996	$Y = 0,0015x + 0,8798^{**}$	0,797
Severidade de brusone nas folhas em R8 (%)				
0 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,0089x + 0,9661^{**}$	0,907	$Y = 0,0020x + 0,9503^{**}$	0,906
2,9 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,0037x + 1,2244^{**}$	0,888	*	
5,8 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,0031x + 1,3501^{**}$	0,970	*	
8,7 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,0044x + 1,1295^{**}$	0,958	*	
Rendimento de grãos (kg ha^{-1})				
0 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = -0,1325x + 88,1804^{**}$	0,936		
2,9 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = -0,0012x^2 + 0,1348x + 81,8842^{**}$	0,567		
5,8 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = -0,0761x + 83,0936^{**}$	0,790		
8,7 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = -0,0012x^2 + 0,0991x + 84,4962^{**}$	0,810		
Esterilidade das espiguetas (%)				
0 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = -0,0001x^2 + 0,0410x + 3,0382^{**}$	0,968		
2,9 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,0170x + 3,2658^{**}$	0,944		
5,8 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = 0,0120x + 3,8370^{**}$	0,735		
8,7 L de Silicato de K ha^{-1}	$Y = -0,00007x^2 + 0,0245x + 3,6625^{**}$	0,999		

R^2 Coeficiente de determinação, *Não significativo, **Significativo a 5% pelo teste F.

CONCLUSÃO

Nas condições em que foram realizados os experimentos apenas o N tem influência sobre a estatura, MSPA e índice SPAD.

Doses de N aplicadas em cobertura acima de 60 kg ha⁻¹ aumentam a severidade de brusone nas folhas, incidência e severidade de brusone nas panículas.

As aplicações de fungicidas para o controle de brusone são mais eficazes que o fornecimento de silicato de K via foliar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTIGIANI, A. C. C. A. et al. Adubação silicatada no sulco e nitrogenada em cobertura no arroz de sequeiro e irrigado por aspersão. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 240-251, 2014.

ÁVILA, F. W. et al. Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 184-190, 2010.

BERNI, R. F.; PRABHU, A. S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 195-201, 2003.

BORDIN, L. C. et al. Intensidade de doenças foliares, produtividade, massa de mil grãos e grãos manchados em resposta ao número de aplicações de fungicida no cultivar de arroz irrigado SCS 116 Satoru. **Summa phytopathologica**, v. 40, n. 4, p. 329-333, 2014.

BUCK, G. B. et al. Potassium silicate as foliar spray and rice blast control. **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, p. 231-237, 2008.

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

CAMARGO, E. R. et al. Influência da aplicação de nitrogênio e fungicida no estágio de emorrachamento sobre o desempenho agrônomo do arroz irrigado. **Bragantia**, v. 67, p. 153-159, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, oitavo levantamento**. Brasília: CONAB 2015. 118 p. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_05_13_08_46_55_boletim_graos_mai_2015.pdf. Acesso em: 26 mai. 2015.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.

CRUZ, M. F. A. et al. Aspectos microscópicos da interação feijoeiro-*Colletotrichum lindemuthianum* mediados pelo silício. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 284-291, 2014.

CRUZ, R. P. **Exigências climáticas para a cultura do arroz irrigado**. Boletim técnico, Cachoeirinha, RS, n. 11, 2010. 40 p.

CURVÊLO, C. R. S. et al. Mecanismos bioquímicos da defesa do algodoeiro à mancha de ramulária mediados pelo silício. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 41-51, 2013.

DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. **Silicon in agriculture**. 1. ed. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. 424 p.

DUARTE, H. S. S. et al. Efeito do silicato de potássio isoladamente ou em mistura com fungicida no controle da requeima da batateira. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 1, p. 68-70, 2008.

DUARTE, H. S. S. et al. Silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas no controle da ferrugem da soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2271-2277, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. ; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p.1029-1034, 2007.

FENG, M. J. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 50, n. 1, p. 11-18, 2004.

FREITAS, J. G. et al. Adubação Nitrogenada e Incidência de Brusone em Arroz de Sequeiro. **Bragantia**, v. 69, p. 173-179, 2010.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ - IRGA. Epidemia de brusone do arroz no Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/6166/revista-lavoura-arrozeira---n%E9%BF%BD-465>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

MARCHEZAN, E. et al . Aplicação de silício em arroz irrigado: efeito nos componentes da produção. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 3, p. 125-131, 2004.

MARTINS, P. O.; CRUSCIOL, C. A. C.; PILON, C. Kinetic parameters of silicon uptake by rice cultivars. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n.1, p. 147-157, 2012.

MATTJE, V. M. et al. Avaliação de cultivares de arroz em doses contrastante de nitrogênio em solos de várzea irrigada. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 2, p. 126-133, 2013.

MAUAD, M. et al. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 4, p. 761-765, 2003a.

MAUAD, M. et al. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com

diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 867-873, 2003b.

MAUAD, M. et al. Deposição de sílica e teor de nitrogênio e silício em arroz. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1653-1662, 2013.

MORAES, W. B. et al. Aplicação foliar de fungicidas e produtos alternativos reduz a severidade do oídio do tomateiro. **Nucleus**, v. 8, n. 2, p. 57-68, 2011.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, 1961. 41p.

NOTTEGHEM, J. L. Cooperative experiment on horizontal resistance to rice blast. In: International Rice Research Institute. **Blast and Upland Rice: Report and Recommendations From the Meeting for International Collaboration in Upland Rice Improvement**. Los Baños. 1981. p.43-51.

OLIVEIRA, S. et al. Aplicação de silício via solo no rendimento e na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3029-3042, 2015.

PASSOS, N. G. et al. Eficiência no uso de nitrogênio em genótipos de arroz em solos de várzea tropical do Estado do Tocantins. **Revista Agro@mbiente**, v. 9, n. 1, p. 8-16, 2015.

PENG, S. et al. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. **Field Crops Research**, v. 47, p. 243-252, 1996.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; BOTELHO, M. S. Silicon in plant disease control. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 323-331, 2015.

PRABHU, A. S.; FARIA, J. C.; CARVALHO, J. R. P. Efeito da brusone sobre a matéria seca, produção de grãos e seus componentes, em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 5, p. 495-500, 1986.

PRABHU, A. S. Misturas de cultivares no controle da brusone nas panículas em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 8, p. 1183- 1192, 1990.

PRABHU, A. S. et al. Estimativa de danos causados pela brusone na produtividade de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.9, p.1045-1051, 2003.

PRABHU, A. S; FILIPPI, M. C. C. **Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás, GO. Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 388p.

PRAKASH, N. B. et al. Effect of foliar spray of soluble silicic acid on growth and yield parameters of wetland rice in hilly and coastal zone soils of karnataka, south India. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, p. 1883–1893, 2011.

RAMOS, L. A.; KORNDORFER, G. H.; NOLLA, A. Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 751-757, 2008.

RAMOS, A. R. P. et al. Eficiência do silicato de potássio no controle do oídio e no desenvolvimento de abobrinha de moita. **Horticultura brasileira**, v. 31, n. 3, p. 432-438, 2013.

REIS, J. J. D. et al. Atributos químicos do solo e produção da cana-de-açúcar em resposta ao silicato de Cálcio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 3-9, 2013.

SALMAN, D. et al. Application of Nitrogen and Silicon Rates on Morphological and Chemical Lodging Related Characteristics in Rice (*Oryza sativa* L.) at North of Iran. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 6, p. 12-18, 2012.

SANTOS, G. R. et al. Adubação com silício: influência sobre as principais doenças e sobre produtividade do arroz irrigado por inundação. **Revista Ceres**, v. 50, n. 287, p. 1-8, 2003.

SANTOS, A. B. et al. Fertilização silicatada na severidade de brusone e na incidência de insetos-praga em arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 537-543, 2009.

SANTOS, G. R. et al. Effect of silicon sources on rice diseases and yield in the State of Tocantins, Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 451-456, 2011.

SANTOS, G. R. et al. Fertilização silicatada e nitrogenada no controle da brusone do arroz em sistema irrigado. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 103-108, 2014.

SARTORI, G. M. S. et al. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**, v.43, n. 3, p. 397-403, 2013.

SCHEUERMANN, K. K.; EBERHARDT, D. S. Avaliação de fungicidas para o controle da brusone de panícula na cultura do arroz irrigado. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 10, n. 1, p. 23-28, 2011.

SCHURT, D. A. et al. Análise microscópica da resistência do arroz à queima das bainhas mediada pelo silício. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p. 93-101, 2015.

SILVA, M. L. S. et al. Influência do silício na produção e na qualidade de frutos do morangueiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3411-3424, 2013.

SILVA-LOBO, V. L. et al. Relação entre o teor de clorofila nas folhas e a severidade de brusone nas panículas em arroz de terras altas. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n. 1, p. 83-87, 2012.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. XXX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, Bento Gonçalves, RS: SOSBAI, 2014. 192 p.

SOUSA, J. V. et al. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010.

VENSKE, E. et al. Fatores abióticos sobre o efeito de herbicidas na qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n.4, p. 818-825, 2015.

WORDELL FILHO, J. A.; DUARTE, H. S. S.; RODRIGUES, F. A. Efeito da aplicação foliar de silicato de potássio e de fungicida na severidade da ferrugem da folha e da mancha amarela do trigo. **Revista Ceres**, v. 60, p. 726-730, 2013.

YOSHIDA, S.; NAVASERO, S.; RAMIREZ, E. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of the rice plant. **Plant Soil**, v. 31, p. 48-56, 1969.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; ZANÃO JUNIOR, L. A. (ed). **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. 1 ed. Viçosa, MG, 2012. 321p.

ZANÃO JUNIOR, L. A. et al. Produção de rosas influenciada Pela Aplicação de doses de silício no substrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1611-1619, 2013.

CAPÍTULO II

ADUBAÇÃO NITROGENADA, SILICATOS E FUNGICIDAS NA QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS DE ARROZ IRRIGADO

NITROGEN, SILICATES AND FUNGICIDES IN MILLING QUALITY OF IRRIGATED RICE GRAIN

RESUMO

A qualidade industrial de grãos de arroz irrigado são influenciados pela combinação de várias práticas agrícolas, condições climáticas decorrentes durante o período de cultivo, colheita e beneficiamento. Neste sentido, objetivou-se verificar os efeitos da aplicação de doses de N, de silicatos e a utilização de fungicidas na qualidade industrial de grãos da cultivar Guri INTA CL. Foram conduzidos dois experimentos a campo na safra agrícola 2014/15. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial (4x4x2), com quatro repetições. No experimento I, os tratamentos foram constituídos de doses de nitrogênio (N) (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) aplicados em cobertura, doses de silicato de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (0, 3000, 6000 e 9000 kg ha⁻¹) aplicados via solo e aplicação ou não de fungicidas. Os tratamentos do experimento II foram: doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) aplicados em cobertura, aplicação de silicato de potássio (K) via foliar (0; 2,9; 5,8 e 8,7 L ha⁻¹) e aplicação ou não de fungicidas. Observou-se que doses acima de 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura apresentaram decréscimo de grãos inteiros e vítreos e, aumento de grãos gessados quando não foram realizadas aplicações de fungicidas para o controle de brusone. A utilização de fungicidas causa menor severidade de brusone nas panículas, as quais, consequentemente, apresentam maior quantidade de grãos inteiros e menores percentuais de grãos gessados.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L. *Pyricularia oryzae*. Rendimento do grão. Grãos inteiros.

ABSTRACT

The grain quality milling of irrigated rice is influenced by the combination of various practices, climatic conditions arising during cultivation, harvesting and processing. In this sense, it aimed to verify the effects of application of N rates, silicates and the use of fungicides in grain quality milling Guri INTA CL cultivar. Two field experiments were conducted to field in the season 2014/15. The experimental design was randomized blocks in a factorial (4x4x2), with four replications. In the experiment I, the treatments consisted of nitrogen rates (N) (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) applied pre-flood and post flood, calcium (Ca) silicate doses and magnesium (Mg) (0, 3000, 6000 and 9000 kg ha⁻¹) applied pre-flood and whether or not fungicide. The treatments experiment II were nitrogen rates (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) applied in coverage, application of potassium silicate (K) to the rates (0; 2,9; 5,8 and 8,7 L ha⁻¹) and whether or not fungicides. It was observed that the application of N, silicates and fungicides positively interfere in the milling yield, whole grains and glassy grains in both experiments. Rates above 60 kg ha⁻¹ N coverage showed a decrease of whole grains and glassy and increased chalky grains when not made applications of fungicides for the control of rice blast. The use of fungicides less leaf severity and panicle blast, which consequently have a higher amount of whole grain and lower percentage of chalky grains.

Keywords: *Oryza sativa* L. *Pyricularia oryzae*. Grain yield. Whole grain.

INTRODUÇÃO

O arroz é um dos cereais mais importantes para a população mundial. Grande parte do seu consumo é através de grãos inteiros beneficiados, assim, a qualidade dos grãos são características que determinam o valor pago ao produtor e fator decisivo na tomada de decisão do consumidor na hora da compra (FANG et al., 2015). Dessa forma, os produtores também buscam melhor rendimento industrial, qualidade dos grãos e aliado a isso melhores produtividades, reduzindo a quantidade de defeitos e o número de grãos gessados (PENG et al., 2014).

A elevação em produtividade e qualidade industrial de grãos também requerem maior utilização de insumos e adequado manejo da área, que em determinadas situações aumentam o custo de produção. Um dos itens com maior participação no custo de produção na safra agrícola 2014/15 tem sido o manejo da adubação de base e de cobertura (IRGA, 2016), em que o nitrogênio (N) é o nutriente mais limitante da produção e o requerido em maiores quantidades (AHMED et al., 2016).

Por estar relacionado ao crescimento e desenvolvimento das plantas, o fornecimento de altas doses de N para a cultura do arroz aumenta a área foliar do vegetal e diminui a produção de compostos ligados à defesa da planta, que aliados as condições climáticas na época do cultivo favorecem a ocorrência de brusone (MAUAD et al., 2003; YOGENDRA et al., 2014; GAUTAM et al., 2016). A brusone tem como agente causal o fungo *Pyricularia oryzae* que ataca toda a planta, podendo causar prejuízos de até 100% para a produção de arroz em lavouras de todo o mundo (PRABHU; FILIPPI, 2006; BREGAGLIO et al., 2016).

Além das perdas em produtividades, a qualidade do grão também é afetada, principalmente quando a brusone ataca o período de enchimento de grãos (PRABHU; FILIPPI, 2006). O uso de fungicidas tem sido a principal forma de controle da doença, mas em decorrência de práticas mais sustentáveis no campo, o uso de silicatos tem sido uma proposta promissora para minimizar o uso de fungicidas e que necessita ser avaliada.

A utilização de silicatos via adubação de solo ou foliar tem o objetivo de fornecer silício para as culturas devido sua associação com fatores benéficos às plantas, em destaque, a maior rigidez estrutural dos tecidos que aumenta a resistência mecânica das células, diminuindo o autossombreamento e a proteção contra estresses bióticos, através da

diminuição da incidência de patógenos (LIMA et al., 2011).

Com isso, plantas com menor incidência de patógenos e adequada quantidade de N fornecida aumentam a produtividade e consequentemente o rendimento do grão. Amostras com maior quantidade de grãos inteiros e menor porcentagens de grãos gessados possuem maior valor de mercado (MARCHEZAN; DARIO; TORRES, 1992; LIJIE et al., 2015). Os trabalhos relacionados aos efeitos do N, Si e aplicações de fungicidas são escassos quando se trata de rendimento industrial de grãos de arroz irrigado. Diante disso, o trabalho teve por objetivo verificar os efeitos da adubação de N em cobertura, de silicatos aplicados via solo e foliar e a utilização de fungicidas sobre a qualidade industrial de grãos da cultivar Guri INTA CL.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em condições de campo, durante a safra agrícola 2014/15, em área didático-experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com latitude -29.7000° , longitude -53.7000° e altitude 95 metros. O clima do local é caracterizado, segundo a classificação de KÖPPEN, como subtropical úmido (Cfa), sem estação seca, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (MORENO, 1961), o solo é classificado como Planossolo Háptico Eutrófico arênico que pertence à unidade de mapeamento Vacacaí (EMBRAPA, 2013), com seguintes características químicas: pH em água (1:2:5) = 6,0; matéria orgânica = $1,7 \text{ dag kg}^{-1}$; P = 23 mg dm^{-3} ; K = 49 mg dm^{-3} ; Ca = $5,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$; Mg = $0,2 \text{ cmolc dm}^{-3}$; S = $9,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$; Al = $0,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$; Si = $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$; saturação de Al = 0,0% e saturação de base = 65,5%.

No experimento I, o silicato de Ca e Mg (SiCaMg) foi fornecido às plantas de arroz via solo e, no experimento II, o silicato de K foi fornecido via foliar.

Experimento I (SiCaMg via solo): o delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial ($4 \times 4 \times 2$), com quatro repetições. Os tratamentos do fator A foram compostos por doses de nitrogênio (N) aplicados em cobertura: 0 kg ha^{-1} , 60 kg ha^{-1} , 120 kg ha^{-1} e 180 kg ha^{-1} . O fator C correspondeu a doses de silicato de Cálcio e Magnésio (PRNT = 85%; Ca = 25%; Mg = 6%; Si = 10,5% e SiO_2 = 22,4%) aplicados via solo no momento da semeadura: 0 kg ha^{-1} , 3000 kg ha^{-1} , 6000 kg ha^{-1} e 9000 kg ha^{-1} . O fator D correspondeu à aplicação ou não de fungicidas.

Experimento II (silicato de K via foliar): o delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial ($4 \times 4 \times 2$), com quatro repetições. Os tratamentos do fator A

foram compostos pelas doses de nitrogênio (N) aplicados em cobertura: 0 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ e 180 kg ha⁻¹. O fator C correspondem as doses de silicato de potássio (Si: 10%, K₂O: 24% e densidade 1,41 g cm⁻³): 0 L ha⁻¹, 2,9 L ha⁻¹, 5,8 L ha⁻¹ e 8,7 L ha⁻¹ aplicados via foliar com volume de calda de 135 L ha⁻¹. Para o fator D, os tratamentos foram: sem aplicação de fungicidas e com aplicação de fungicidas.

O manejo utilizado para a condução dos experimentos foram os mesmos, com exceção às aplicações dos tratamentos. A cultivar utilizada foi Guri INTA CL, a qual apresenta características de ciclo médio (125 a 130 dias), suscetível à brusone e alta qualidade de grãos. A semeadura foi realizada dia 08 de dezembro de 2014, na densidade de 80 kg ha⁻¹ de sementes. Cada parcela foi constituída por nove linhas espaçadas em 0,17 m, totalizando 3,825 m². O tratamento de sementes consistiu de inseticida fipronil (37,5 g i.a ha⁻¹) e fungicida fludioxonil (3,75 g i.a ha⁻¹).

A adubação de base foi realizada na linha de semeadura com 16 kg ha⁻¹ de N, 68 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 108 kg ha⁻¹ de K₂O. Na adubação de cobertura, utilizou-se como fonte de N a uréia aplicada dois terços no estágio V3/V4 e o restante em R0 seguindo a escala proposta por Counce et al. (2000).

Para o controle de plantas daninhas, utilizaram-se os herbicidas de princípio ativo clomazona e bentazona nas doses de 62,5 g i.a ha⁻¹ e 960 g i.a ha⁻¹, respectivamente. Para o controle de pragas foi utilizado inseticida com o princípio ativo zeta-cipermetrina na dose de 21 g i.a ha⁻¹ aplicados através de pulverizador costal manual, com vazão de 120 L ha⁻¹.

As aplicações de fungicidas ocorreram com o aparecimento das primeiras manchas de brusone, entre os estádios fenológicos V6 e V7, através de pulverizações com a mistura de fungicidas de princípio ativo triciclazol, azoxistrobina e difenoconazol nas doses de 225 g i.a ha⁻¹, 100 g i.a ha⁻¹ e 50 g i.a ha⁻¹, respectivamente, sendo realizadas quatro aplicações de fungicidas. As aplicações foram realizadas com um pulverizador costal propelado por CO₂ (pressão de 40 lbs pol⁻²), equipado com uma barra de quatro pontas de pulverização, cone vazio (Jacto JA-2) espaçadas 0,50 m, utilizando 135 L ha⁻¹ de volume de calda, com adição de 0,5 % v/v de óleo mineral emulsionável. As práticas de manejo utilizadas foram de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2014).

As variáveis analisadas foram: rendimento do grão através do percentual de grãos inteiros e quebrados obtidos pelo processo de beneficiamento de quatro amostras de 100g de arroz com casca para cada tratamento, realizado em testadora de amostras de arroz da marca Zaccaria (engenho de provas). A máquina foi aferida utilizando-se uma amostra de arroz obtida no órgão oficial de classificação de grãos no Estado do Rio Grande do Sul

(ASCAR/EMATER). O procedimento adotado para classificação das amostras consistia de 10 segundos para o descascamento dos grãos e 60 segundos para o processo de brunimento. A separação dos grãos em inteiros e quebrados foi realizada com o "trieur", que acompanha a testadora. O percentual de grãos inteiros foi obtido pela pesagem dos grãos, após seu processo de separação. Para a renda do benefício foi somado os grãos inteiros e quebrados.

Para a qualidade industrial dos grãos foram utilizadas quatro amostras de cada tratamento e avaliadas com a utilização de um analisador estatístico de arroz (S-21). Esse equipamento é um scanner que tem um computador acoplado a um sistema digital de captura de imagens e que analisa os grãos individualmente, mensurando a porcentagem de brancura, índice de quebra, porcentagem de grãos gessados, área gessada, barriga branca, dentre outras características. Foram considerados grãos gessados aqueles que apresentavam 70% ou mais da área gessada. Grãos barriga branca, quando eles mostraram um pequeno ponto médio branco cobrindo uma área entre 40 e 70% da superfície do grão. A área gessada foi calculada pela razão média da área de grãos gessados considerando a superfície de todos os grãos da amostra. Os grãos vítreos foram aqueles que apresentaram superfície completamente translúcida sem nenhum defeito.

A incidência de brusone nas panículas foi avaliada efetuando-se a contagem das panículas infectadas em um metro na linha de semeadura no estádio R8. A severidade de brusone nas panículas foi determinada através de uma escala padronizada de 0 a 100% avaliada em um metro na segunda linha de semeadura no estádio R8, utilizando uma escala de seis níveis (0; 5; 25; 50; 75 e 100% de espiguetas afetadas) conforme Prabhu (1990). A severidade média de brusone nas panículas foi calculada pela fórmula $BP (\%) = \Sigma (\text{valor de classe} \times \text{frequência}) / \text{número total de panículas}$, conforme trabalho de Silva-Lobo et al. (2012).

Os dados dos experimentos foram submetidos aos testes das pressuposições do modelo matemático, tais como, normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias. As médias dos tratamentos quantitativos foram submetidas à análise de regressão polinomial determinando-se o intervalo de confiança de $P \leq 0,05$ e teste de Tukey a 5% de probabilidade foi usado para comparar as médias do fator qualitativo. Os dados das variáveis: incidência, severidade de brusone nas panículas e grãos gessados, para ambos os experimentos, e barriga branca (experimento I) foram transformados conforme a equação: $yt = \sqrt{(y + 0,5)/100}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

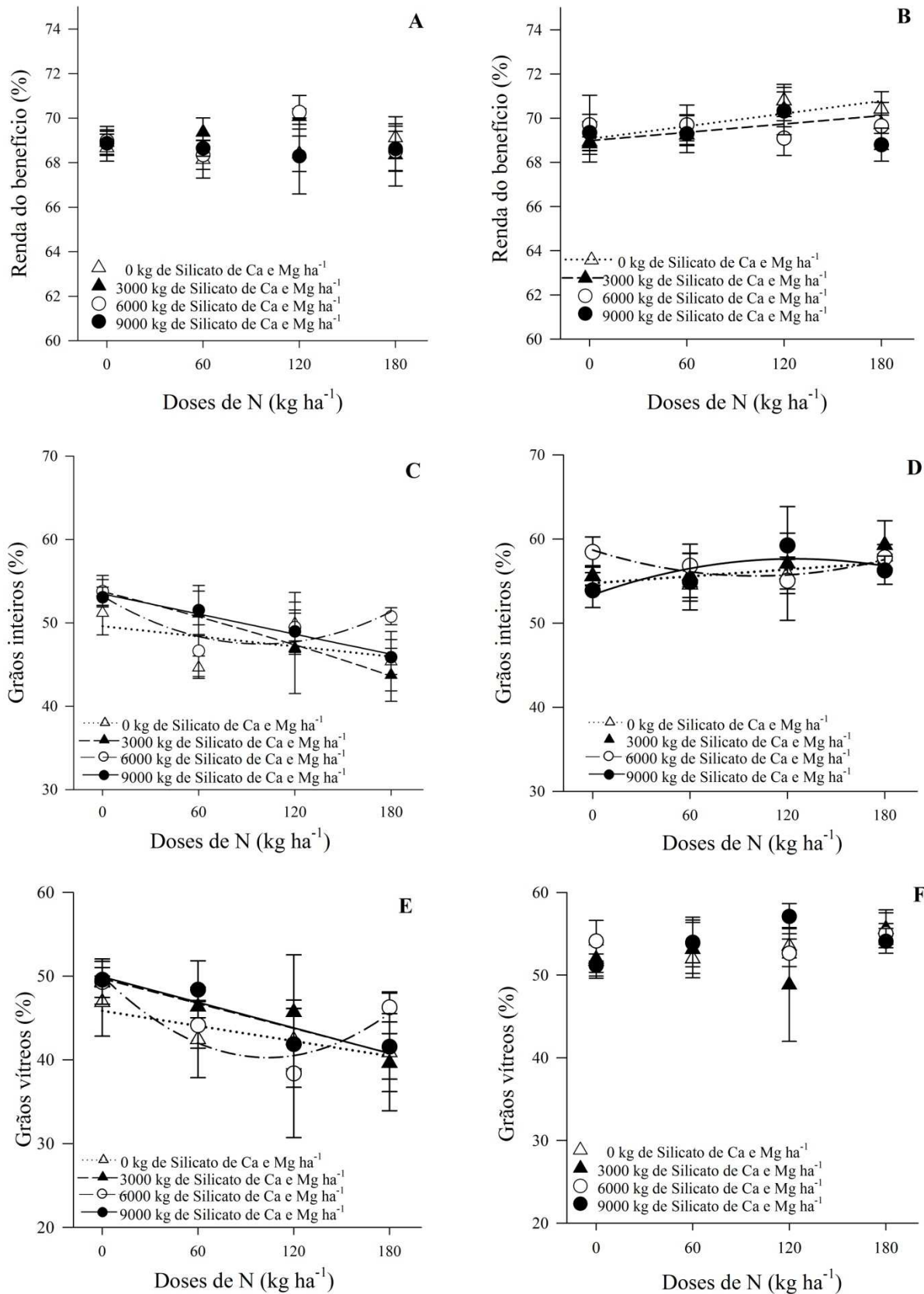
Experimento I

Houve interação entre as doses de N, SiCaMg e aplicações de fungicidas para renda do benefício, grãos inteiros e grãos vítreos (Figura 1). Os valores para a renda do benefício independente da aplicação ou não de fungicidas se mantiveram entre 68 a 71%. Porém, levando em consideração que a renda é a soma dos grãos inteiros e quebrados, foi verificado que o percentual de grãos inteiros sem aplicação de fungicidas diminui com o aumento das doses de N, devido ao alto índice de severidade de brusone apresentados na fase de desenvolvimento da cultura que consequentemente, afetaram o enchimento de grãos.

Uma das características da qualidade industrial de grãos importantes para o consumo, é o percentual de grãos inteiros e vítreos, estes com as aplicações de fungicidas (Figura 1D e F) se mantiveram numa faixa entre 50 a 60%, em decorrência, quando não houve aplicações de fungicidas o percentual variou de 40 a 50% (Figura 1C e E). Para grãos inteiros na ausência de fungicidas, as doses de silicatos apresentaram diferenças apenas nas doses de 60 e 180 kg ha⁻¹ de N, com maiores percentuais nas doses de 6000 e 9000 kg ha⁻¹ de SiCaMg. Apesar das doses de SiCaMg apresentarem diferenças quando não há aplicações de fungicidas, seus valores são baixos quando comparados com o uso de fungicidas, que mantiveram maiores percentuais tanto para grãos inteiros como vítreos. No entanto, Marchesan et al. (2004) com a utilização de doses de silicato de 0 a 6000 kg ha⁻¹ não observaram diferenças durante três anos de experimento entre as aplicações de silicato para grãos inteiros. A baixa ocorrência de doenças, condições desfavoráveis ao desenvolvimento dos patógenos e o manejo adequado da lavoura mencionadas pelos autores acima citados podem está associados a diferença não encontrada pelas aplicações de silício. Além disso, os dados do presente trabalho demonstraram que a atuação do uso de silicato é mais expressiva em altos índices de doenças, sem o uso de fungicidas.

A utilização de fungicidas mostrou-se eficiente no controle de brusone, mantendo a quantidade de grãos inteiros e vítreos. Assim, nos estádios que compreendem o enchimento de grãos, entre R5 a R9, as folhas e panículas apresentavam-se saudáveis, já que a brusone quando ataca o nó abaixo da panícula interrompe o fluxo de fotoassimilados para os grãos, interferindo no seu enchimento e massa, sendo causadora das maiores perdas em produtividade quando comparada com a brusone foliar (EMBRAPA, 2011; HAO et al., 2014).

Figura 1 - Renda do benefício (A e B), grãos inteiros (C e D) e grãos vítreos (E e F) em função de doses de N, SiCaMg, sem (A, C e E) e com aplicações de fungicidas (B, D e F) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



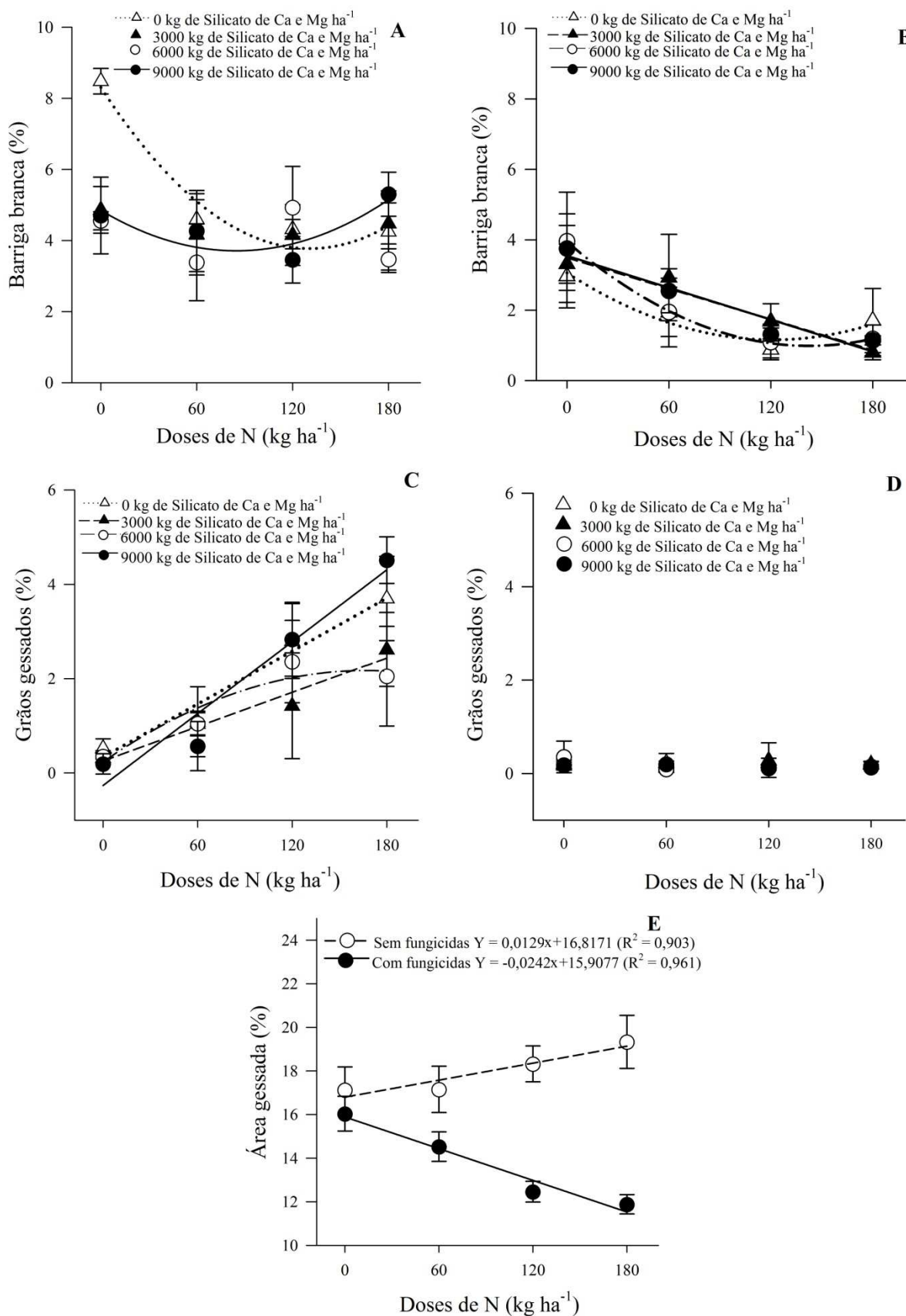
Os parâmetros barriga branca e grãos gessados foram influenciados pelas doses de N, silicatos e fungicidas (Figura 2). Com relação à essas características, observou-se melhor qualidade industrial do grão, nos tratamentos que receberam aplicações de fungicidas. O uso de fungicidas resulta em aumento no rendimento industrial pela redução da severidade foliar de doenças fúngicas (BORDIN et al., 2016).

A aparência dos grãos gessados é um fator importante para o consumidor na hora da compra. Desta forma, o percentual de grãos gessados encontrados nesse experimento remetem a classificá-los de acordo com instrução normativa de número 6 de 2009 (BRASIL, 2009), em que as plantas que receberam aplicações de fungicidas têm seus grãos de arroz do tipo I e aquelas que não receberam aplicações tem grãos do tipo I, II e III. As diferenças de classificação em tipos variaram conforme o aumento da severidade da doença e a não aplicações de fungicidas, em que as doses acima de 60 kg ha^{-1} de N por apresentarem maior severidade de brusone (Figura 6) sem o controle com fungicidas aumentam a percentagem de grãos gessados, que consequentemente diminuiriam a qualidade industrial dos grãos, afetando sua aparência. O gesso predispõe o grão à quebra durante o beneficiamento e, mesmo que esses grãos resistam à quebra, eles reduzem o valor pago ao produtor (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009). Os grãos gessados são influenciados principalmente pelas características genéticas de cada cultivar e pelas condições climáticas, especialmente altas temperaturas durante o período de enchimento de grãos (ZHAO; FITZGERALD, 2013).

O uso de SiCaMg também apresentou diferenças entre as variáveis estudadas, seus efeitos foram observados na ausência de fungicidas para o percentual de barriga branca e grãos gessados. No entanto, não foi observado um efeito crescente, ou seja, menores percentuais de grãos gessados nas maiores quantidades de SiCaMg aplicado (Figura 2C), pois a dose de 9000 kg ha^{-1} de SiCaMg apresentou maior percentual de grãos gessados nas doses de 120 e 180 kg ha^{-1} de N. Porém, a utilização de aplicação de silício nos cultivos tem evidenciado sua eficiência no controle ou minimização da incidência de doenças (KORNDÖRFER; DATNOFF, 1995). Várias pesquisas demonstram seu efeito positivo na menor incidência de brusone na cultura do arroz (BERNI; PRABHU, 2003; SANTOS; et al., 2009; SOCREPPA JUNIOR; BONALDO, 2013; SANTOS et al., 2014).

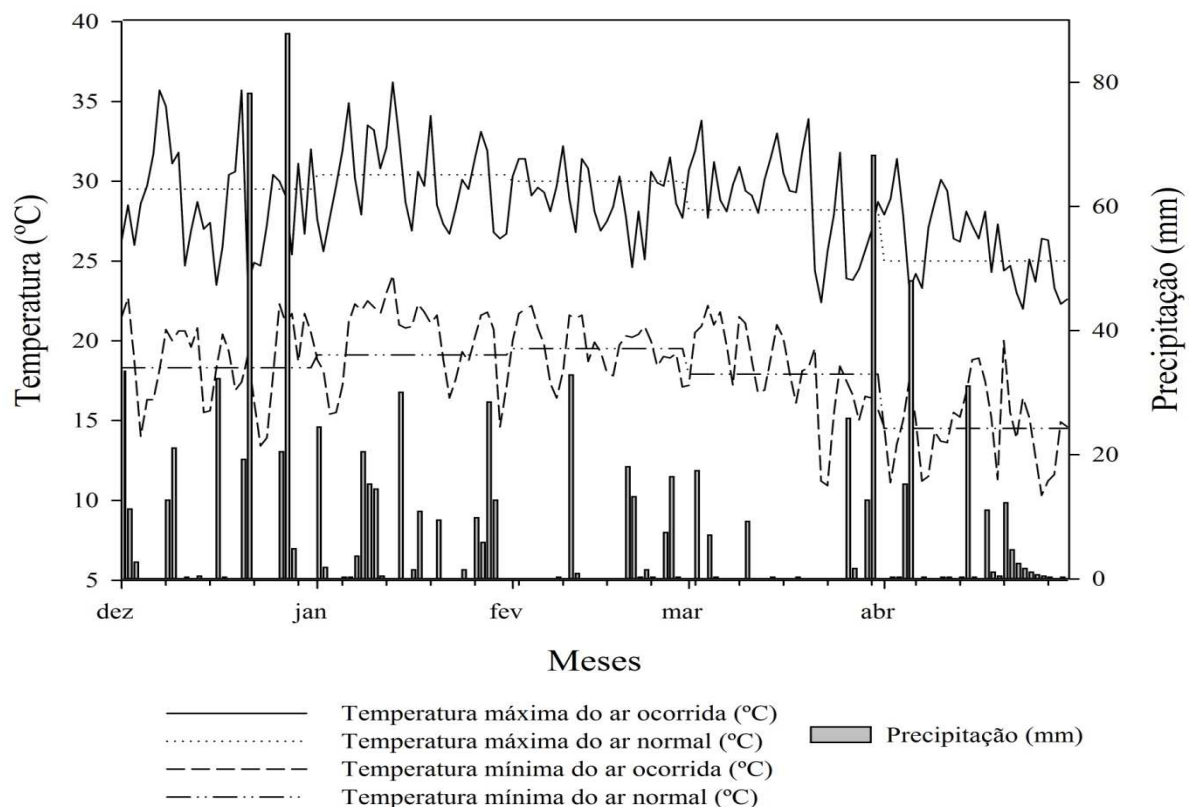
Já para a área gessada (Figura 2E), apenas as doses de N e as aplicações de fungicidas influenciaram esta variável. A área gessada é uma característica complexa, sendo considerado a parte opaca do grão de arroz, que possui uma menor densidade de grânulos de amido em comparação com os vítreos, e que durante o beneficiamento são mais propícios à quebra afetando de maneira negativa a aparência dos grãos (LIN et al., 2014).

Figura 2 - Barriga branca (A e B), grãos gessados (C e D) e área gessada (E) em função de doses de N, SiCaMg, sem (A e C) e com aplicações de fungicidas (B e D) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



O efeito do N sobre os grãos de arroz que não receberam aplicações de fungicidas está ligado ao aumento no fornecimento de N que eleva o aparecimento de doenças, devido a redução na atividade de algumas enzimas ligadas ao conteúdo de alguns compostos fenólicos, de lignina e diminuição no teor de silício nas plantas (MARSCHNER, 1995). Além da oferta de N, as condições climatológicas ocorridas na safra 2014/15 (Figura 3) de temperatura e chuvas frequentes que aumentam o período de umidade no dossel das plantas foram responsáveis em favorecer a incidência e a severidade de brusone. As condições climáticas são um dos fatores que determinam a ocorrência de doenças, assim, precipitações frequentes, com baixa luminosidade causam nebulosidade e molhamento foliar, essas são características que determinam que algumas doenças sejam mais agressivas que outras em diferentes regiões e em diferentes safras (VIDA et al., 2004).

Figura 3 - Temperatura do ar máxima e mínima, ocorrida e normal e, precipitação pluvial ocorrida durante os meses de condução do experimento na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



Na tabela 1 são apresentadas as equações e coeficientes de determinação das regressões para as variáveis renda do benefício (%), grãos inteiros (%), grãos vítreos (%), grãos gessados (%) e barriga branca (%) com ajustes lineares e quadráticos.

Tabela 1 - Equações e coeficientes de determinação (R^2) das regressões correspondentes às variáveis: renda do benefício (%), grãos inteiros (%), grãos vítreos (%), barriga branca (%) e grãos gessados (%) da cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL. Santa Maria, RS, 2016.

Sem aplicações de Fungicidas			Com aplicações de Fungicidas	
Renda do benefício(%)				
Tratamentos	Equação	R²	Equação	R²
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	*		Y = 0,0095x + 69,0683 ^{**}	0,765
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	*		Y = 0,0062x + 68,9900 ^{**}	0,534
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	*		*	
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	*		*	
Grãos inteiros (%)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = -0,0234x + 49,4541 ^{**}	0,370	Y = 0,0135x + 54,7975 ^{**}	0,561
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = -0,0003x² + 0,0182x + 53,0387 ^{**}	0,829	*	
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = 0,0013x² - 0,2716x + 55,3012 ^{**}	0,717	Y = 0,0003x² - 0,0615x + 58,7337 ^{**}	0,836
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = -0,0402x + 53,5100 ^{**}	0,979	Y = -0,0003x² + 0,0683x + 54,5775 ^{**}	0,757
Grãos vítreos (%)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = -0,0300x + 45,8830 ^{**}	0,808	*	
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = -0,0494x + 49,7326 ^{**}	0,891	*	
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = 0,0009x² - 0,1879x + 50,0506 ^{**}	0,841	*	
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = -0,0508x + 49,9587 ^{**}	0,872	*	
Barriga branca (%)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = 0,00005x² - 0,0132x + 2,9649 ^{**}	0,955	Y = 0,00004x² - 0,0101x + 1,8894 ^{**}	0,897
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	*		Y = -0,0046x + 2,0113 ^{**}	0,960
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	*		Y = 0,00004x² - 0,0118x + 2,0978 ^{**}	0,998
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = 0,00003x² - 0,0061x + 2,3108 ^{**}	0,739	Y = -0,0045x + 2,0115 ^{**}	0,942
Grãos gessados (%)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = 0,0061x + 0,9743 ^{**}	0,967	*	
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = 0,0044x + 0,9135 ^{**}	0,960	*	
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = -0,00002x² + 0,0092x + 0,8887 ^{**}	0,940	*	
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	Y = 0,0084x + 0,7151 ^{**}	0,950	*	

R^2 Coeficiente de determinação *Não significativo **Significativo a 5% pelo teste F.

CONCLUSÃO

As aplicações de fungicidas são eficientes para o controle de brusone, que consequentemente mantém o percentual de grãos inteiros e vítreos de arroz irrigado da cultivar Guri INTA CL.

Doses acima de 60 kg ha⁻¹ de N aumentam o percentual de grãos gessados quando não são realizadas aplicações de fungicidas.

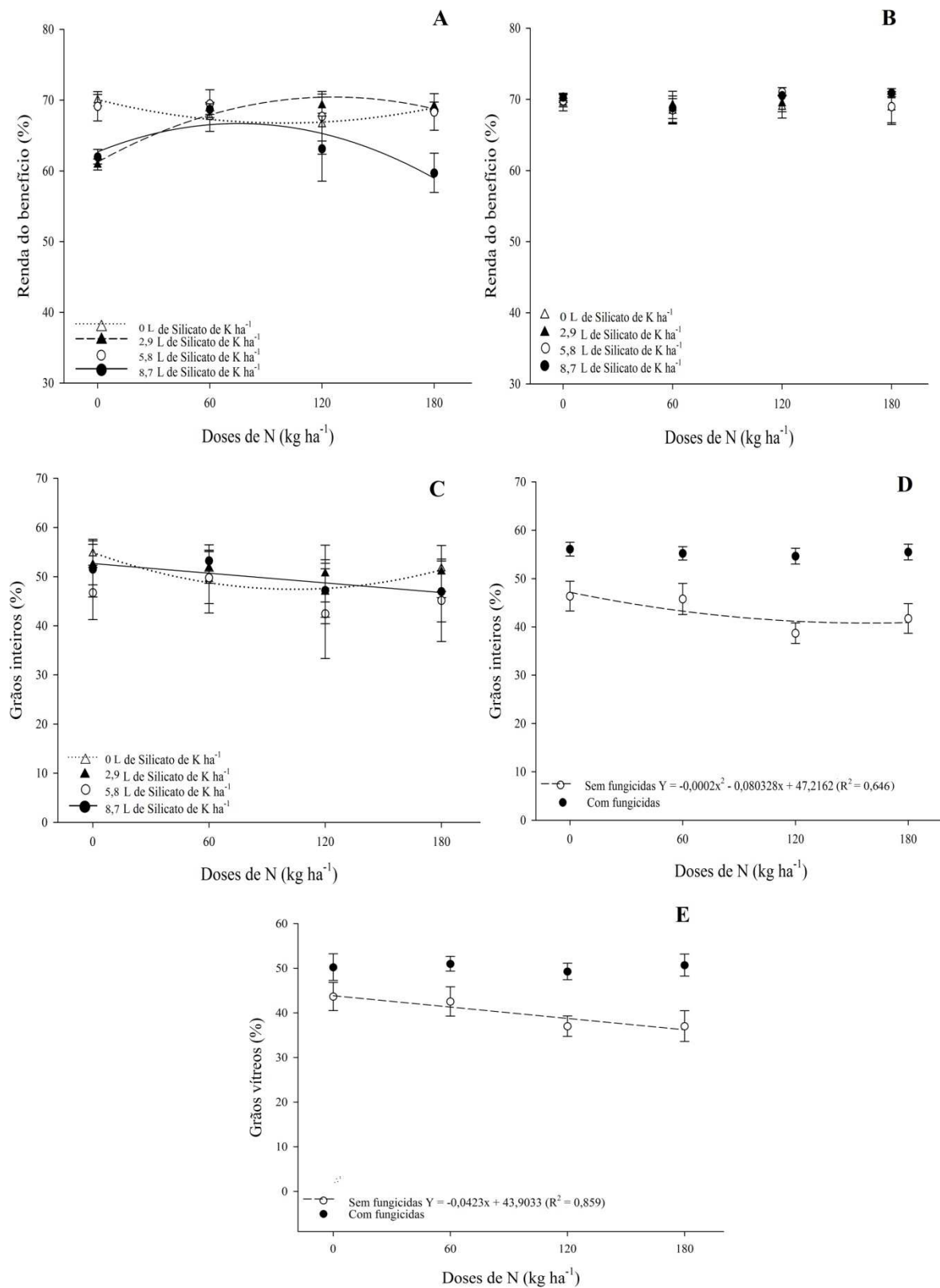
Experimento II

Houve interação tripla entre os tratamentos para a renda do benefício (Figura 4A e B). A renda de beneficiamento oscilou entre 54 e 71% e, na ausência de fungicidas obtiveram respostas distintas entre as aplicações de silicato de potássio (Figura 4A). Provavelmente, pode estar associado à diferença de absorção das folhas do produto aplicado, sua arquitetura no momento da aplicação, dentre outros fatores que comprometem a absorção foliar.

Para o percentual de grãos inteiros, houve a influência da interação entre o N e as doses de silicato de k (Figura 4C) e interação entre as doses de N e as aplicações de fungicidas (Figura 4D). O percentual de grãos vítreos foram influenciados apenas pelas doses de N e as aplicações de fungicidas (Figura 4E). Fato este, ocorrido pela alta severidade de brusone no campo, que diminuiu a qualidade industrial dos grãos, pois as doenças são um dos fatores que alteram a qualidade de grãos nos parâmetros renda de benefício, grãos inteiros, gessados e manchados. Elas são responsáveis em reduzir a área foliar de plantas de arroz, influenciando a capacidade em fazer fotossíntese e produzir fotoassimilados, que influenciam o enchimento de grãos em plantas infectadas (CASTRO et al., 1999; BORDIN et al., 2016).

Quando foram aplicados fungicidas nas plantas de arroz, os grãos mantiveram maiores percentuais de renda, inteiros e vítreos, com valores constantes, independente da utilização de silicato de potássio. Em acordo com os dados de Bordin et al. (2016), que avaliando a aplicação de fungicidas em diferentes estádios fenológicos da cultura do arroz irrigado observaram que menores severidades de doenças foliares apresentam maior percentual de rendimento industrial (renda de benefício e grãos inteiros). Nos estudos de Teló et al. (2011) para percentuais de grãos inteiros entre os cultivares BR-IRGA 409, IRGA 417, IRGA 422CL e IRGA 423 com aplicações de fungicidas, encontraram que o uso de fungicidas não influenciam no percentual de grãos inteiros do arroz quando a colheita é realizada com grau de umidade médio dos grãos entre 24 a 20% e que as cultivares de arroz respondem de forma variada em relação ao percentual de grãos inteiros.

Figura 4 - Renda do benefício (A e B), grãos inteiros (C e D) e grãos vítreos (E) em função de doses de N, silicato de K, sem (A) e com aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



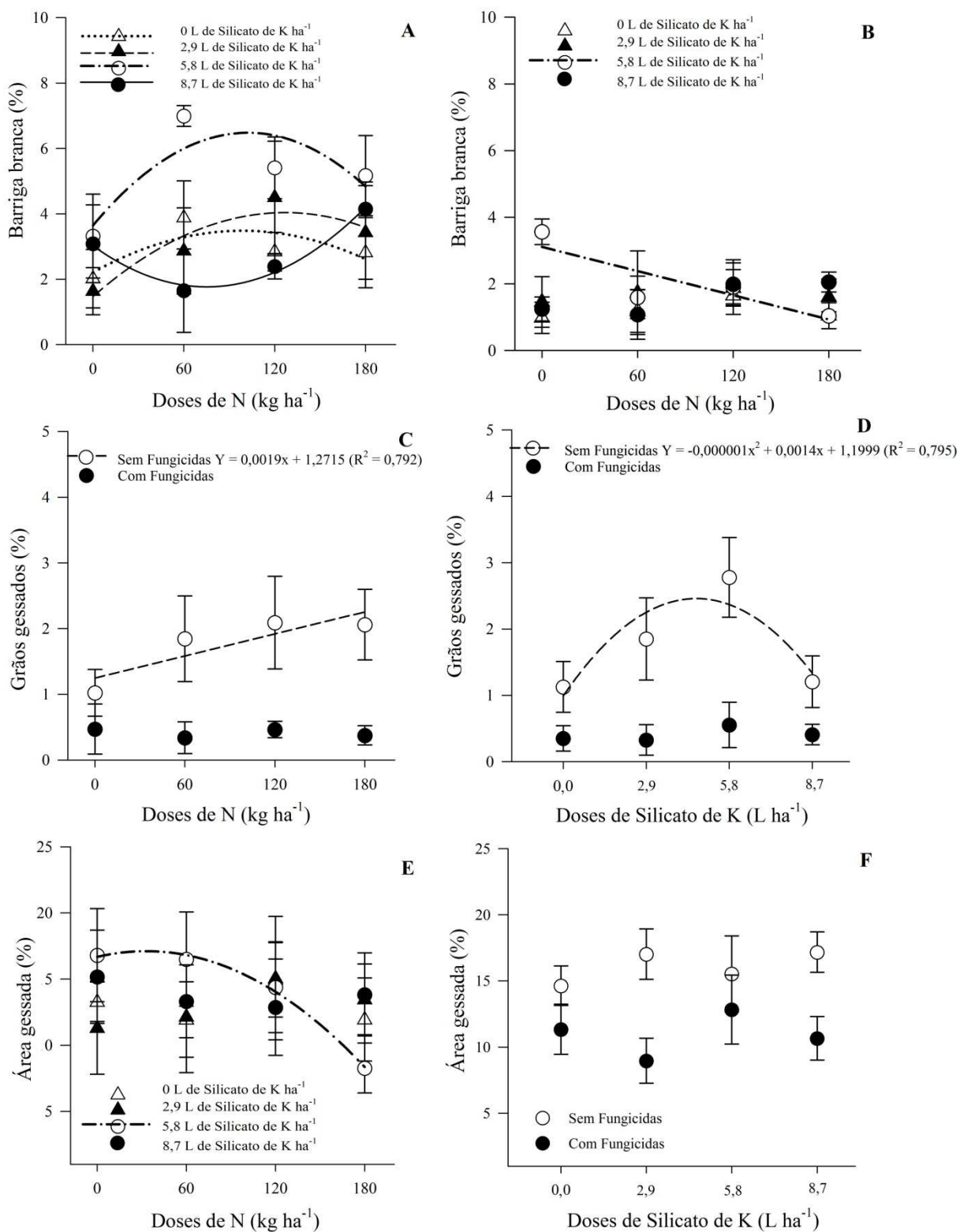
A ação combinada de N, silicato de potássio e fungicidas só foi observada para grãos classificados como barriga branca (Figura 5A e B). Menores percentuais de barriga branca foram encontrados com a utilização de fungicidas, e o contrário é observado para a ausência deles. As doses de silicato de K apresentam valores distintos em relação à quantidade de barriga branca presente no grão, não sendo observado efeito positivo em se aplicar silicato de K para a diminuição de grãos com barriga branca.

Os grãos gessados foram influenciados pela combinação das doses de N e fungicidas (Figura 5C), e de silicato de K e fungicidas (Figura 5D). Porém, as doses de N associados com fungicidas apresentaram valores inferiores a 1%, enquanto que sem fungicidas foram acima de 1%. A área gessada foi influenciada pelas doses N e silicato de K (Figura 5E) e, pelas as aplicações de fungicidas. A área gessada é uma característica complexa, sendo considerado a parte opaca do grão de arroz, que possui uma menor densidade de grânulos de amido em comparação com os vítreos, e que durante o beneficiamento são mais propícios à quebra afetando de maneira negativa a aparência dos grãos.

Quando houve o controle de brusone através do uso de fungicidas, os percentuais de grãos gessados e área gessada foram menores. Este resultado pode ser explicado pelo uso de fungicidas garantir às folhas de arroz irrigado maior área fotossinteticamente ativa e livre de doenças, tendo reflexo na maior renda do benefício, grãos inteiros e vítreos. Como o arroz, diferentemente da maioria dos outros cereais, é consumido como um grão inteiro, a aparência geral, incluindo comprimento e largura do grão, porcentagem de grãos gessados e a relação entre grãos inteiros e translúcidos são de grande importância na produção e consumo do cereal (QIAO et al., 2011). Os mesmos autores avaliando doses de até 270 kg ha⁻¹ de N, observaram que o aumento das doses de N em cultivares de arroz do grupo japonica resultaram em mais grãos com defeitos. LIJIE et al. (2015) analisando 351 cultivares do grupo indica com doses de N, observaram que o percentual de grãos gessados diminuíram com o aumento das doses de N, devido a uma maior acumulação de proteína e amido nos grãos.

As equações e os coeficientes de determinação das variáveis: renda do benefício, grãos inteiros, grãos vítreos e barriga branca estão descritos na tabela 2.

Figura 5 - Barriga branca (A e B), grãos gessados (C e D) e área gessada (E e F) em função de doses de N, silicato de K, sem (A) e com aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.



Os parâmetros relacionados com a qualidade industrial dos grãos da cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL foram influenciados pela ocorrência de brusone. A severidade de brusone nas panículas do experimento I foi maior na ausência de fungicidas (Figura 6A), no entanto, o controle de brusone com fungicidas apresentavam menores severidades, com percentuais inferiores a 2%, sem efeito da aplicação de SiCaMg (6B).

No experimento II, foi observado efeito das doses de N e o controle químico através do uso de fungicidas (Figura 6C), com controle eficiente das aplicações quando comparadas as panículas que não foram controladas.

Figura 6 - Severidade de brusone nas panículas em função de doses de N, SiCaMg (A e B), silicato de K (C) e sem (A) e com aplicações de fungicidas (B) na safra agrícola 2014/15. Santa Maria, RS. 2016.

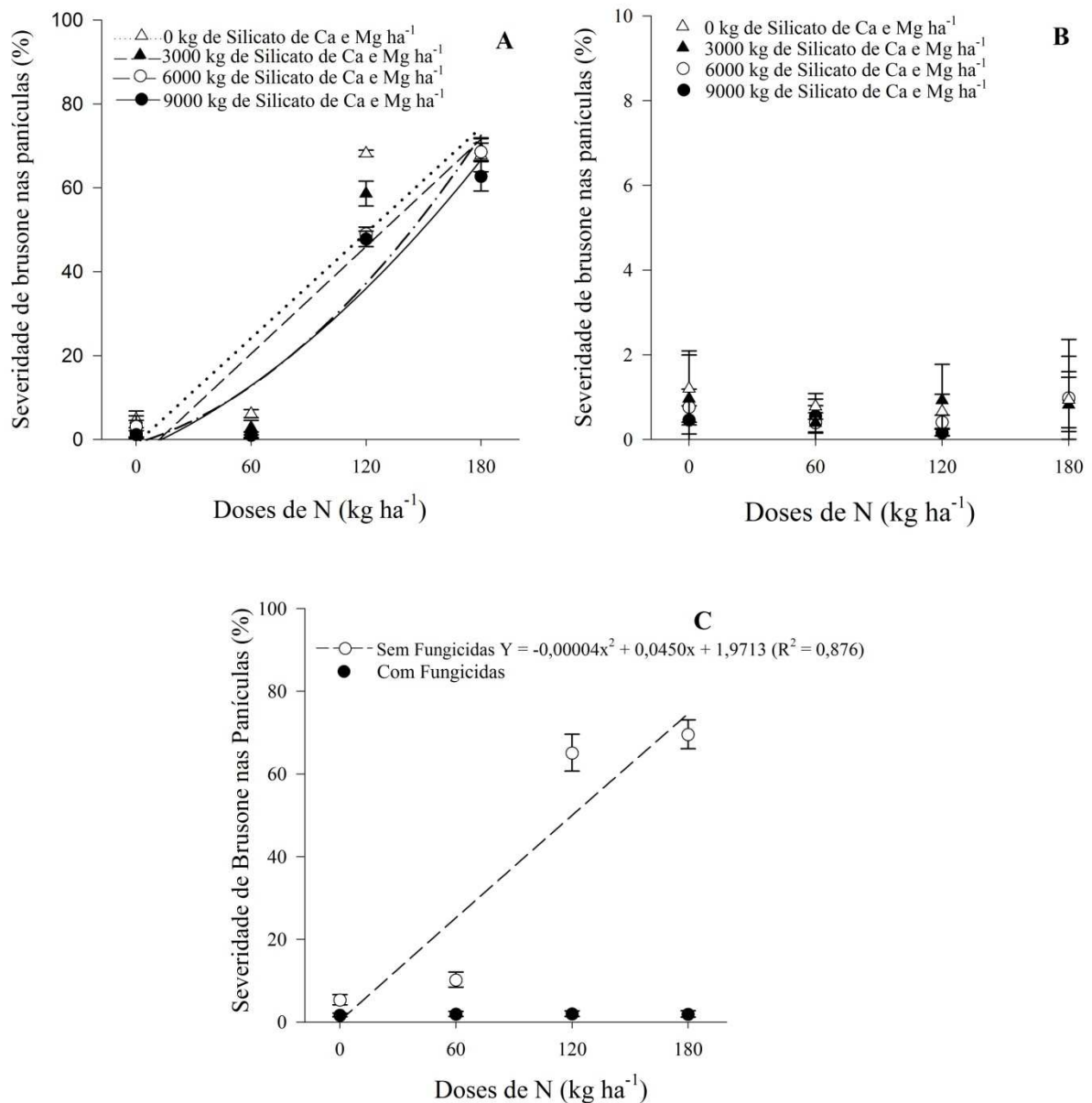


Tabela 2 - Equações e coeficientes de determinação (R^2) das regressões correspondentes às variáveis: renda do benefício (%), grãos inteiros (%), barriga branca (%) , área gessada (%) e severidade de brusone nas panículas (R8) da cultivar de arroz irrigado Guri INTA CL. Santa Maria, RS, 2016.

Sem aplicações de fungicidas			Com aplicações de fungicidas	
Renda do benefício(%)				
Tratamentos	Equação	R^2	Equação	R^2
0 L de Silicato de K ha ⁻¹	$Y = 0,0006x^2 - 0,1308x + 70,7908^{**}$	0,669	*	
2,9 L de Silicato de K ha ⁻¹	$Y = 0,0005x^2 - 0,1457x + 61,2837^{**}$	0,942	*	
5,8 L de Silicato de K ha ⁻¹	*		*	
8,7 L de Silicato de K ha ⁻¹	$Y = -0,0004x^2 + 0,0812x + 62,8908^{**}$	0,428	*	
Grãos inteiros (%)				
0 L de Silicato de K ha ⁻¹	$Y = 0,0006x^2 - 0,1435x + 54,9657^{**}$	0,965		
2,9 L de Silicato de K ha ⁻¹	*			
5,8 L de Silicato de K ha ⁻¹	*			
8,7 L de Silicato de K ha ⁻¹	$Y = -0,0328x + 52,7128^{**}$	0,658		
Barriga branca (%)				
0 L de Silicato de K ha ⁻¹	$Y = -0,0001x^2 + 0,0259x + 2,2106^{**}$	0,563	*	
2,9 L de Silicato de K ha ⁻¹	$Y = -0,0001x^2 + 0,0404x + 1,4812^{**}$	0,886	*	
5,8 L de Silicato de K ha ⁻¹	$Y = -0,0002x^2 + 0,0555x + 3,6481^{**}$	0,678	$Y = -0,0120x + 3,1137^{**}$	0,744
8,7 L de Silicato de K ha ⁻¹	$Y = 0,0002x^2 - 0,0333x + 3,0273^{**}$	0,980	*	
Área gessada (%)				
0 L de Silicato de K ha ⁻¹	*			
2,9 L de Silicato de K ha ⁻¹	*			
5,8 L de Silicato de K ha ⁻¹	$Y = -0,0004x^2 + 0,0263x + 16,7026^{**}$	0,995		
8,7 L de Silicato de K ha ⁻¹	*			
Severidade de brusone nas panículas (%)				
0 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0394x + 1,8037^{**}$	0,817	*	
3000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0431x + 0,9967^{**}$	0,844	*	
6000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,0001x^2 + 0,0190x + 1,2631^{**}$	0,846	*	
9000 kg de Silicato de Ca e Mg ha ⁻¹	$Y = 0,00007x^2 + 0,0299x + 0,7719^{**}$	0,860	*	

R^2 Coeficiente de determinação *Não significativo **Significativo a 5% pelo teste F.

O provável motivo pelo qual as aplicações de silicatos apresentaram maiores diferenças sobre a qualidade industrial de grãos quando não houve o controle químico com fungicidas, segundo Freitas et al. (2011), pode ser atribuído às maiores condições de estresse ocasionadas pela ocorrência de brusone, pois o Si tem efeito mais evidenciado em ambiente de estresse para às plantas, seja ele biótico ou abiótico.

CONCLUSÃO

Doses de N aumentam a severidade de brusone e necessitam que sejam controladas com fungicidas para manter elevada a renda do benefício, grãos inteiros e vítreos.

Doses acima de 60 kg ha⁻¹ de N, sem aplicações de fungicidas diminuem o percentual de grãos inteiros e vítreos, aumentando os índices de grãos gessados.

A qualidade industrial de grãos de arroz da cultivar Guri INTA CI diminui em altas severidades de brusone.

As doses de silicato de K tem maiores efeitos sem aplicações de fungicidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, S. et al. Growth, yield and nitrogen use efficiency of dry-seeded rice as influenced by nitrogen and seed rates in Bangladesh. **Field Crops Research**, v. 186, p. 18-31, 2016.

BERNI, R. FASCIN.; PRABHU, A. S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 195-201, 2003.

BORDIN, L. C. et al. Critical-point models to relate yield and disease intensity of the multiple pathosystem in rice leaf spots disease. **Ciência Rural**, v. 46, p. 7-12, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009. Aprova o Regulamento Técnico do Arroz, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 2009. Seção 1, p.3.

BREGAGLIO, S. et al. Coupling a generic disease model to the WARM rice simulator to assess leaf and panicle blast impacts in a temperate climate. **European Journal of Agronomy**, v. 76, p. 107-117, 2016.

CASTRO, E.M. et al. **Qualidade de grãos em arroz**. Embrapa Arroz e Feijão, (Circular Técnica, 34),1999, 30p.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manejo de Doenças. In: **Cultivo de arroz irrigado orgânico no Rio Grande do Sul**. Pelotas, 2011. Disponível em: < http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/sistemas/sistemas-17/cap8_manejo_de_doencas.htm >. Acesso em 17 de jun 2014.

FANG, C. et al. Simultaneous Determination of Multi Rice Quality Parameters Using Image Analysis Method. **Food Analytical Methods**, v. 8, n. 1, p. 70-78, 2015.

FITZGERALD, M.; MCCOUCH, S.; HALL, R. Not just a grain of rice: the quest for quality. **Trends in Plant Science**, v. 14, n. 3, p. 133-139, 2009.

FREITAS, L. B. et al. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 58, n.2, p. 262-267, 2011.

GAUTAM, P. et al. Role of silica and nitrogen interaction in submergence tolerance of rice. **Environmental and Experimental Botany**, v.125, p. 98-109, 2016.

HAO, Z. et al. Comparison between the resistance to blast in panicles exerted from the main culm and primary tillers as measured in six rice varieties. **European Journal of Plant Pathology**, v. 138, p. 9-14, 2014.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA . Custo de produção do arroz irrigado médio ponderado no Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20150827150914custo_jan_2015_safra_2014_15_em_analise.pdf>. Acesso em 09 de março de 2016.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**. Piracicaba, v. 70, p. 1-5, 1995.

LIJIE, Z. et al. Factors affecting head rice yield and chalkiness in indica rice. **Field Crops Research**, v. 172, p. 1-10, 2015.

LIMA, M. A. et al. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 398-403, 2011.

LIN, Z. et al. Proteomic analysis of proteins related to rice grain chalkiness using iTRAQ and a novel comparison system based on a notched-belly mutant with white-belly. **BMC Plant Biology**, v. 14, n. 163, p.1-16, 2014.

MARCHEZAN, E.; DARIO, G. J. A.; TORRES, S. Ocorrência de grãos gessados em três

cultivares de arroz. **Scientia agricola**, v. 49, n. 1. p. 87-91, 1992.

MARCHEZAN, E. et al . Aplicação de silício em arroz irrigado: efeito nos componentes da produção. **Bioscience Journal**, v. 20, n.3, p. 125-131, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. Ed. London. Academic Press. 1995. p.436-460.

MAUAD, M. et al. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 4, p. 761-765, 2003 .

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, 1961. 41p.

PENG, B. et al. Comparative mapping of chalkiness components in rice using five populations across two environments. **BMC Genetics**, v. 15, n. 49, p. 1-14, 2014.

PRABHU, A. S. Mistura de cultivares no controle de brusone nas panículas em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 8, p. 1183-1192, 1990.

PRABHU, A. S; FILIPPI, M. C. C. **Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás, GO. Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 388p.

QIAO, J. et al. Occurrence of perfect and imperfect grains of six japonica rice cultivars as affected by nitrogen fertilization. **Plant and soil**, v. 349, n. 1, p. 191-202, 2011.

SANTOS, A. B. et al. Fertilização silicatada na severidade de brusone e na incidência de insetos-praga em arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p. 537–543, 2009.

SANTOS, G. R. et al. Fertilização silicatada e nitrogenada no controle da brusone do arroz em sistema irrigado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 103–108, 2014.

SILVA-LOBO, V. L. et al. Relação entre o teor de clorofila nas folhas e a severidade de brusone nas panículas em arroz de terras altas. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n. 1, p. 83-87, 2012.

SOCREPPA JUNIOR, O.; BONALDO, S. M. Efeito de silício foliar no controle de brusone em arroz no norte de Mato Grosso. **Scientific Electronic Archives**, v. 4, p. 59-63, 2013.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. XXX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, Bento Gonçalves, RS: SOSBAI, 2014. 192 p.

TELÓ, G. M. et al. Aplicação de fungicida em plantas de arroz irrigado e seu efeito na qualidade de sementes durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n.1, p. 156-164, 2012.

VIDA, J. B. et al. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia brasileira**, v. 29, n. 4, p. 355-372, 2004.

YOGENDRA, N. D. et al. Effect of silicon on real time nitrogen management in a rice ecosystem. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, p. 831-840, 2014.

ZHAO, X.; FITZGERALD, M. Climate Change: Implications for the Yield of Edible Rice. **PLoS One**, v. 8, p. e66218, 2013.

4 DISCUSSÃO

As doenças fúngicas do arroz, com destaque para a brusone (*Pyricularia oryzae*), causam reduções no rendimento e qualidade de grãos (DALLAGNOL et al., 2006; SOSBAI, 2014). O manejo dado à cultura interfere na ocorrência no ataque do patógeno às plantas de arroz e os controles utilizados, sejam eles genético, cultural ou químico, sendo que o presente estudo abordou as aplicações de nitrogênio (N), silicatos e fungicidas em uma cultivar de arroz sensível à brusone com representatividade nas áreas semeadas no RS.

A cultivar Guri INTA CL é umas das mais semeadas no RS, devido a tolerância a herbicidas do grupo das imidazolinonas que controlam o arroz vermelh e possui alto potencial produtivo e excelente qualidade de grãos. Os dados apresentados neste trabalho permitiram concluir que em semeaduras realizadas após a época preferencial de cultivo, com a utilização de uma cultivar que possui um alto potencial produtivo, mas é suscetível à brusone, o aumento nas doses de N e principalmente condições climáticas favoráveis ao patógeno favorecem a ocorrência natural de brusone.

No capítulo I, foram observados que parâmetros relacionados ao crescimento, desenvolvimento e número de panículas m^{-2} são influenciados apenas pelo fornecimento de N, exceto para a ocorrência de altas severidades de brusone, em que a utilização de fungicidas aumentam a estatura, massa seca da parte aérea, número de panículas m^{-2} e a massa de mil grãos. Devido a precoce ocorrência de brusone ainda nos estádios vegetativos da cultura, entre V6 e V7, as plantas que não foram controladas com fungicidas da mistura dos princípios ativos triciclazol, azoxistrobina e difenoconazol tiveram sua área foliar reduzida com o aumento da severidade de brusone nas folhas, prejudicando a produção e translocação de produtos advindos da fotossíntese. Já que o N é responsável pelo crescimento e desenvolvimento do vegetal, participando como constituinte de enzimas, proteínas, ácidos nucleicos, citocromos, moléculas da clorofila, dentre outros (ARAÚJO et al., 2014).

Este aumento de severidade de brusone quando não houve aplicações de fungicidas também está relacionado ao aumento em estatura e MSPA observado no trabalho, que com o aumento do fornecimento de N houve aumento da massa do vegetal e a redução nos teores de silício, resultando no aparecimento da doença e da infecção de patógenos, diminuindo a resistência física à penetração dos fungos (SANTOS et al., 2014).

Concomitante ao aumento da severidade de brusone tanto em folhas como em panículas, as doses acima de 60 kg ha^{-1} de N aumentam a ocorrência e severidade de brusone, afetando os componentes de produção e o rendimento de grãos. Além disso, o ataque de

brusone no campo influenciou a qualidade industrial dos grãos observados no capítulo II.

Para o capítulo II, observou-se efeitos dos tratamentos de N, silicatos e fungicidas na qualidade industrial do grão. A ocorrência de brusone nos experimentos de campo reduziram a qualidade industrial de grãos de arroz da cultivar Guri INTA CL, nos parâmetros de renda do benefício, grãos inteiros e vítreos. Essas características agregam maior valor de comercialização, sendo observado que com aplicações de fungicidas seus valores se mantiveram constantes independente da aplicação de SiCaMg e silicato de potássio. No entanto, a não aplicação de fungicidas ocasionou diminuição dessas características com o aumento das doses de N, por apresentarem alto índice de severidade de brusone ocorridos na fase de desenvolvimento da cultura que consequentemente, afetaram o enchimento de grãos e a qualidade industrial.

Parâmetros como, barriga branca, grãos gessados e área gessada são características que quanto maior sua presença, menor é a aceitação do produto ao consumidor e também o preço pago ao produtor.

Os efeitos da aplicação de Si podem está associados, segundo Cai et al. (2008), não apenas à barreira física, que tem como principal objetivo evitar/atrasar a entrada do patógeno na célula do hospedeiro, mas também a ativação de mecanismos de defesa às plantas, sendo ainda, considerado complexo e necessário mais estudos.

Em ambos os experimentos, as aplicações de fungicidas com os princípios ativos triciclazol, azoxistrobina e difenoconazol proporcionaram redução na severidades de brusone nas folhas e panículas e, incidência de brusone nas panículas, resultando em melhores valores de produção e qualidade industrial do grão. Trabalhos envolvendo doses de N, SiCaMg, silicatos de K e o controle com fungicidas são incipientes quando relacionados a qualidade industrial de grãos de arroz irrigado.

5 CONCLUSÕES

A ocorrência de brusone em cultivar de arroz irrigado sensível à brusone, Guri INTA CL, é influenciada pelo nitrogênio, silicatos de cálcio e magnésio, silicato de potássio e pelas aplicações de fungicidas dos princípios ativos triciclazol, azoxistrobina e difenoconazol.

O aumento das doses de N acima de 60 kg ha⁻¹ predispõem as plantas a maior ocorrência de brusone, sendo necessário a utilização de fungicidas para o controle da doença, manutenção do rendimento e qualidade industrial de grãos de arroz irrigado da cultivar Guri INTA CL.

Entretanto, são necessários mais estudos, pois os dados são resultantes de uma safra agrícola, 2014/15, semeadas fora da época preferencial de cultivo e, dessa forma, os resultados encontrados podem ser diferentes quando realizados em semeaduras na época preconizada para o arroz irrigado no RS. Além disso, a ocorrência de brusone em lavouras são influenciadas pelas condições climáticas, estas são variáveis que mudam conforme os anos, tendo sua maior influência em anos de El niño.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R. et al. Cultivares, espaçamentos entre linhas e parcelamento do nitrogênio em arroz de terras altas. *Global science and technology*, v. 07, n. 03, p. 26-35, 2014.
- CAI, K. Z. et al. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. ***Physiol Plant***, v. 134, n. 2, p. 324–333, 2008.
- DALLAGNOL, L. J. et al. Dano das doenças foliares na cultura do arroz irrigado e eficiência de controle dos fungicidas. ***Revista Brasileira Agrociência***, v. 12, n. 3, p. 313-318, 2006.
- PRABHU, A. S; FILIPPI, M. C. C. **Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás, GO. Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 388p.
- SANTOS, G. R. et al. Fertilização silicatada e nitrogenada no controle da brusone do arroz em sistema irrigado. ***Revista Caatinga***, v. 27, n. 4, p. 103–108, 2014.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. XXX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, Bento Gonçalves, RS: SOSBAI, 2014. 192 p.