

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

ANDRÉ LUIZ ALVES

**ADUBAÇÃO FOLIAR COM SILICATO NA OCORRÊNCIA DE PRAGAS E
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO FEJJOEIRO COMUM**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2016

ANDRÉ LUIZ ALVES

**ADUBAÇÃO FOLIAR COM SILICATO NA OCORRÊNCIA DE PRAGAS E
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO FEJJOEIRO COMUM**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Dr. Antonio Carlos Torres da Costa
Coorientador: Dr. José Barbosa Duarte Júnior
Coorientadora: Dra. Vanda Pietrowski

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

A474a Alves, André Luiz
Adubação foliar com silicato na ocorrência de pragas e características agronômicas do feijoeiro comum / André Luiz Alves. – Marechal Cândido Rondon, 2016.
viii, 59 f.

Orientador: Dr. Antonio Carlos Torres da Costa
Coorientadores: Dr. José Barbosa Duarte Júnior
Dr^a. Vanda Pietrowski

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016.

1. Feijão. 2. Feijão – Doenças e pragas. 3. Adubos e fertilizantes. I. Costa, Antonio Carlos Torres da. II. Duarte Júnior, José Barbosa. III. Pietrowski, Vanda. IV. Título.

CDD 22.ed. 635.652
CIP-NBR 12899

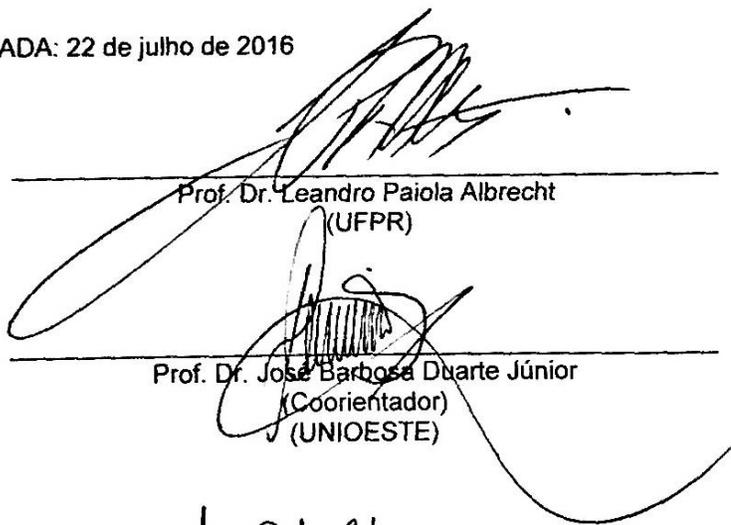
ANDRÉ LUIZ ALVES

**ADUBAÇÃO FOLIAR COM SILICATO NA OCORRÊNCIA DE PRAGAS E
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO FEIJOEIRO COMUM.**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual do Oeste do
Paraná, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, para obtenção do título
de Magister Scientiae.

APROVADA: 22 de julho de 2016

Impressão na UNIOESTE - mercaline neves



Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht
(UFPR)

Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior
(Coorientador)
(UNIOESTE)

Prof. Dr. Antônio Carlos Torres da Costa
(Orientador)
(UNIOESTE)

À Deus pela vida,

Meus avós Waldemar Antônio Alves e Otília
Zavatine Alves,

Meus pais Valdir José Alves e Juçara Mosquen,

Minha querida companheira Ana Paula Lenhardt.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, pela saúde, por me dar forças nos momentos de dificuldade e nunca me deixar desistir dos meus sonhos.

Aos meus pais, pelo amor, pelo apoio, por toda ajuda, pelos conselhos e incentivo.

Ao professor Antonio Carlos Torres da Costa, pela orientação, apoio, confiança, consideração e amizade.

Aos co-orientadores José Barbosa Duarte Júnior e Vanda Pietrowski.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - PPGA, pela oportunidade de fazer o curso.

Aos professores das disciplinas cursadas por todo aprendizado.

Ao meu amigo Marcos Cesar Mottin por toda ajuda no decorrer do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação Araucária, pelo apoio financeiro.

"A gente tem que sonhar,
Senão as coisas não acontecem"
(Oscar Niemeyer)

RESUMO

ALVES, André Luiz. Magister Scientiae, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Julho – 2016. **Adubação foliar com silicato na ocorrência de pragas e características agronômicas do feijoeiro comum.** Orientador: Antonio Carlos Torres da Costa. Co-orientadores: José Barbosa Duarte Júnior; Vanda Pietrowski.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônomo de duas cultivares de feijoeiro e a ocorrência populacional das principais pragas da cultura em função da adubação via foliar com silicato de potássio. Os experimentos foram conduzidos nos meses de agosto a dezembro de 2014 e nos meses de março a junho de 2015 em condições de campo no município de Assis Chateaubriand-PR, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em um esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator refere-se às cultivares de feijão (IPR Campos Gerais e IPR Tuiuiú) e o segundo fator refere-se às doses de silicato de potássio (0,0; 250; 500; 750 e 1000 ml ha⁻¹). O produto comercial utilizado, continha 0,9 p.v. de SiO₂ (90 gramas por litro de água) e 18% de K₂O em sua formulação, sendo o produto diluído em ácido húmico. As doses de silicato de potássio foram aplicadas durante os estádios fenológicos V₃, V₄ e R₅, R₆, R₇ e R₈ da cultura em ambos experimentos, sendo utilizada a mesma quantidade do produto estabelecida para cada tratamento nos diferentes estágios fenológicos de aplicação. A adubação foliar com silicato de potássio não influenciou nas características agronômicas das cultivares de feijoeiro em ambas as safras avaliadas. A cultivar IPR Campos Gerais apresentou maior altura de plantas, peso de mil sementes e produtividade de grãos em relação a cultivar IPR Tuiuiú para a safra das águas e a cultivar IPR Tuiuiú apresentou maior produtividade de grãos na safra das secas. A adubação foliar com silicato de potássio proporcionou diminuição na ocorrência populacional das pragas que incidiram sobre a cultura pertencentes as ordens: Hemiptera; Lepidoptera e Coleoptera.

Palavras-chave: Silício. *Phaseolus vulgaris* L. Ocorrência populacional de pragas. IPR Campos Gerais. IPR Tuiuiú.

ABSTRACT

ALVES, André. Magister Scientiae, State University of West Paraná, July – 2016. **Foliar fertilization with silicate in the occurrence of pests and agronomic characteristics of common bean.** Advisor: Antonio Carlos Torres da Costa. Co -advisors: José Barbosa Duarte Júnior and Vanda Pietrowski.

The objective of this study was to evaluate both the agronomic performance of two common bean cultivars and the population occurrence of the main crop pests, according to foliar fertilization with potassium silicate. Experiments were conducted from August to December 2014 and from March to June 2015, under field conditions, in the rural area of Assis Chateaubriand, Paraná, Brazil. A randomized block design was used in both experiments, in a 2 x 5 factorial design, with four replications. The first factor refers to common bean cultivars (IPR Campos Gerais and IPR Tuiuiú), and the second factor refers to the doses of potassium silicate (0.0, 250, 500, 750 and 1000 ml ha⁻¹). The product used contained 0.9 p.v. SiO₂ (90 grams per liter of water) and 18% K₂O in its formulation, and was diluted in humic acid. In both experiments, doses of potassium silicate were applied during phenological growth stages V₃, V₄ e R₅, R₆, R₇ and R₈ of crops by using the same quantity established for each treatment. The foliar fertilization with potassium silicate did not influence the agronomic characteristics of common bean cultivars, in both crops. IPR Campos Gerais cultivar presented plant height, thousand grain weight and grain yield higher than IPR Tuiuiú cultivar for rainy season crop. IPR Tuiuiú cultivar presented higher grain yield for dry season crop. Foliar fertilization with potassium silicate decreased populational occurrence of crop pests belonging to Hemiptera, Lepidoptera and Coleoptera orders.

Keywords: Silicon. *Phaseolus vulgaris* L. Population occurrence. IPR Campos Gerais. IPR Tuiuiú.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 ASPECTOS GERAIS SOBRE A CULTURA DO FEJJOEIRO COMUM	3
2.2 RELAÇÃO DE PRAGAS DA CULTURA DO FEJJOEIRO COMUM	5
2.3 USO DE SILÍCIO NA AGRICULTURA	7
3. CAPÍTULO 1: DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEJJOEIRO COMUM EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO VIA FOLIAR COM SILICATO DE POTÁSSIO EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA	13
3.1. INTRODUÇÃO	13
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.4 CONCLUSÕES	26
3.5 AGRADECIMENTOS	26
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
4. CAPÍTULO 2. AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA POPULACIONAL DE PRAGAS EM CULTIVARES DE FEJJOEIRO COMUM EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO VIA FOLIAR COM SILICATO DE POTÁSSIO	30
4. 1 INTRODUÇÃO	30
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.4 CONCLUSÕES	43
4.5 AGRADECIMENTOS	43
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
5. CAPÍTULO 3. OCORRÊNCIA DO COLEÓPTERO <i>IPHIMEIS DIVES</i> (CRYSOMELIDAE) EM FEJJOEIRO NA REGIÃO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL	45
5.1 INTRODUÇÃO	45
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	46
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.4 CONCLUSÕES	50
5.5 AGRADECIMENTOS	50
5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
6. CONCLUSÕES GERAIS	53
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO GERAL

O uso de adubação com macro e micronutrientes via foliar, visando o aumento de produtividade têm tornado uma prática comum na cultura do feijoeiro pelos produtores rurais no Brasil.

Existem vários formulados de adubos foliares disponíveis para comercialização no país, contudo a grande maioria é recomendado para suprir os sintomas de deficiência nutricional nas plantas provocado pela baixa quantidade ou disponibilidade de nutrientes essenciais no solo, principalmente macronutrientes. Uma pequena parte destes formulados apresentam a característica de proporcionar às plantas maior sanidade e indução de resistência ao ataque de pragas, sendo conhecidos como indutores de resistência. Dentre os formulados com essa finalidade, encontra-se o silicato de potássio, o qual apresenta a característica de formar uma camada física protetora com silício abaixo da cutícula das folhas, chamada de camada cutícula-silica, proporcionando aos vegetais maior resistência física aos danos provocados pelas pragas, principalmente insetos mastigadores como os pertencentes a ordem Lepdoptera (VENDRAMIM e FRANÇA, 2006).

De acordo com Abdalla (2011), observa-se maior significância às respostas a aplicação de Silício (Si) quando as plantas são submetidas a algum tipo de estresse. Para Àvila et al. (2010), o Si tem sido associado, indiretamente, ao aumento no teor de clorofila e da capacidade fotossintética, além da redução na transpiração e aumento na absorção de nutrientes nos vegetais. Além disso, o Si caracteriza-se ainda por proporcionar aos vegetais a capacidade de estabelecer plantas mais eretas (PULZ et al., 2008), aumenta a resistência mecânica das células das plantas a insetos e patógenos, diminui o efeito tóxico aos elementos B, Mn, Fe e outros metais pesados e aumenta a absorção de nutrientes (GUNES et al., 2007).

Diante de todas as características citadas, as pesquisas demonstram que a adubação com Si tem sido benéfica a diversas culturas, principalmente as que são consideradas acumuladoras de Si na matéria seca (MS), como o arroz, cana-de-açúcar, cevada, milho, sorgo e trigo (LIMA et al., 2011). Entretanto, plantas dicotiledôneas, consideradas não acumuladoras de Si, como tomate, pepino (LIANG et al., 2005), café (REIS et al., 2008), girassol (GUNES et al., 2008), feijão caupi (MALI et al., 2009), batata (CRUSCIOL et al., 2009) e tremoço (ABDALLA, 2011) também tem respondido à aplicação de Si.

A diferença na acumulação do Si entre as espécies mono e dicotiledôneas tem sido atribuída às diferenças na habilidade de absorção do Si pelas raízes (MA; YAMAJI, 2006). Logo, acredita-se que a adubação via foliar com o Si poderia reduzir essa baixa absorção deste elemento por fornecer o nutriente às plantas de forma mais eficiente. De acordo com Figueiredo et al. (2010), o Si quando fornecido às plantas via adubação foliar e em pequenas quantidades, pode ser uma alternativa viável, suprimindo suas necessidades e/ou estimulando a absorção de Si e outros nutrientes, proporcionando em efeitos benéficos às culturas (FIGUEIREDO et al., 2010).

A cana-de-açúcar é uma planta acumuladora de Si, cujos teores podem variar desde 0,14 a 4% na matéria seca, podendo extrair até 408 kg ha⁻¹ Si (ROSS et al., 1974) para uma produtividade de apenas 74 t ha⁻¹ (folhas + colmos), sendo essa a quantidade extraída maior até mesmo que a de nitrogênio e potássio. Sabe-se que o Si não é considerado um macronutriente para as plantas, contudo, os baixos teores solúveis do elemento nos solos dos trópicos úmidos com alto grau de intemperismo poderiam limitar a produção de culturas acumuladoras como arroz e cana-de-açúcar (KORNDÖRFER et al., 2002).

Tem-se observado que os trabalhos relativos ao manejo empregando Si na agricultura ainda são incipientes e pouco conclusivos (FRANZOTE et al., 2005), especialmente aqueles que procuram esclarecer a relação da nutrição das plantas com o micronutriente com as injúrias provocadas pelas pragas e com os aspectos agrônômicos dos vegetais.

O Si, embora não seja considerado um macronutriente por alguns autores pode, segundo Malavolta (2006), ser benéfico aos vegetais por trazer inúmeras vantagens ao crescimento e desenvolvimento das plantas devido à melhoria da capacidade fotossintética, através do aumento da quantidade de clorofila nas folhas (ELAWAD et al., 1982) e ao posicionamento mais ereto das folhas, tolerância ao estresse hídrico pela redução da transpiração (FARIAET al, 2000), redução do acamamento (CHEONG, 1982; ELAWAD et al., 1982), da incidência de doenças (RAID et al., 1992) e pragas (MEYER e KEEPING, 2005).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico de duas cultivares de feijoeiro e a dinâmica populacional das principais pragas da cultura em função da adubação via foliar com silicato de potássio em razão dos benefícios propostos pelo uso de silicatos nos vegetais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais sobre a cultura do feijoeiro comum

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui grande importância econômica e social no Brasil, isso porque a cultura normalmente é cultivada como fonte de subsistência por pequenos produtores, sendo utilizada como alternativa de renda e exploração agrícola e também atividade de ocupação de mão-de-obra, normalmente menos qualificada nas diversas regiões rurais brasileiras, sendo comum o uso de mão-de-obra familiar. Neste contexto, segundo SEAB (2013), no estado do Paraná, o feijão ocupa lugar de destaque na agricultura, sendo o cultivo da leguminosa utilizada como a principal alternativa por pequenos e médios produtores por apresentar tanto a necessidade de grande demanda de mão-de-obra familiar como contratada. Logo, a cultura apresenta papel importante para a economia paranaense como geradora de emprego e renda no campo.

No ranking dos estados maiores produtores nacionais de feijão, encontram-se o Paraná e Minas Gerais. Estes vêm registrando a cada ano maiores taxas de crescimento do cultivo em relação aos outros estados produtores. Para safra de 2015, os cinco estados maiores produtores da leguminosa no Brasil foram: Paraná (23,1%), Minas Gerais (16,1%), Bahia (9,9%), Goiás (8,6%) e São Paulo (5,2%) (IBGE, 2015).

Uma alteração na dinâmica da produção de feijão no Brasil tem sido observada a partir da década de 90. Nota-se que parte da safra origina-se de áreas irrigadas, especialmente para o cultivo de outono-inverno, quando é empregada maior uso de tecnologia de produção. Contudo, tem-se observado que o cultivo de feijão deixou de ser cultivado apenas por pequenos produtores e passou também a ser uma cultura de grande interesse econômico, sendo cultivado em áreas extensas, não apenas por apresentar a disponibilidade de ser cultivado em um sistema com irrigação em regiões de inverno ameno, mas também pela disponibilidade no mercado de cultivares que caracterizam-se pelo seu alto potencial produtivo (PAULA JÚNIOR, et al., 2010)

No entanto, o feijoeiro é uma cultura muito sensível aos fatores climáticos como temperatura e pluviosidade, sendo estes considerados como os fatores climáticos principais na limitação de produtividade da cultura (PEREIRA, et al., 2014).

Uma das vantagens de se cultivar o feijoeiro, é que esta leguminosa apresenta ampla adaptação edafoclimática, sendo considerada uma planta de fotoperíodo neutro, o que permite que sua semeadura possa ser realizada durante todo o ano, em quase todos os estados brasileiros, nas diferentes épocas e safras (TEIXEIRA, et al., 2015).

O cultivo do feijoeiro é realizado em três safras durante o ano, sendo a primeira denominada “safra das águas”, a segunda “safra das secas” e a terceira “safra de outono/inverno”. (SEAB, 2013).

Considerado como um dos principais pratos da culinária brasileira, o feijão comum é respeitado também como um componente cultural no país, merecendo, portanto a atenção de estudiosos das diversas áreas do conhecimento. A oleaginosa é também reconhecida por possuir uma excelente fonte proteica e pelos conteúdos de carboidratos e minerais presentes no grão, principalmente o ferro (BASSINELLO, 2015).

Nos últimos quatro anos, a produção média de feijão em países que compõem o Mercosul ficou em 3,6 milhões de toneladas, sendo o Brasil o principal produtor com cerca de 3,1 milhões de toneladas anuais, seguido da Argentina, com 350 mil toneladas, Paraguai, com 56 mil toneladas e Uruguai com 3,5 mil toneladas. O Brasil se destaca como o maior produtor e consumidor, com participação superior a 90% na produção e no consumo (CONAB, 2016).

O Brasil é considerado o maior consumidor de feijão e apresentou um consumo *per capita* próximo a 18 kg.hab⁻¹.ano⁻¹. Possivelmente, a redução do consumo *per capita* de feijão nas últimas décadas ocorreram por causa do êxodo rural, ocorrendo mudanças nos padrões de consumo alimentares da população, e a redução do preço de outras fontes proteicas como a carne de frango, mudando assim a preferência do brasileiro para outras fontes de alimentos. Contudo, juntamente com o arroz, o feijão ainda está presente na alimentação básica do brasileiro, especialmente o de baixa renda (MOURA et al., 2015).

É importante lembrar que o cultivo de feijão, em sua maioria, ainda é produzido por pequenos e médios agricultores, com baixo nível de tecnologia e em algumas regiões, ocasionalmente, beneficiam-se ainda de consórcios do feijoeiro com outras culturas, principalmente o milho. A deficiência hídrica provocada pelas secas, principalmente em veranicos, são também razões para o baixo rendimento médio de feijão no Brasil, uma vez que a irrigação não é generalizada entre esses produtores por demandar de auto custo de implantação e manutenção (BACK, 2001).

A preferência da população por um ou mais tipos comerciais de feijão é uma característica bastante regional. Por exemplo, o feijão preto é mais consumido nos Estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e parte do Paraná. Porém, o feijão carioca é o mais cultivado e consumido no Brasil. Alguns tipos comerciais possuem nichos de mercado ainda mais restritos, mas isso não significa que estes possuem menor importância. É o caso, por exemplo, do feijão vermelho, presente no hábito alimentar dos moradores da Zona da Mata de Minas, com o valor de mercado por este tipo de feijão na região acima dos demais ofertados à venda (AIDAR, 2003).

Até meados dos anos 1950, as pesquisas com feijão no Brasil eram principalmente conduzidas por Institutos Agronômicos, como o Instituto Agronômico do Ministério da Agricultura, Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). No entanto, a produção de feijão não acompanhou o crescimento populacional do país, além disso, ocorreu a quebra de produção do grão por motivos climáticos na época, surgindo então as “crises do feijão”, o que impulsionou com que diversos órgãos públicos (estaduais e federais) a obterem uma maior atenção a essa leguminosa (BORÉM, et al., 2015).

No Estado de Minas Gerais, boa parte da pesquisa com o feijoeiro está sob a responsabilidade da Universidade Federal de Viçosa, da Universidade Federal de Lavras, da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais e da Embrapa Arroz e Feijão, envolvendo um grande número de pesquisadores das mais diversas especialidades. No Estado de Goiás, na cidade de Goiânia, a Embrapa Arroz e Feijão desenvolve várias atividades com o propósito de gerar tecnologias para a cultura do feijoeiro (BORÉM, et al., 2015).

2.2 Relação de pragas da cultura do feijoeiro comum

Durante seu desenvolvimento, o feijoeiro está sujeito ao ataque de várias pragas, dentre as principais podem-se considerar: larva minadora, cigarrinha verde, lagartas e percevejos, sendo que conforme a intensidade do ataque de qualquer uma das pragas citadas, os danos podem chegar a 100% (ABREU, 2005).

Neste contexto, percebe-se que através do uso da adubação com silicatos, as plantas têm apresentado significativa resistência ao ataque principalmente de algumas ordens específicas de pragas como lepidoptera e coleoptera.

Dentre os formulados de fertilizantes disponíveis para comercialização e pesquisa nos vegetais, nota-se que os fertilizantes a base de Si, conhecidos como silicatos, são citados na

literatura como indutores de resistência (DATNOOF et al, 2001). Considera-se que a indução de resistência de plantas a insetos pragas é uma das estratégias em potencial no manejo integrado de pragas que pode provocar mudanças tanto na qualidade quanto na quantidade de compostos do metabolismo secundário de proteínas de defesa e acúmulo de oxigênio reativo. Também podem ser considerados neste contexto, modificações na qualidade do alimento e reforço das barreiras estruturais da planta. Os diferentes tipos de respostas citados podem ocorrer isoladamente ou em combinações distintas, dependendo do agente indutor e da planta em questão, implicando na redução dos efeitos prejudiciais da aplicação de inseticidas ao homem e ao meio ambiente (VENDRAMIM e FRANÇA, 2006).

Para melhor contextualização quanto a indução de resistência ao ataque de pragas, Parrela e Costamagna (2006) através de seu trabalho com silicato de potássio em crisântemo, observaram um aumento na resistência das plantas ao ataque da mosca minadora *Liriomyza trifolii*, sendo observada significativa redução da emergência de adultos nas plantas tratadas com o silicato.

O Si, além de formar uma barreira mecânica nas folhas chamada de camada cutícula-sílica, este elemento pode ainda agir como elicitador do processo de indução de resistência, aumentando a atividade de enzimas relacionadas à defesa das plantas, como a peroxidase, a polifenoloxidase e a fenilalanina amônia-liase, principalmente em monocotiledôneas que são plantas consideradas acumuladoras de Si na matéria seca, como o trigo (GOMES et al., 2005).

O uso de Si como promotor de indução de resistência nas plantas pode-se tornar uma alternativa viável no controle de insetos pragas de muitas das principais culturas de interesse econômico cultivadas, em razão das respostas bioquímicas da planta ao ataque de herbívoros, aumentando a síntese de toxinas que podem agir como substâncias inibidoras ou repelentes (DANNON e WYDRA, 2004).

Alguns pesquisadores defendem que a adubação com Si pode acarretar para as pragas um declínio populacional; aumento da mortalidade de lagartas; além de melhorar as características agronômicas das plantas como o crescimento e a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, o que pode estar relacionado à presença de substâncias de defesa que podem causar efeitos adversos sobre a biologia e o comportamento do inseto (GOUSSAIN et al., 2002; COSTA; MORAES; ANTUNES, 2007).

2.3 Uso de Silício na agricultura

Em razão da importância econômica do feijoeiro, é necessário o desenvolvimento de formas de manejo que proporcionem aumento na produtividade gerando maior retorno econômico aos produtores. Deste modo, uma alternativa é através da adoção de adubação via foliar com alguns micronutrientes, dentre estes o Si. A principal característica do Si é agir como indutor de resistência às plantas, tornando-as mais tolerantes ao ataque de pragas e doenças (SILVEIRA, 2013).

Como caracterização dos elementos químicos utilizados na adubação, apenas certos elementos foram determinados como essenciais para o crescimento vegetal. É dito como um elemento essencial aquele considerado como um componente intrínseco na estrutura ou metabolismo de um vegetal ou se a ausência do elemento possa causar anormalidades graves no crescimento, desenvolvimento e reprodução da planta. (ARNON e STOUT, 1939).

Os elementos essenciais são geralmente classificados como macro ou micronutrientes, de acordo com suas concentrações relativas no tecido vegetal. Em alguns casos, as diferenças na concentração entre macro e micronutrientes no tecido vegetal não são relevantes. É o caso por exemplo, de alguns tecidos vegetais, como o mesófilo que possuem quase tanto ferro e manganês quanto enxofre e magnésio. Contudo, normalmente, os elementos estão presentes em concentrações maiores do que as necessidades mínimas dos vegetais (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Desta forma, embora não seja considerado um elemento essencial às plantas, o Si tem proporcionado aumento na resistência de várias espécies de plantas ao ataque de pragas, doenças, bem como a diversos tipos de estresses abióticos como altas temperaturas, falta de água no solo e toxidez ao excesso de ferro e manganês às raízes dos vegetais (MITANI e MA, 2005; DATNOFF et al., 2007).

O Si não se enquadra aos critérios de essencialidades estabelecidos por Arnon e Stout (1939). No entanto, segundo Marschner (1995) e Malavolta (2006), este elemento é caracterizado como benéfico para os vegetais, pois confere além dos benefícios anteriormente citados, a melhoria da capacidade fotossintética, número de folhas, diâmetro de caules e tamanho das plantas. Segundo Epstein (1999), estes benefícios contribuem para o aumento da produtividade das culturas.

Para Epstein (1994), o Si é considerado como uma “anomalia ou um elemento enigmático na fitotecnia”. Ainda neste contexto, segundo Wainwright (1997) a perplexidade refletida nessas afirmações de Epstein (1994) não é restrita apenas à biologia das plantas superiores. Isso porque em algumas plantas como as diatomáceas marinhas e de água doce, o Si é considerado um macronutriente essencial, pois essas diatomáceas são algas unicelulares que pertencem a Bacillariophyta e possuem paredes celulares notáveis que são pesadamente impregnadas com sílica amorfa $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Essas estruturas são frequentemente chamadas frústulas.

A forma mais frequente em se encontrar o Si orgânico em uma solução, é através de uma coordenação tetraédrica com oxigênio. Logo, pode-se concluir que para muitas plantas e situações em que estas se encontram, o Si cumpre o segundo dos critérios da nova definição de essencialidade, “a planta pode ser tão severamente privada do elemento que ela exibe anormalidades em seu crescimento, desenvolvimento ou reprodução – isto é, sua “performance” – em comparação com plantas que não são privadas”. Em muitas situações de estresse, a disponibilidade inadequada de Si causa problemas na performance da planta (MENEGALE, 2012).

Uma afirmação clara e concisa para um elemento “essencial”, não pode ser feita sobre o Si. Sua essencialidade é relativa: este elemento, sem dúvida é essencial para diatomáceas e Equisitaceae, no entanto, sua essencialidade para a maioria das plantas pode ser relativamente subdividida em vários graus, de acordo com as condições de estresse a que as plantas possam estar sendo submetidas. Desta forma, o termo quase-essencial, tem sido aplicado para o Si (EPSTEIN, 1999).

A crosta terrestre contém Si em quantidades inferiores apenas às de oxigênio, o que torna este mineral como um elemento disponível em concentrações abundantes. A maioria dos solos são predominantemente silicatos de alumino-silicatados. Na solução do solo, o Si está presente como ácido silícico (H_4SiO_4) com concentrações variando em cerca de 0,1 a 0,6 mM (EPSTEIN, 1994), a qual é da ordem de 100 a 1000 vezes maior que a do fosfato.

O Si é encontrado na fase líquida do solo em uma faixa de pH que varia entre 4 e 9, sendo encontrado em um composto químico monômero H_4SiO_4 (MARSCHNER, 1995), o que possibilita que este elemento seja absorvido pelas raízes das plantas de forma passiva ou até mesmo ativa com auxílio de transportadores de membrana específicos para este fim.

Contudo, a capacidade que as plantas possuem em absorver ou acumular Si no tecido vegetal varia conforme as espécies vegetais, podendo serem classificadas como plantas acumuladoras de Si, sendo que neste grupo se incluem muitas gramíneas, como o arroz, contendo acima de 4% de SiO_2 ; acumuladoras intermediárias, com teores de SiO_2 variando entre 2-4% (cereais, cana-de-açúcar e poucas dicotiledôneas) e plantas não acumuladoras de Si, incluindo a maioria das dicotiledôneas, dentre elas o feijoeiro que tendem a apresentar valores menores que 2% de SiO_2 em função dos percentuais de SiO_2 na matéria seca da parte aérea (MA; TAKAHASHI, 2002; HODSON et al., 2005). Essas diferenças na acumulação de Si têm sido atribuídas à habilidade das raízes em absorver esse nutriente (TAKAHASHI et al., 1990), mas o mecanismo precisamente envolvido ainda não é bem compreendido.

Isso significa que há uma grande diferença entre a composição mineral de plantas cultivadas em meio natural e aquelas cultivadas em solução de cultivo para pesquisa de fisiologia vegetal, em que as plantas contêm apenas o pouco Si disponível para absorção, o qual é retirado das impurezas na solução e do ambiente experimental (EPSTEIN, 1994).

Quando o Si é absorvido, principalmente em plantas que absorvem muito Si, ele é rapidamente transportado para a parte aérea. À medida que a água no interior das plantas é perdida para a atmosfera através da transpiração foliar, o Si dissolvido torna-se supersaturado e eventualmente polimeriza e forma sólidos, corpos amorfos de sílica que é a sílica hidratada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) entre a camada de cutícula das folhas $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, chamados opala ou fitólitos (do grego, significa “plantas de pedra” de opala. Desta forma, o Si apresenta como grande vantagem conferir força e rigidez a parede celular do vegetal (LEWIN e REIMANN, 1969; MARSCHNER, 1995).

Mesmo que a maioria do Si absorvido pelas plantas seja polimerizado ou solidificado, o papel deste elemento no que corresponde a resistência a incidência de doenças em plantas ocorre devido à fração de Si em solução dentro da planta, e esse Si sugere a síntese de compostos de defesa em dicotiledôneas (FAWE et al., 2001). As vantagens em se empregar adubação silicatada apresenta-se mais aparente em três situações de importância agrícola.

Primeiro, na Flórida (Estados Unidos), solos altamente orgânicos são pobres em Si disponível para as plantas. Neste caso, a fertilização com Si é comum por parte destes produtores. Deren (2001) relata que o Si é benéfico para o crescimento e resistência à doenças tanto ao arroz quanto à cana-de-açúcar. Estas plantas têm apresentado respostas significativas a adubação com

Si, isso porque são plantas consideradas acumuladoras deste elemento na matéria seca e desta forma, metabolizam o ácido monocilício em sílica amorfa, assim, o Si passa a ser acumulado abaixo da camada de cutícula das folhas, formando uma segunda camada protetora chamada de camada cutícula-sílica.

Desta forma, no que se refere aos benefícios da utilização desse elemento, pode-se relacionar os danos provocados por insetos pragas, pois percebe-se que principalmente insetos mastigadores pertencentes a ordem lepdoptera perdem a atração por tais plantas nutridas com Si. Isso ocorre porque o tecido vegetal encontra-se mais lignificado, ou seja, apresentam maior dureza e conseqüentemente os insetos apresentam maior dificuldade em consumi-lo, ocasionando até mesmo um desgaste nas mandíbulas das lagartas, diminuindo desta forma sua alimentação e conseqüentemente os danos da praga a estas culturas. Além disso, a presença do Si no metabolismo vegetal caracteriza na diminuição da perda de água por evapotranspiração; menores danos ao acamamento e maior resistência ao desenvolvimento de doenças, principalmente as provocadas por fungos (NOLLA et al., 2004; DATNOFF et al., 1991; TAKAHASHI, 1995; KORNDÖRFER et al. 1999; FARIA, 2000).

Segundo, em grandes áreas da Ásia, África, América Central e América do Sul, muitos solos são fortemente lixiviados, ácidos, pobres em nutrientes e sem Si. Pesquisadores japoneses têm demonstrado, por muito tempo, os efeitos benéficos da fertilização de arroz com Si para aumento da resistência a doenças e a toxidades por metal e outras (MA e TAKAHASHI, 2002). Em condições onde ocorreram a diminuição de Si em solos irrigados, onde o arroz é intensivamente cultivado, é tão pronunciada que foi considerada a causa do declínio da produção de arroz (DATNOFF, 2001). Íons de alumínio, manganês e outros metais tendem a estar presentes em solos ácidos e em altas concentrações normalmente consideradas tóxicas as plantas. Os mecanismos pelos quais o Si mitiga essas toxidades são apenas parcialmente entendidos. A toxicidade de alumínio pode ser neutralizada pelo Si, por meio da formação de hidroxí-alumino-silicatos (HAS) (EVANS e HODSON, 2005); várias co-precipitações com Si provavelmente protegem contra outras toxicidades por metais, igualmente.

Terceiro, o Si é também utilizado na composição de soluções nutritivas para cultivo protegido (hidroponia), embora não ocorra em importância mundial, o uso de Si em soluções nutritivas para o cultivo protegido, principalmente para culturas de alto valor econômico como

flores, está aumentando. A inclusão de Si nas soluções nutritivas aumenta a produção e a resistência a doenças (VOOGT e SONNEVELD, 2001).

Conforme Oliveira (2009), por proporcionar vários fatores positivos às plantas, o Si passou a fazer parte, no Brasil, da lista de micronutrientes desde 2004, embora as pesquisas ainda não tenham demonstrado a essencialidade deste elemento. Estudos quanto a utilização do Si solúvel, tanto em solos como em fertilizantes, não tem sido alvo de pesquisas no Brasil de forma tão intensiva como outros nutrientes, isso porque o Si não é considerado um elemento essencial às plantas. Porém, uma grande quantidade de pesquisadores de países como o Japão, Coréia, Taiwan e no Sul da Flórida, nos Estados Unidos, têm demonstrado a importância do Si para as culturas, sendo as principais estudadas o arroz e a cana-de-açúcar (BARBOSA FILHO et al., 2000).

Resultados positivos quanto a redução de doenças em experimentos onde foram realizadas aplicações de Si foliar foram observados em cultivos hidropônicos de pepino com a aplicação de doses de 100; 500; 1000 e 2000 mg kg⁻¹ de SiO₂ na forma de silicato de potássio (MENZIES et al., 1992). Pesquisas realizadas em solos orgânicos no Sul da Flórida (EUA) demonstram que a fertilização com Si, na cultura do arroz, reduziu a incidência de brusone entre 17 e 31% e Helminthosporiose entre 15 e 32% em relação ao tratamento que não recebeu Si (DATNOFF et al., 2001; RODRIGUES et al., 2004).

Existem alguns mecanismos propostos para a ação do Si na defesa das plantas contra a infestação de pragas e doenças e contra condições de adversidade ambientais. Um destes, é que o Si age como uma barreira física. Este elemento é depositado junto da cutícula e forma uma camada dupla de sílica e cutícula (KIM et al., 2002) a qual mecanicamente pode impedir penetração por fungos e, assim, obstrui o processo de infecção (EPSTEIN, 1999).

O Si age como um modulador influenciando a sinalização e extensão de respostas de defesa da planta como um mensageiro secundário em resistência do sistema de defesa; também pode se ligar a grupos de hidroxila de proteínas estrategicamente envolvidas em tradução de sinais, ou pode interferir como co-fator catiônico das enzimas envolvidas nos eventos da defesa contra patógenos. Este elemento, portanto pode reagir com vários componentes importantes na resposta da planta para sinalizar os sistemas que levam a resistência induzida. A defesa química conferida pelo Si só é induzida por Si solúvel, sugerindo que este seja mais importante em aumentar resistência do hospedeiro (FAUTEUX et al., 2005).

A sílica solúvel tem sido pouco estudada, principalmente pelo fato do Si não ser elemento essencial às plantas. Entretanto, inúmeros trabalhos em campo têm demonstrado o efeito benéfico da sua utilização em diversas culturas, justificando desta forma a importância de novos estudos. Por esta razão, este trabalho foi realizado de modo a se obter maiores esclarecimentos sobre a ação do uso da adubação via foliar com silicato na cultura do feijoeiro, sendo avaliados em duas safras de cultivo, desde as características agronômicas da planta até a dinâmica populacional de pragas em virtude da aplicação de diferentes doses com silicato de potássio via foliar.

3. CAPÍTULO 1: Desempenho agrônômico do feijoeiro comum em função da aplicação via foliar com silicato de potássio em duas épocas de semeadura*.

*Artigo publicado na *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.28, p. 2528-2535, 2016

O cultivo do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta relevante importância econômica para o Brasil, isso porque esta leguminosa é um dos principais alimentos que compreende o hábito alimentar do brasileiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar, em duas épocas de semeadura, o desempenho agrônômico de duas cultivares de feijoeiro em função da aplicação de doses de silicato de potássio via foliar. Os experimentos foram conduzidos em condições de campo no município de Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil. O primeiro experimento foi implantado em agosto de 2014 (safra das águas) e o segundo experimento foi implantado em fevereiro de 2015 (safra das secas). O delineamento experimental utilizado em ambos experimentos foi o de blocos casualizados, em um esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator refere-se às cultivares de feijão (IPR Campos Gerais e IPR Tuiuiú) e o segundo às doses de silicato de potássio (0,0; 250; 500; 750 e 1000 ml ha⁻¹). O produto utilizado continha 0,9 p.v. de SiO₂ (90 g L⁻¹ de água) e 18% de K₂O em sua formulação. A adubação foliar com silicato de potássio não influenciou nas características agrônômicas das cultivares de feijoeiro. Independentemente da aplicação foliar com silicato de potássio, a cultivar IPR Campos Gerais apresentou maior altura de plantas, peso de mil grãos e produtividade de grãos em relação a cultivar IPR Tuiuiú para a safra das águas e a cultivar IPR Tuiuiú apresentou maior produtividade na safra das secas.

Palavras-chave: IPR Campos gerais; IPR Tuiuiú; Silício.

3.1. INTRODUÇÃO

Devido a sua adaptação edafoclimática, o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado praticamente em todo Brasil por pequenos e grandes produtores, em diferentes sistemas de produção (MOURA et al., 2015). Sendo assim, nota-se a importância em possuir um conhecimento prévio a respeito do solo e clima da região onde o feijoeiro será cultivado, bem como das exigências e limitações da cultura para a escolha de um ambiente onde a planta possa crescer, desenvolver-se e produzir de forma equilibrada, aproveitando ao máximo os insumos e o benefício das outras práticas ou tecnologias empregadas (ANDRADE, et al., 2015).

Por se tratar de uma planta que apresenta o comportamento de fotoperíodo neutro, o feijoeiro comum é cultivado em três diferentes épocas de semeadura no Brasil, sendo a primeira época denominada de Safra das águas, a segunda, denominada Safra das secas e a terceira, sendo denominada de Safra de outono-inverno (MOURA et al., 2015).

Uma alternativa como forma de manejo para esta leguminosa é a adoção de adubação via foliar de alguns micronutrientes, dentre estes o silício (Si). A principal característica do Si é que este elemento age como indutor de resistência às plantas, tornando-as mais tolerantes a estresses climáticos e até mesmo ao ataque de pragas e doenças. O modo o qual o Si exerce efeito protetor ao ataque de patógenos e insetos ainda não está definido (Ghanmi et al. 2004, Goussain et al., 2005). Contudo, considera-se que a proteção conferida às plantas pelo Si pode ser devida ao acúmulo e polimerização deste elemento nas células vegetais, criando uma barreira mecânica dificultando o ataque de insetos-praga e patógenos (Yoshida et al., 1962). A função do Si como reforço da resistência mecânica foi questionada por Menzies et al. (1991) e Samuels et al. (1991). Segundo Chérif et al. (1992), o Si está relacionado com reações específicas de defesa das plantas. Para Gomes et al. (2005) este elemento atua como elicitador do mecanismo de resistência induzida em plantas.

Segundo Marschner (1995) e Malavolta (2006), o Si é caracterizado como um elemento benéfico para os vegetais, pois confere um aumento na resistência ao ataque de pragas e doenças, melhoria da capacidade fotossintética, número de folhas, diâmetro de caules e tamanho das plantas.

O uso de Si na agricultura tem apresentado uma redução na incidência de insetos-pragas e doenças sobre as plantas hospedeiras. Isso porque ao ser absorvido o Si promove a deposição de sílica na parede das células, tornando as plantas mais resistentes à ação de fungos e insetos (GOMES et al., 2009). Isso somente é possível porque ocorre uma associação da sílica com constituintes da parede celular, tornando-a menos acessível às enzimas de degradação (resistência mecânica) dos invasores. O Si também apresenta ação contra algumas doenças fúngicas em plantas não acumuladoras de Si, como é o caso do feijoeiro. Neste caso, acredita-se que a ação deste elemento não ocorra exclusivamente pela formação de barreira mecânica, mas sim pela indução da produção de fenóis (Fitoalexinas) (Yamada e Abdalla, 2006).

Devido a importância que o feijoeiro assume no cenário brasileiro, torna-se necessário desenvolver estudos que pesquisem meios alternativos que tragam aumento de produtividade com um menor custo de produção ao produtor. No entanto, trabalhos referentes a métodos de manejo empregando Si ainda são incipientes e pouco conclusivos (FRANZOTE et al., 2005), especialmente aqueles que procuram esclarecer a relação da nutrição com os problemas ocasionados por pragas e sua relação com os aspectos agrônômicos da cultura.

Desta forma, acredita-se que o uso da adubação via foliar com Si proporcionará melhores condições ao feijoeiro no que diz respeito às características agrônômicas avaliadas. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar em duas épocas de semeadura, o desempenho agrônômico de duas cultivares de feijoeiro em função da aplicação de doses de silicato de potássio via foliar.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em condições de campo no município de Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil. O primeiro experimento foi implantado em agosto de 2014 (safra das águas) e o segundo experimento foi implantado em fevereiro de 2015 (safra das secas), ambos em um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico. A área está localizada nas coordenadas: Latitude 24°17'27.40" Sul e Longitude 53°35'03.99" Oeste, e altitude de 321 m.

Os dados meteorológicos referentes ao período de condução dos experimentos foram coletados e fornecidos pela COAMO (Cooperativa Agroindustrial) na unidade de Brasilândia do Sul-PR, instalada a 10 Km de distância da área experimental, sendo os dados correlacionados aos estágios fenológicos da cultura, conforme podem ser observados nas figuras 1 e 2.

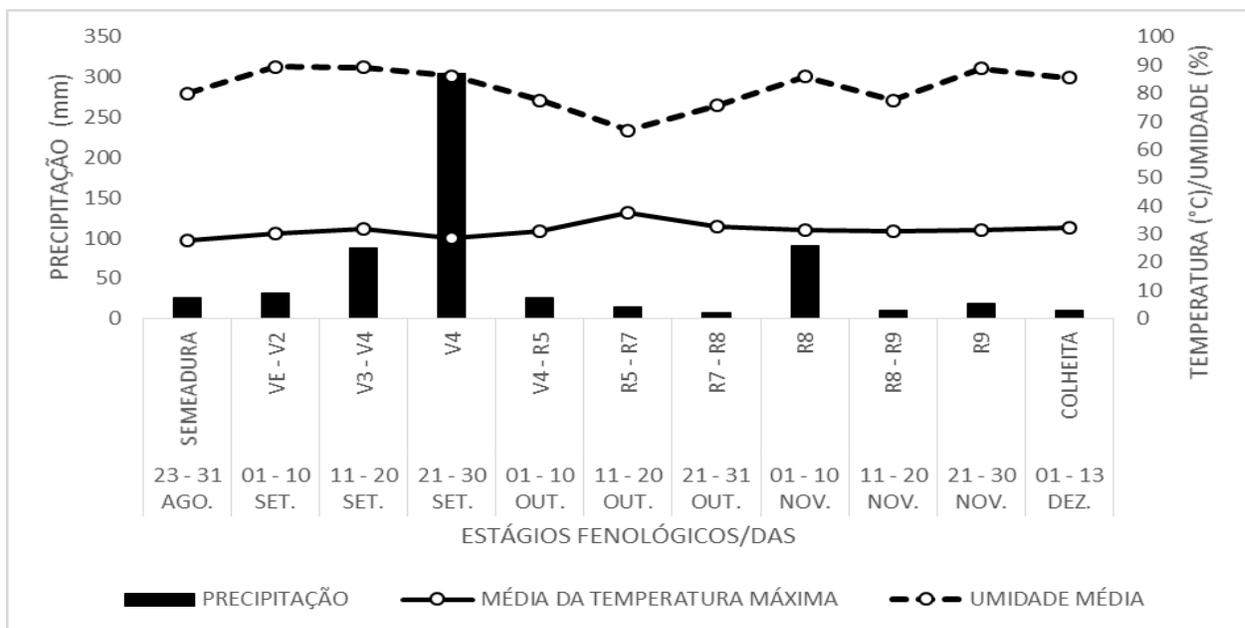


Figura 1: Temperatura máxima, precipitação e umidade relativa do ar, ocorridos durante a condução do experimento, safra das águas - 2014. Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil.

Fonte: COAMO, Brasilândia do sul.

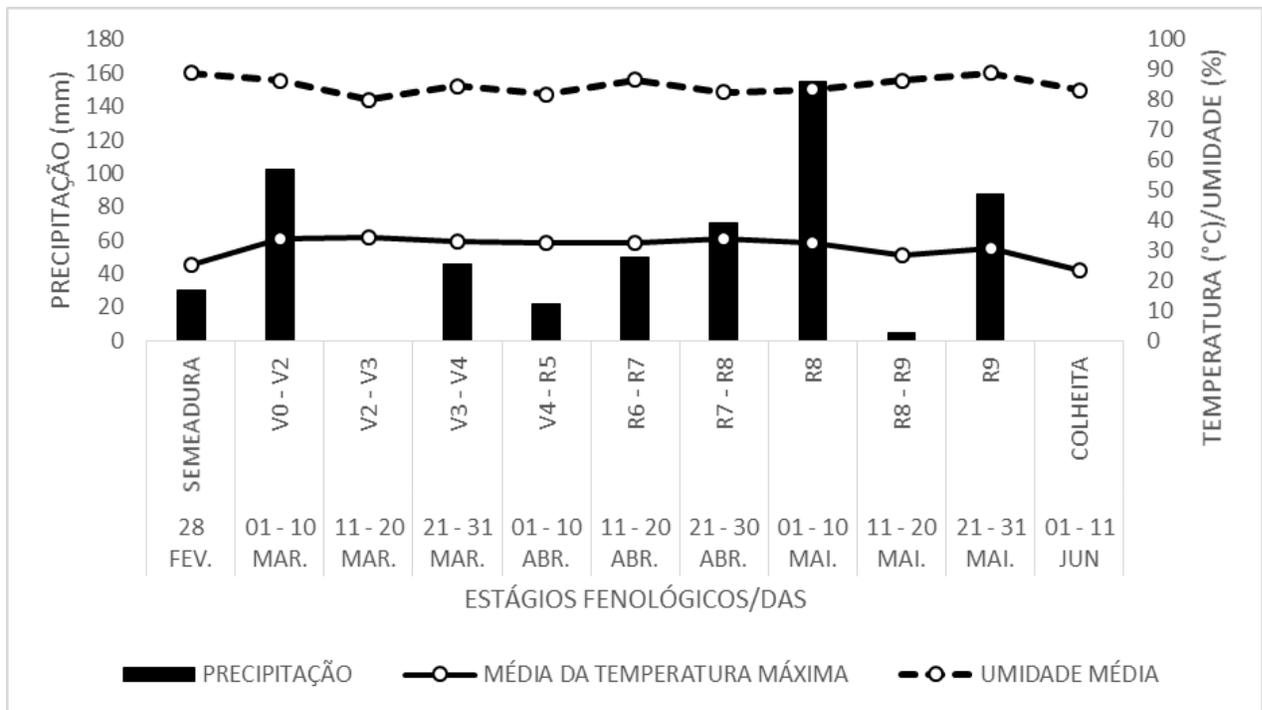


Figura 2: Temperatura máxima, precipitação e umidade relativa do ar ocorridos durante a condução do experimento, safra das secas – 2015. Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil.

Fonte: COAMO, Brasilândia do sul.

Em ambos experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em um esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator refere-se às cultivares de feijão (IPR Campos Gerais e IPR Tuiuiú) que pertencem aos grupos de feijão carioca e preto, respectivamente. O segundo fator refere-se às doses de silicato de potássio (0.0; 250; 500; 750 e 1000 mL ha⁻¹) de um produto comercial que segundo informações do fabricante, contém 0.9 p.v. de SiO₂ (90 gramas por litro de água) e 18% de K₂O em sua formulação, sendo o produto diluído em ácido húmico. As parcelas continham 10 m de comprimento e 7,74 m de largura, totalizando 18 linhas, tendo uma área total de 77,4 m².

Previamente a instalação do primeiro experimento, foi realizada uma amostragem do solo, na profundidade de 0 – 20 cm, a qual apresentou os seguintes resultados: P = 6,30 mg dm⁻³ (Mehlich-1); pH (CaCl₂) = 4,80; H + Al = 3,18 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,00 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,25 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 4,05 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,16 cmol_c dm⁻³; Mn = 146,49 mg dm⁻³; Fe = 55,72 mg dm⁻³; Cu = 7,62 mg dm⁻³; Zn = 3,28 mg dm⁻³; Si = 19,6 mg dm⁻³; V% = 63,19; Argila = 73,5 %; Areia grossa = 2,3 %; Areia fina = 3,2%; Cascalho = 0,0%; Silte = 21,0 %; Classe textural = Muito argiloso.

A adubação empregada foi baseada na análise de solo, seguindo as recomendações do IAPAR (2003) para a cultura. No momento da sementeira foi utilizado, 300 kg ha⁻¹ do formulado 16-16-16 o qual foi incorporado no sulco de sementeira. No estágio fenológico V₄/R₅, foi realizada adubação nitrogenada em cobertura, utilizando a uréia (45% de N) como fonte de N na dose de 64 kg ha⁻¹.

O espaçamento utilizado foi de 0.43 m entre linhas de sementeira com uma densidade de 12 sementes por metro linear. As sementes foram tratadas com fungicida (Carbendazim) e inseticida (Imidacloprido + tiodicarbe) conforme a dose recomendada pelo fabricante.

As sementeiras foram realizadas nos dias 23 de agosto (safra das águas) e 28 de fevereiro (safra das secas), respectivamente. As colheitas foram realizadas nos dias 13 de dezembro e 11 de junho, respectivamente para estas safras.

Durante o desenvolvimento da cultura, em ambos experimentos, quando necessário foram adotados o controle de plantas daninhas através de capina manual e/ou uso do herbicida Fomesafem + fluazifope-p-butílico na dosagem recomendada pelo fabricante para o controle da maioria das plantas daninhas.

Para o controle de insetos pragas, quando necessário utilizou-se os inseticidas Imidacloprid + beta-ciflutrina e Teflubenzurom para o experimento conduzido durante a safra das águas e Imidacloprid + beta-ciflutrina; Teflubenzurom; Espiromesifeno e Metomil para o experimento conduzido na safra da seca. Em relação ao controle de doenças, quando necessário utilizou-se os fungicidas Carbendazim; pyraclostrobina + metconazol e Hidróxido de cobre para o experimento conduzido na safra das águas e apenas Hidróxido de cobre para o experimento conduzido na safra da seca. As doses foram utilizadas conforme a recomendação de cada fabricante conforme a bula de cada produto.

No momento de preparação da calda para realizar a pulverização com o silicato de potássio, adicionou-se um produto comercial adjuvante para proporcionar melhor efeito abrasivo no contato entre a calda de pulverização dos diferentes tratamentos e a solução com silicato de potássio sobre as folhas do feijoeiro. O produto adjuvante adicionado a calda de pulverização é composto pela mistura de Phosphatidylcoline (Lecitina de soja) e Acid Propionic (Ácido Propiônico) que proporciona melhor absorção dos nutrientes aplicados via foliar nas plantas.

As aplicações de silicato de potássio foram divididas em aplicações quinzenais a partir do estágio fenológico V₃ até R₈ da cultura, sendo utilizada a mesma quantidade de silicato de

potássio estabelecida para cada tratamento nas diferentes épocas de aplicação. Em ambos experimentos foram realizadas 4 aplicações dos tratamentos avaliados cada.

Para isto, utilizou-se um pulverizador costal elétrico com a pressão fixa de trabalho estabelecida em 45 Psi e auxílio de uma barra com 4 bicos, tipo leque espaçados a 50 cm entre eles, com volume de calda de 186 L ha⁻¹. Para determinação do pH de calda de pulverização de cada tratamento foi utilizado um pHmetro digital o qual foi aferido em solução de pH 4 e 7 para posterior leitura dos tratamentos. Os valores de pH dos produtos utilizados (silicato de potássio e adjuvante de calda), foram fornecidos pelos fabricantes.

Para determinação das características agrônômicas: altura de plantas, número de vagens por planta e peso de matéria seca da parte aérea, foram escolhidas aleatoriamente 10 plantas da área útil. Considerou-se como área útil para estas avaliações as duas linhas de semeadura centrais das parcelas com 8 metros de comprimento, ou seja, foi desconsiderando 1 metro entre as parcelas de mesmo bloco, totalizando uma área útil de 6,88 m² para estas avaliações. Para determinação da produtividade de grãos, foram colhidas todas as plantas da área útil. Para esta avaliação, considerou-se como área útil as 10 linhas de semeadura centrais das parcelas com 8 metros de comprimento, totalizando uma área útil de 34.4 m².

A determinação de altura de plantas (AP) foi realizada com auxílio de uma fita métrica graduada onde foram medidos o comprimento das plantas desde a base (haste acima da superfície do solo) até o final da guia do feijoeiro. Em relação ao peso da matéria seca da parte aérea (MSPA), as plantas pertencentes a área útil foram colocadas em saco de papel Kraft e encaminhadas a estufa de circulação de ar forçada (62°C) por 4 dias. Posteriormente o material foi retirado da estufa e imediatamente determinado seu peso utilizando uma balança analítica, sendo posteriormente extrapolado em Kg por hectare.

Para determinação do número de vagens por planta (NVP), foram contabilizadas as vagens contidas nas 10 plantas coletadas da área útil. Também foi determinado o peso de mil sementes. (PMS). No que se refere a determinação de rendimento de grãos, ou seja, produtividade de grãos (PRO), as plantas pertencentes a área útil foram colhidas e a umidade foi corrigida para 13%.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância considerando o nível de significância de 5 % de probabilidade para o teste F. Quando significativos, os dados foram submetidos à análise de regressão, utilizando o software estatístico Sisvar 5.1.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância referentes as características agronômicas avaliadas para os experimentos conduzidos (safra das águas e safra das secas) estão apresentados na tabela 1 e 3. Os resultados das médias obtidas para as características avaliadas encontram-se nas tabelas 2 e 4 para ambas as safras.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características agronômicas: altura de plantas (AP); peso da matéria seca da parte aérea (MSPA); número de vagens por planta; (NVP); peso de mil sementes (PMS) e produtividade de grãos (PRO). Safra das águas, 2014. Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil.

Safra das águas – 2014						
Fontes de variação	GL	AP	MSPA	NVP	PMS	PRO
Cultivar	1	368,45*	349,22 ^{Ns}	0,064 ^{Ns}	63123,03*	222689,96*
Bloco	3	217,38	3086,74	16,35	2350,76	110912,91
Doses	4	29,36 ^{Ns}	176,94 ^{Ns}	0,11 ^{Ns}	173,35 ^{Ns}	10316,07 ^{Ns}
Cultivar x Doses	4	33,10 ^{Ns}	415,38 ^{Ns}	1,90 ^{Ns}	71,15 ^{Ns}	747,21 ^{Ns}
Erro	27	67,28	489,26	2,20	511,57	11859,10
C.V. (%)		11,12	21,27	20,21	10,90	25,01

^{Ns}: não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2. Média obtida das características avaliadas: altura de plantas (AP); peso da matéria seca da parte aérea (MSPA); número de vagens por planta (NVP); peso de mil sementes (PMS) e produtividade de grãos (PRO). Safra das águas, 2014. Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil.

Cultivares	Safra das águas – 2014				
	Valores médios				
	AP (cm)	MSPA (kg ha ⁻¹)	NVP (unidade)	PMS (gramas)	PRO (kg ha ⁻¹)
IPR Campos Gerais	73,95 a	1382,04 a	7,30 a	247,30 a	510,02 a
IPR Tuiuiú	67,88 b	1305,69 a	7,38 a	167,85 b	360,79 b
CV (%)	11,12	21,27	20,21	10,90	25,01

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Resumo da análise de variância das características agronômicas: altura de plantas (AP); matéria seca da parte aérea (MSPA); número de vagens por planta; (NVP); peso de mil sementes (PMS) e produtividade de grãos (PRO). Safra das secas, 2015. Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil.

Safra das secas – 2015						
Fontes de variação	GL	AP	MSPA	NVP	PMS	PRO
Cultivar	1	1550,03*	6630,63*	0,63 ^{Ns}	140,63 ^{Ns}	916393,98*
Bloco	3	16,03	5662,29	12,29	803,16	375252,51
Doses	4	103,54 ^{Ns}	1478,75 ^{Ns}	8,59 ^{Ns}	223,63 ^{Ns}	20765,57 ^{Ns}
Cultivar x Doses	4	24,71 ^{Ns}	1080,63 ^{Ns}	4,44 ^{Ns}	255,75 ^{Ns}	34571,33 ^{Ns}
Erro	27	39,84	1251,64	3,87	130,10	49199,21
C.V. (%)		7,92	17,90	13,77	6,01	19,44

^{Ns}: não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4. Média obtida das características avaliadas: altura de plantas (AP); peso da matéria seca da parte aérea (MSPA); número de vagens por planta (NVP); peso de mil sementes (PMS) e produtividade de grãos (PRO). Safra das secas, 2015. Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil.

Cultivares	Valores médios				
	AP (cm)	MSPA (kg ha ⁻¹)	NVP (unidade)	PMS (gramas)	PRO (kg ha ⁻¹)
IPR Campos Gerais	85,90 a	2386,95 b	14,40 a	191,75 a	989,43 b
IPR Tuiuiú	73,45 b	2719,64 a	14,15 a	188,00 a	1292,15 a
CV (%)	7,92	17,90	13,77	6,01	19,44

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme pode ser observado na tabela 1, referente ao experimento conduzido na safra das águas (2014), existem diferenças estatísticas pelo teste F ($P \leq 0,05$) entre as cultivares avaliadas para as características agronômicas: altura de plantas (AP), peso de mil sementes (PMS) e produtividade de grãos (PRO).

Verificou-se ainda que a cultivar IPR Campos Gerais apresentou uma altura média de plantas (AP) de 73,95 cm, comparado a cultivar IPR Tuiuiú que obteve uma altura média de 67,88 cm. Quanto ao peso da matéria seca da parte aérea (MSPA), não houve diferença significativa ($P \geq 0,05$) entre as cultivares, sendo as médias obtidas para as cultivares IPR Campos Gerais e IPR Tuiuiú de 1382,04 e 1305,69 Kg ha⁻¹, respectivamente. Em relação ao peso de mil sementes (PMS), houve diferença estatística ($P \leq 0,05$) para as médias comparadas entre as cultivares, sendo que a cultivar IPR Campos Gerais adquiriu um peso médio de mil sementes equivalente a 247,30 gramas e a cultivar IPR Tuiuiú apresentou 167,85 gramas. Para produtividade de grãos, houve diferença estatística ($P \leq 0,05$) entre as médias obtidas, sendo que a

IPR Campos Gerais produziu 510,02 kg ha⁻¹ enquanto que a cultivar IPR Tuiuiú produziu 360,79 kg ha⁻¹ (Tabela 2).

Para o experimento conduzido na safra das secas, observa-se que ocorreram diferenças significativas pelo teste F ($P \leq 0.05$) para as cultivares avaliadas referente as características: altura de plantas (AP), matéria seca da parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos (PRO) (tabela 3).

Logo, verifica-se que a altura média de plantas (AP) apresentada pelas cultivares foram de 85,90 e 73,45 cm para a cultivar IPR Campos Gerais e IPR Tuiuiú, respectivamente. Em relação a matéria seca da parte aérea (MSPA), ocorreu diferença estatística para as cultivares ($P \leq 0.05$), sendo que a IPR Tuiuiú apresentou 2719,64 kg ha⁻¹ enquanto que a cultivar IPR Campos Gerais obteve 2386,95 kg ha⁻¹. Além disso, houve diferença estatística ($P \leq 0.05$) quanto a produtividade de grãos, sendo os valores obtidos para as cultivares IPR Tuiuiú de 1292,15 kg ha⁻¹ e a cultivar IPR Campos Gerais 989,43 kg ha⁻¹ (Tabela 3).

As diferenças observadas na mesma época de semeadura, provavelmente podem ser atribuídas a base genética das cultivares estudadas, uma vez que trata-se de grupos diferentes de feijoeiro. A cultivar IPR Campos Gerais pertence ao grupo do feijão carioca, enquanto que a cultivar IPR Tuiuiú, pertence ao grupo do feijão preto. Logo, percebe-se que os genótipos se comportam de maneira distinta, devido às suas particularidades, como já foi observado em outras pesquisas (COELHO et al., 2010; TEIXEIRA et al., 2010).

Em relação ao peso de mil sementes (PMS), esta é uma das principais características que difere os genótipos de feijão, sendo pouco influenciado pelo ambiente (RAMALHO et al., 1993). Deste modo, observa-se que mesmo em diferentes condições de ambiente o PMS de cada genótipo avaliado poderá sofrer apenas pequenas variações (COELHO et al., 2007).

Contudo, em estudo realizado por Hoffmann Junior et al. (2007), os autores verificaram que quando expostos a altas temperaturas no período reprodutivo, o PMS do feijoeiro é afetado negativamente, pois os genótipos se comportaram de forma distinta, demonstrando materiais tolerantes a condição climática em que o trabalho foi conduzido, mantendo constante o PMS. Resultados semelhantes podem ser observado neste trabalho (Tabelas 1 e 3). De acordo com Coimbra et al. (1999) o PMS tem um grau de associação elevado com a característica produtividade, logo, em condições de redução no PMS do genótipo, ocorrerá perdas consideráveis na produtividade final de grãos.

Segundo boletim técnico informativo disponibilizado pelo IAPAR (2015), as cultivares pertencem ao hábito de crescimento indeterminado, tipo II e suas inflorescências originam-se de gemas auxiliares. Mesmo na fase reprodutiva, a gema apical continua a desenvolver-se, formando uma guia que não ultrapassa alguns poucos centímetros e a altura total das plantas alcança aproximadamente 70 cm. Os ramos laterais são poucos curtos e as cultivares apresentam um período de floração na faixa de 15 a 20 dias, com a maturação das vagens bastante uniforme e o ciclo de vida das plantas, em geral, situa-se na faixa de 80 a 90 dias, com um potencial de rendimento para a cultivar IPR Campos gerais em torno de 3897 Kg ha⁻¹ e para a cultivar IPR Tuiuiú 3950 Kg ha⁻¹.

Ao analisar o comportamento meteorológico e o desenvolvimento fenológico dos materiais no ambiente de cultivo nas duas safras agrícolas (figura 1 e 2), foram observadas diferenças em cada safra, demonstrando condições adversas do ambiente que podem prejudicar o desenvolvimento da cultura, principalmente precipitação e temperatura.

Os valores correspondentes as produtividades de ambas as safras (tabelas 2 e 4) são considerados baixos quando comparados ao potencial produtivo dos materiais estudados. Essa baixa produtividade pode ser atribuída às condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura, ocorridas durante a condução dos experimentos. Observa-se nas figuras 1 e 2 que durante a safra das águas e das secas, as condições climáticas apresentaram valores médios de temperatura máxima do ar acima de 30°C durante todo período de condução dos experimentos, atingindo ainda valores próximos a 40 °C durante a safra das águas, momento em que a cultura encontrava-se em seu estágio de desenvolvimento fenológico reprodutivo R₇ (formação de vagens).

O feijoeiro é uma planta sensível a fatores climáticos abruptos e/ou extremos, principalmente temperatura (abaixo de 15°C ou acima de 27°C) e precipitação desuniforme. Nesses casos, a cultura não consegue completar seu ciclo de forma ideal, sofrendo perdas de produtividade decorrente ao mau desenvolvimento do stand devido principalmente a: abortamento de flores/vagens; mal formação de grãos; porte baixo ou acamamento (DICKSON e PETZOLDT, 1989).

Ainda no que se refere a baixa produtividade, foram observadas nesse trabalho, temperaturas muito elevadas para a cultura do feijoeiro para ambos experimentos conduzidos. Sabe-se que altas temperaturas causam o efeito prejudicial mais danoso ao florescimento e

frutificação do feijoeiro e é um dos fatores climáticos que exerce maior influência sobre o aborto de flores, vingamento e a retenção final de vagens no feijoeiro (DICKSON e BOETTGER, 1984; PORTES, 1988), sendo também responsável pelo menor número de sementes por vagem.

Para um bom desenvolvimento fisiológico da planta, adota-se como ideal a faixa de temperatura do ar entre 15°C e 27°C (BULISANI et al., 1987).

Segundo Dickson e Petzoldt (1989), a cultura do feijoeiro pode ser prejudicada pela ocorrência de altas temperaturas do ar nos diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento da planta. Sabe-se ainda, que os maiores danos causados por temperaturas elevadas ocorrem nos estágios reprodutivos de desenvolvimento fenológico (R₅ e R₆), sendo que, de acordo com estes autores, em condições de temperaturas do ar variando entre 30°C e 40°C proporcionam maior abortamento de flores e botões florais, reduzindo o rendimento do feijoeiro, relações estas que foram observadas neste trabalho com maior evidência para a safra das águas.

Neste contexto, de acordo com Gonçalves et al., (1997) em temperaturas superiores a 30°C, pode ainda ocorrer a esterilização do grão de pólen e elevação da produção de etileno na planta, fatores relacionados à queda de flores e granação deficiente.

Para Maluf e Caiaffo (1999), vários estádios da fase reprodutiva do feijoeiro são sensíveis à elevada temperatura, incluindo a formação do botão floral (R₅), formação do pólen, fertilização e formação das vagens e sementes (R₇). Os autores relatam ainda que danos após a antese como a abscisão de flores e o baixo vingamento de vagens e sementes em consequência da falta de polinização ou fertilização são responsáveis por perdas no rendimento em torno de 67% quando as flores são expostas a temperatura média de 38°C nos primeiros dias de floração.

Outro fator limitante de produtividade é a precipitação hídrica e assim como a temperatura do ar, para os experimentos conduzidos este fator foi também desfavorável ao desenvolvimento das plantas, limitando na produtividade de grãos (Figura 1 e 2). Na safra das águas a distribuição de chuvas foi irregular e insuficiente, prejudicando o desenvolvimento da cultura.

Apesar de ter ocorrido de forma melhor distribuída na safra das secas desde a emergência até o término do enchimento de vagens, a quantidade de precipitação atingida para esta safra também foi insuficiente para suprir as necessidades da cultura. Conforme estudos realizados por Back (2001), o feijoeiro comum necessita de cerca de 100 mm mensais de água bem distribuídos para cumprir o seu ciclo sem restrições por déficit hídrico. Já segundo estudos realizados por Maluf e Caiaffo (1999), o feijoeiro necessita de uma quantidade hídrica entre 300 a 400 mm de

precipitação bem distribuídos entre o período da sementeira à maturação fisiológica para completar seu ciclo sem restrições em relação a este fator limitante de produtividade. Isso porque essa espécie é pouco tolerante à deficiência hídrica em função principalmente de seu sistema radicular pouco profundo, apresentando portanto uma baixa capacidade de recuperação após uma condição de acentuado déficit de água no solo (GUIMARÃES et al., 1996).

No período reprodutivo de desenvolvimento fenológico (R₅ à R₉), o feijoeiro apresenta-se altamente vulnerável à deficiência de água no solo, principalmente nos estágios R₅ à R₇ de desenvolvimento (FAGERIA et al., 1991), isto porque nestes estágios de desenvolvimento, a planta encontra-se em seu máximo potencial metabólico, de modo a formar flores nas gemas reprodutoras e após a antese, desenvolver vagens e grãos. O mesmo foi observado em estudo realizado por Matzenauer et al., (1991), segundo os autores, o período crítico do feijoeiro à deficiência hídrica ocorre durante o subperíodo do início da floração (R₅) ao início do enchimento de grãos (R₈).

Quando o estresse hídrico ocorre na fase reprodutiva, a redução da produção está associada ao decréscimo da área foliar e do número de vagens por planta (ACOSTA-GALLEGOS e SHIBATA, 1989). Segundo Gomes et al. (2000) a diminuição de rendimento é superior a 50% quando o estresse hídrico na planta ocorre entre 5º e o 10º dia antes da antese. As reduções de produtividade são proporcionais ao número de dias em que o feijoeiro fica submetido ao período de seca (STONE et al., 1988), o mesmo pode ser observado neste trabalho.

Foi observado ainda que não houve efeito significativo quanto a aplicação de silicato de potássio para as características avaliadas (Tabela 1 e 3). Provavelmente isto ocorreu porque o experimento foi conduzido em um solo muito argiloso (73,5 % de argila). De acordo com Camargo (2007), o teor de Si solúvel é maior em solos muito argilosos. Os LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos típicos são solos bem intemperizados e com maior quantidade de argila. Na área experimental a quantidade mensurada de Si solúvel do solo foi de 19,6 mg dm³, este valor é considerado muito alto e por esta razão dificilmente o Si demonstraria seus efeitos com adubação via foliar na cultura, ainda mais pelo feijoeiro se tratar de uma planta não acumuladora de Si na matéria seca.

Quando encontrado na fase líquida do solo na forma de ácido monossilícico, o Si é absorvido pelas raízes das plantas por difusão passiva, que ocorre quando há o movimento do nutriente do solo para a superfície radicular a favor de um gradiente de concentração sem que

haja o gasto de energia metabólica pela planta, fazendo com que esse nutriente se mova da área de maior concentração (rizosfera) para a de menor concentração (raiz) (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Os vegetais possuem maior facilidade em absorver o mineral através do sistema radicular por apresentarem maior quantidade de proteínas atravessadoras seletivas (canais) por onde as moléculas e íons podem se difundir através da membrana, possibilitando um menor gasto de energia metabólica (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Desta forma, as plantas absorvendo o Si pelas raízes e suprimindo suas necessidades deste elemento, não justifica sua absorção via foliar, além disso, no sistema radicular a quantidade de Si absorvido será sempre maior do que na parte aérea por apresentar maior área de superfície específica (contado do elemento com o tecido vegetal) e quantidade de proteínas atravessadoras, contudo a forma em que precisamente o Si é absorvido ainda não é bem compreendido. (TAKAHASHI et al., 1990).

Contudo, como a concentração de Si solúvel neste solo é muito alta, acredita-se que este elemento foi absorvido pelas raízes suprimindo as necessidades da planta, e portanto, a adubação com silicato de potássio via foliar não proporcionou resultados significativos ($P \geq 0.05$) para as características avaliadas quanto as doses de silicato de potássio estudadas e a interação entre cultivares e doses. É importante também ressaltar que os LATOSSOLOS possuem grande quantidade de caulinita que ainda sofrem ação de intemperismo e conseqüentemente liberam Si na forma solúvel ao solo por ação do tempo (LIMA, 2001).

Além disso, o feijoeiro é uma dicotiledônia considerada como não acumuladora de Si na matéria seca. Esta leguminosa é classificada como uma planta que pode acumular valores abaixo de 2 % de SiO_2 na matéria seca, sendo essa quantidade considerada insignificante no contexto de melhoria às características agrônômicas da planta, como as observadas nas Tabelas 1 e 3 apresentadas anteriormente (MA; TAKAHASHI, 2002; HODSON et al., 2005).

Para futuros trabalhos nota-se a importância em explorar resultados para aplicação de doses de silicato de potássio em plantas cultivadas em solos que apresentem diferentes porcentagens de argila e Si solúvel e em plantas acumuladoras deste elemento na matéria seca.

3.4 CONCLUSÕES

A adubação foliar com silicato de potássio não influenciou nas características agronômicas das cultivares de feijoeiro em ambas as safras avaliadas.

A cultivar IPR Campos Gerais apresentou maior altura de plantas, peso de mil sementes e conseqüentemente produtividade de grãos em relação a cultivar IPR Tuiuiú para a safra das águas e a cultivar IPR Tuiuiú apresentou maior produtividade de grãos na safra das secas em relação a cultivar Campos gerais.

3.5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação Araucária, pelo apoio financeiro.

Ao proprietário da área particular onde foi conduzida a pesquisa, Sr. Valdir José Alves por todo apoio e consideração durante o desenvolvimento deste trabalho.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; SHIBATA, J.K. **Effects of water stress on growth and yield of indeterminate dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars.** Field Crops Research, Amsterdam, v. 20, p. 81-93, 1989.
- ANDRADE, M. J. B.; OLIVEIRA, D. P.; FIGUEIREDO, M. A.; MARTINS, F. A. D. Exigências Edafoclimáticas. In: CARNEIRO, J. E. de S.; PAULA JÚNIOR, J.; BOREM, A. (Ed.). **Feijão: do plantio à colheita.** Viçosa: Ed. UFV, p. 67 – 95, 2015.
- BACK, A. J. **Necessidade de irrigação da cultura de feijão no sul do estado de Santa Catarina.** Revista Tecnologia e Ambiente, Criciúma, v.7, n.1, p.35-44, janeiro/junho. 2001.
- CAMARGO, M. S.; PEREIRA H, S.; KORNDORFE, G. E.; REIS, G. E. **Soil reaction and absorption of silicon by rice.** Scientia Agricola, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 176-180, 2007.
- CHÉRIF, M., N. BENHAMOU, J.G. MENZIES e R.R. BÉLANGER. **Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*.** *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 41: 411-425, 1992.
- COELHO, C. M. M.; COIMBRA, J. L. M.; de SOUZA, C. A.; BOGO, A.; GUIDOLIN, A. F. **Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** *Ciência Rural*, v. 37, n. 5, p. 1241-1247, 2007.

COELHO, C. M. M.; MOTA, M. R.; SOUZA, C. A.; MIGUELLUTTI, D. J. **Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Revista Brasileira de Sementes, v. 32, n. 3, p. 097-105, 2010.

COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; de CARVALHO, F. I. F.; COIMBRA, S. M. M.; HEMP, S. **Reflexos da interação genótipo X ambiente e suas implicações nos ganhos de seleção em genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Ciência Rural, v. 29, n. 3, p. 433-439, 1999.

DEBOUCK, D. Systematics and morphology. In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (Ed). **Common beans, Research for crop improvement**. Cali-COL: CAB International, CIAT, p. 55-118, 1993.

DICKSON, M. K.; BOETTGER, M. A., **Effect of high and low temperatures on pollen germination and seed set in snap beans**. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria – EGY., v. 109, n. 3, p. 372 – 374, 1984.

DICKSON, M.H.; PETZOLD, R. **Heat tolerance and pod set in green beans**. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, v. 114, n. 5, p. 833-836, 1989.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. Common bean and cowpea. In: **Growth and mineral of field crops**. New York: M. Dekker, p.280 – 318, 1991.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, novembro/dezembro, 2011.

FRANZOTE, B. P. et al. Aplicação foliar de silício em feijoeiro comum. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISAS SOBRE FEIJÃO**, 8, 2005, Santo Antônio de Goiás. Anais eletrônicos. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAF, 2005.

GHANMI, D., D.J. MCNALLY, N. BENHAMOU, J.G. MENZIES e R.R. BÉLANGER. **Powdery mildew of *Arabidopsis thaliana*: A pathosystem for exploring the role of silicon in plant-microbe interactions**. Physiological and *Molecular Plant Pathology*. 64: 189-199, 2004.

GOMES, A.A. et al. **Acumulação de biomassa, características fenológicas e rendimento de grãos de cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 10, 2000.

GOMES, F.B., J.C. MORAES, C.D. SANTOS e M.M. GOUSSAIN. **Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids**. *Scientia Agricola* 62: 547-551, 2005.

GONÇALVES, S.L. et al. **Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30°C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), cultivado nas safras das águas no estado do Paraná**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 99-107, 1997.

GOUSSAIN, M.M., E. PRADO & J.C. MORAES. **Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum*** (Rondani (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, 34: 807-813, 2005.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. **Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. II: produtividade e componentes agronômicos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 31, n. 7, p. 481-488, 1996.

HEINRICH, R.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; MALAVOLTA, E. **Atributos químicos do solo e produção do feijoeiro com a aplicação de calcário e manganês.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 32, p. 1157-1164, 2008.

HODSON, M. J. et al. **Phylogenetic variation in the silicon composition of plants.** Annals of Botany, v. 96, n. 01, p. 1027-1046, 2005.

IAPAR. **Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado.** Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1363>. Acesso em 01 de junho de 2015.

IAPAR. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico estado do Paraná.** Circular técnico n° 128, p. 17, 2003.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, f. 176. (Tese de Doutorado), 2001.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan.** 1 ed. Amsterdam: Elsevier Science, 503 p., 2002.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Ceres, 443p., 2006.

MALUF, J. R. T.; CAIAFFO, M. R. R. Zoneamento agroclimático da cultura de feijão no estado do Rio Grande do Sul: recomendação de períodos favoráveis de semeadura por região agroecológica. In: **REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 6., Salvador, 1999. *Resumos...* Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, p.455-458, 1999.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. London: Academic Press, 889p., 1995.

MATZENAUER, R.; BUENO, A.C.; MALUF, J.R.T. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura para o feijão. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, 7. Resumos... Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p. 235-236, 1991.

MENZIES, J.G., D.M. EHRET, A.D.M. GLASS, T. HELMER, S. KOCH e F. SEYWERD. **The effects of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea*** (Shlect. Fr.) Poll. on *Cucumis sativus* L. *Phytopathology* 81: 84-88, 1991.

- MOURA, A. D.; BRITO, L. M. Aspectos Socioeconômicos. In: CARNEIRO, J. E. de S.; PAULA JÚNIOR, J.; BORÉM, A. (Ed.). IN: **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, p. 19 – 21, 2015.
- PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M. J. O., ROCHA, M., YAMADA., T. (ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba – SP: Potafos, 1988. p. 125 – 126.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B., ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa de plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 271 p., 1993.
- ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Ed) **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil**, Piracicaba-SP: Potafos, p. 353-390, 1996.
- ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba-SP: Potafos 93 p. (Boletim Técnico, 8), 1987.
- SAMUELS, A.L., A.D.M. GLASS, D.L. EHRET e J.G. MENZIES. **Distribution of silicon in cucumber leaves during infection by powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fuliginea*)**. Can. J. Bot. 69: 140-146, 1991.
- STONE, L.F., PORTES, T. de A., MOREIRA, J. A.A. **Efeito da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro II: crescimento**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 12, n. 5, p. 503-510, 1988.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED, p. 139., 918 p., 2013.
- TAKAHASHI, E.; MA, J. F.; MIYAKE, Y. **The possibility of silicon as an essential element for higher plants**. *Comments on Agricultural and Food Chemistry*, n. 02, p. 99-122. 1990.
- TEIXEIRA, I. R. et al. **Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado**. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 41, n. 1, p. 300-307, 2010.
- VIEIRA. C. **O feijoeiro-comum: cultura, doenças e melhoramento**. Viçosa-MG: UFV, Impr. Univ., , 220 p., 1967.
- YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Manejo sustentável na agricultura. Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 116, p. 1-32, 2006.
- YOSHIDA, A.S., Y. OHNISHI e K. KITAGISHI. **Histochemistry of silicon in rice plant**. *Soil Sci. Plant Nutr.* 8: 107-111, 1962.

4. CAPÍTULO 2. Avaliação da ocorrência populacional de pragas em cultivares de feijoeiro comum em função da adubação via foliar com silicato de potássio.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a ocorrência populacional das pragas pertencentes as ordens: Diptera, Hemiptera, Lepidoptera e Coleoptera em duas cultivares de feijoeiro comum em função da adubação via foliar com silicato de potássio cultivadas em duas épocas de semeadura. O experimento foi conduzido em condições de campo no município de Assis Chateaubriand-PR. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em um esquema fatorial 2 x 5 com quatro repetições. O primeiro fator refere-se às cultivares de feijão (IPR Campos Gerais e IPR Tuiuiú) e o segundo às doses de silicato de potássio (0,0; 250; 500; 750 e 1000 ml ha⁻¹) contendo 0,9 p.v. de SiO₂ (90 gramas por litro de água) e 18% de K₂O em sua formulação. A adubação foliar com silicato de potássio proporcionou diminuição populacional para as ordens Hemiptera, Lepdoptera e Coleoptera.

Palavras-chave: *Crysoideiscis includens*; *Diabrotica speciosa*; *Liryomusa* sp.; Hemitera.

4. 1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é muito suscetível ao ataque de pragas, afetando desta forma sua produtividade. Devido à diversidade de espécies de pragas, todas as estruturas da planta tem se mostrado suscetíveis ao ataque dos insetos. Muitas espécies têm sido relacionadas como pragas do feijoeiro (KING e SAUNDERS, 1984), porém poucas são reconhecidamente de importância econômica.

Contudo, várias espécies de artrópodes e moluscos podem causar reduções significativas na produtividade da cultura, no entanto, esses danos podem variar de acordo com a espécie da praga, fase de desenvolvimento da cultura, da cultivar e da época de semeadura do feijoeiro, com potencial de atingir até 100% de perdas. Entre as pragas encontradas nas lavouras de feijoeiro no Brasil, as responsáveis pelas maiores perdas na produção são a mosca-branca, cigarrinha-verde, vaquinhas, lagartas desfolhadoras e das vagens, ácaros e percevejos.

Nas regiões produtoras, as pragas: larva minadora, lesmas, larvas de Crisomelídeos e trips têm-se destacado como pragas importantes do feijoeiro (QUINTELA e BARBOSA, 2015).

Em razão da importância econômica do feijoeiro no Brasil, torna-se necessário o desenvolvimento de novas formas de manejo da cultura, de modo que proporcione aumento na produtividade com menores custos aos produtores. Deste modo, uma alternativa é através do uso de adubação via foliar com alguns micronutrientes, dentre estes o silício (Si). A principal

característica do Si é que este mineral age como indutor de resistência às plantas, tornando-as mais tolerantes ao ataque de pragas e doenças.

O Si, segundo Arnon e Stout (1939) não se enquadra aos critérios de essencialidade às plantas. No entanto, segundo Marschner (1995) e Malavolta (2006), este elemento é caracterizado como benéfico aos vegetais, pois confere resistência ao ataque de pragas e doenças, melhora da capacidade fotossintética, número de folhas, diâmetro de caules e tamanho das plantas e conseqüentemente, aumento na produtividade. Desta forma, acredita-se que a adubação com silicato proporcionará menor ocorrência populacional de pragas na cultura do feijoeiro.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a ocorrência populacional das pragas pertencentes as ordens: Diptera, Hemiptera, Lepidoptera e Coleoptera em duas cultivares de feijoeiro comum em função da adubação via foliar com silicato de potássio cultivadas em duas épocas de semeadura.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo durante a Safra das águas e Safra das secas no período de agosto a dezembro de 2014 e fevereiro a junho de 2015 respectivamente, em um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico no município de Assis Chateaubriand, localizado na região oeste do estado do Paraná, Brasil. A área está localizada nas coordenadas: Latitude 24°17'27.40" Sul e Long. 53°35'03.99" Oeste, e altitude de 321m.

O clima na região, segundo Köppen é do tipo Cfa, ou seja, possui clima subtropical com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Os dados meteorológicos observados durante a condução dos experimentos encontram-se nas Figuras 1 e 2.

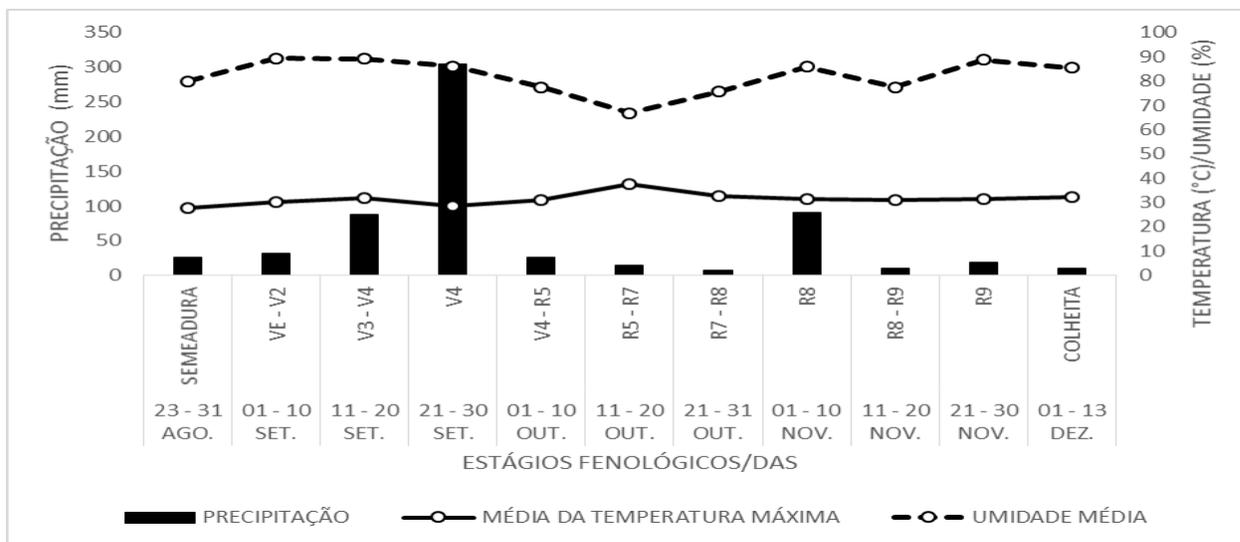


Figura 1: Temperatura máxima, precipitação e umidade relativa do ar, no período de implantação do experimento, Avaliação da ocorrência populacional de pragas em cultivares de feijoeiro comum em função da adubação via foliar com silicato de potássio, safra das águas - 2014. Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil.

Fonte: COAMO, Brasilândia do sul.

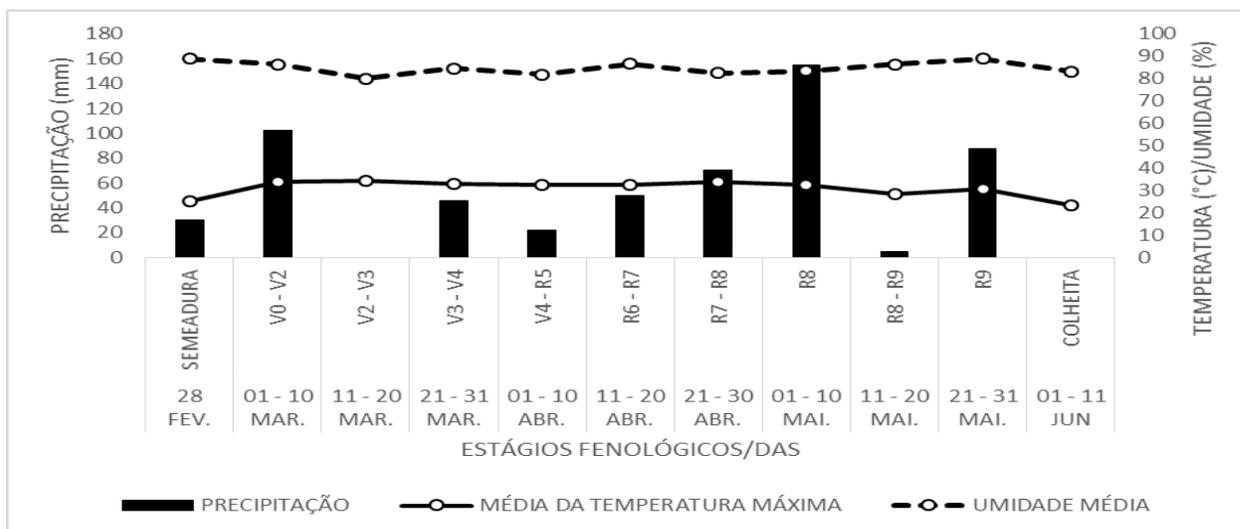


Figura 2: Temperatura máxima, precipitação e umidade relativa do ar, no período de implantação do experimento, Avaliação da ocorrência populacional de pragas em cultivares de feijoeiro comum em função da adubação via foliar com silicato de potássio, safra das secas - 2015. Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil.

Fonte: COAMO, Brasilândia do sul.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em um fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator refere-se às cultivares de feijão (IPR Campos Gerais e IPR Tuiuiú) e o segundo às doses de silicato de potássio (0,0; 250; 500; 750 e 1000 ml ha⁻¹) de um produto comercial contendo 0,9 p.v. de SiO₂ (90 gramas por litro de água) e 18% de K₂O em

sua formulação, sendo o produto diluído em ácido húmico. As parcelas continham 10 m de comprimento e 7,74 m de largura, totalizando 18 linhas, tendo uma área total de 77,4 m².

No momento de preparação da calda para realizar a pulverização com o silicato de potássio, adicionou-se um produto comercial adjuvante para proporcionar melhor retenção da calda de pulverização dos tratamentos sobre as folhas das plantas.

O produto adjuvante adicionado a calda de pulverização, é composto pela mistura de Phosphatidylcoline (Lecitina de soja) e Acid Propionic (Ácido Propiônico) que potencializa a absorção de nutrientes via foliar.

O espaçamento utilizado foi de 0,43 m entre linhas de semeadura com uma densidade de 12 sementes por metro linear. As sementes foram tratadas com fungicida (Carbendazim) e inseticida (Imidacloprido + tiodicarbe) conforme a dose recomendada pelo fabricante.

As semeaduras foram realizadas nos dias 23 de agosto de 2014 (safra das águas) e 28 de fevereiro de 2015 (safra da seca). As colheitas para ambas as safras foram realizadas nos dias 13 de dezembro de 2014 e 11 de junho de 2015, respectivamente.

Durante o desenvolvimento da cultura, em ambos experimentos, quando necessário foram adotados o controle de plantas daninhas através de capina manual e/ou uso do herbicida Fomesafem + fluazifope-p-butílico na dosagem recomendada pelo fabricante para o controle da maioria das plantas daninhas.

Para a realização deste trabalho, uma amostra de solo composta (500 gramas) foi coletada com base em 20 sub-amostras na profundidade de 0 – 20 cm e encaminhada ao laboratório para determinação química dos macro e micronutrientes (COODETEC), Silício solúvel no solo (Universidade Federal de Uberlândia - UFU) e física (UNITHAL), apresentando os seguintes valores: P = 6,30 mg dm⁻³ (Mehlich-1); pH (CaCl₂) = 4,80; H + Al = 3,18 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,00 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,25 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 4,05 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,16 cmol_c dm⁻³; Mn = 146,49 mg dm⁻³; Fe = 55,72 mg dm⁻³; Cu = 7,62 mg dm⁻³; Zn = 3,28 mg dm⁻³; Si = 19,6 mg dm⁻³; V% = 63,19; Argila = 73,5 %; Areia grossa = 2,3 %; Areia fina = 3,2%; Cascalho = 0,0%; Silte = 21,0 %; Classe textural = Muito argiloso.

A adubação de base de semeadura foi baseada conforme análise de solo, sendo utilizado o formulado 16-16-16 (N-P-K) na dosagem de 300 kg⁻¹ do formulado. Posteriormente, no estágio fenológico V₄, utilizou-se adubação nitrogenada em cobertura, na dose de uréia (45% de N) de 64 Kg ha⁻¹.

As aplicações de silicato de potássio foram divididas em aplicações quinzenais a partir do estágio fenológico V₃ até R₈ da cultura, sendo utilizada a mesma quantidade de silicato de potássio estabelecida para cada tratamento nas diferentes épocas de aplicação. Para isto, utilizou-se um pulverizador costal elétrico com a pressão fixa de trabalho estabelecida em 45 Psi e auxílio de uma barra com 4 bicos, tipo leque espaçados a 50 cm entre eles, com volume de calda de 186 L ha⁻¹. Para determinação do pH de calda de pulverização de cada tratamento foi utilizado um pHmetro digital o qual foi aferido em solução de pH 4 e 7 para posterior leitura dos tratamentos. Os valores de pH dos produtos utilizados (silicato de potássio e adjuvante de calda), foram fornecidos pelos fabricantes.

No que se refere as amostragens de pragas, foram realizadas amostragens semanais entre os estádios de desenvolvimento fenológicos da cultura V₃ e R₈ para ambos experimentos. Para tanto, foram contabilizadas as pragas pertencentes em cada um dos três pontos de amostragem de cada parcela para as duas safras conduzidas. Determinou-se o número de insetos para a determinação da ocorrência populacional de pragas a partir da média entre o total de pragas contabilizadas nos tratamentos para ambas as safras. As amostragens nas parcelas foram realizadas em zigue-zague para maior representatividade.

Para os insetos pertencentes à ordem Diptera, as amostragens foram realizadas entre os estádios fenológicos de desenvolvimento V₃ a V₄, sendo amostrada somente mosca minadora (*Lyriomyza* sp.). Foram contabilizadas apenas as larvas presentes nas galerias formadas no limbo foliar das plantas.

Em relação aos insetos pertencentes as demais ordens avaliadas: Lepidoptera, Hemiptera e Coleoptera, as amostragens foram realizadas entre os estádios fenológicos V₃ - R₈. Os insetos amostrados correspondentes a ordem Hemiptera foram: percevejo verde *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), percevejo marrom *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) e cigarrinha do feijoeiro *Empoasca* sp. (Göethe, 1875). Quanto a ordem Coleoptera, os insetos amostrados foram: vaquinha *Diabrotica speciosa* (Gemar, 1824), cerotoma *Cerotoma arcuata* (Olivier, 1791), e idia-min *Lagriites Solier* (Sphindidae. 1839). Em relação a ordem Lepidoptera, foram amostradas as lagartas falsa-medideira *Crysoideixis includens* (Walker, [1858]), lagarta da soja *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818), lagarta desfolhadora *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) e lagarta das maçãs *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781).

Para auxílio nas amostragens de insetos pragas pertencentes as ordens Coleoptera (vaquinha; cerotoma e idia-min), Hemiptera (Percevejos) e Lepidopteros (Lagartas) utilizou-se um pano de batida branco com 1 m x 1 m. Em cada amostragem o pano foi inserido entre as linhas de semeadura, cobrindo a linha ao lado, posteriormente em uma das linhas de semeadura as plantas foram agitadas sobre o pano de batida, sendo contabilizados os insetos contidos no pano de batida. As amostragens foram realizadas em pontos aleatórios de cada parcela para proporcionar maior representatividade.

As épocas de amostragem foram divididas em relação aos estádios de desenvolvimento fenológico da cultura para as duas safras, sendo que para safra das águas (2014), durante a condução do experimento foram realizadas 3 épocas de amostragens no período vegetativo e 9 no período reprodutivo, e para a safra das secas (2015), foram realizadas 4 épocas de amostragens no período vegetativo e 5 no período reprodutivo de desenvolvimento do feijoeiro. A quantidade de épocas de amostragem amostradas diferiu entre as safras conduzidas por causa do período de desenvolvimento das cultivares em cada safra, sendo as épocas de amostragem relacionadas ao ciclo das cultivares e o tempo que estas estiveram no campo. Não foi necessário o uso de transformação de dados.

Após a coleta dos dados, foi realizada a análise estatística utilizando o software Sisvar 5.1 ao nível de ($P \leq 0,05$) pelo teste F e quando significativos pela análise de variância, os dados foram submetidos a análise de regressão também ao nível de ($P \leq 0,05$) de probabilidade. Quando significativos os dados referente às cultivares, indicando diferença entre elas ($P \leq 0,05$), os dados foram comparados pelo teste F.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os insetos contabilizados nas amostragens realizadas na safra das águas 2014 e das secas 2015, foram mensurados de acordo com os estádios fenológicos vegetativos e reprodutivos da cultura e conforme suas ordens de classificação entomológica. A partir destes resultados foi gerada a ANAVA. Os resultados da análise de variância podem ser observados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente aos insetos contabilizados nas amostragens realizadas durante a safra das águas, nos períodos vegetativos e reprodutivos de desenvolvimento fenológico do feijoeiro para as ordens de insetos: Diptera (DIP); Hemiptera (HEM); Coleoptera (COL) e Lepdoptera (LEP), na cultura do feijoeiro.

Período vegetativo - safra das águas – 2014				
Q.M.				
Fontes de variação	GL	DÍP	HEM	COL
Cultivar	1	0,0090 ^{Ns}	0,1323 ^{Ns}	0,9923 ^{Ns}
Bloco	3	0,8280	0,5883	2,3657
Doses	4	0,4219 ^{Ns}	0,3085 ^{Ns}	1,2594 ^{Ns}
Cultiva x Doses	4	0,2009 ^{Ns}	0,3548 ^{Ns}	0,9591 ^{Ns}
Erro	27	0,1769	0,3425	1,0882
C.V. (%)		70,10	89,01	60,91
Média geral		0,6000	0,6575	1,7125
Período reprodutivo - safra das águas -2014				
Q.M.				
Fontes de variação	GL	LEP	HEM	COL
Cultivar	1	0,0303 ^{Ns}	10,4040*	0,7840 ^{Ns}
Bloco	3	0,1616	8,8767	1,36267
Doses	4	0,3828 ^{Ns}	0,5984 ^{Ns}	3,3216 ^{Ns}
Cultiva x Doses	4	0,4278 ^{Ns}	0,3846 ^{Ns}	5,9871 ^{Ns}
Erro	27	0,3401	1,3633	5,1621
C.V. (%)		77,50	38,16	30,01
Média geral		0,7525	3,0600	7,5700

^{Ns}: não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente aos insetos contabilizados nas amostragens realizadas durante a safra das secas nos períodos vegetativos e reprodutivos de desenvolvimento fenológico do feijoeiro, para as ordens de insetos: Diptera (DIP); Hemiptera (HEM); Coleoptera (COL) e Lepdoptera (LEP), na cultura do feijoeiro.

Período vegetativo - safra das secas – 2015					
Q.M.					
Fontes de variação	GL	DÍP	HEM	COL	LEP
Cultivar	1	46,6560*	0,1288 ^{Ns}	0,0723 ^{Ns}	57,3603 ^{Ns}
Bloco	3	135,6653	1,1595	0,6423	20,5743
Doses	4	3,3873 ^{Ns}	1,7834*	2,5584 ^{Ns}	18,2294 ^{Ns}
Cultiva x Doses	4	11,5460 ^{Ns}	0,3299 ^{Ns}	0,7891 ^{Ns}	53,4434*
Erro	27	10,5251	0,2076	0,9985	17,0904
C.V. (%)		21,73	53,81	49,41	73,33
Média geral		14,9300	0,8468	2,0225	5,6375
Período reprodutivo - safra das secas -2015					
Q.M.					
Fontes de variação	GL	LEP	HEM	COL	
Cultivar	1	445,5296*	4,9000*	6768,5567*	
Bloco	3	4,8116	7,7723	873,0629	
Doses	4	31,0205 ^{Ns}	0,8397 ^{Ns}	123,5023 ^{Ns}	
Cultiva x Doses	4	26,1835 ^{Ns}	2,4380*	970,9799*	
Erro	27	15,5485	0,6752	152,1777	
C.V. (%)		34,93	33,31	26,37	
Média geral		11,2875	2,4667	46,7832	

^{Ns}: não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3. Média das amostragem por parcela da população de insetos pragas nos períodos de desenvolvimento fenológico vegetativo e reprodutivo da cultura do feijoeiro para as safras das águas – 2014 e safra das secas – 2015. Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil.

Período reprodutivo - safra das águas -2014			
Ordem entomológica	Hemiptera		
Cultivares	IPR Campos Gerais		IPR Tuiuiú
Nº de insetos	3,57 b		2,55 a
C.V. (%)	38,16		
Período vegetativo - safra das secas -2015			
Ordem entomológica	Diptera		
Cultivares	IPR Campos Gerais		IPR Tuiuiú
Nº de insetos	13,85 a		16,01 b
C.V. (%)	21,73		
Período reprodutivo - safra das secas -2015			
Ordem entomológica	Nº de insetos		
	Lepdoptera	Hemiptera	Coleóptera
Cultivares			
IPR Campos Gerais	7,95 a	2,12 a	59,79 b
IPR Tuiuiú	14,62 b	2,82 b	33,78 a
C.V. (%)	34,93	33,31	26,37

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme pode ser observado nas tabelas 1 e 3, em relação ao experimento conduzido na safra das águas, observou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) para as médias populacionais de pragas nas cultivares avaliadas no período reprodutivo de desenvolvimento fenológico da cultura em relação a ordem hemíptera (tabela 1), sendo que a cultivar IPR Tuiuiú apresentou uma população de 28,6 % de Hemipteros por ponto de amostragem comparado a cultivar IPR Campos gerais que obteve uma população de 71,4 % (tabela 3).

Também pode ser observado diferenças significativas ($P \leq 0,05$) para as cultivares no período vegetativo de desenvolvimento fenológico do feijoeiro cultivado na safra das secas de 2015 (tabela 2), onde a ordem Diptera, para a cultivar IPR Campos Gerais apresentou uma população de 13,4 % e para a cultivar IPR Tuiuiú 86,5% de insetos por ponto de amostragem (tabela 3).

Para safra das secas, observou-se diferença significativa ($P \leq 0,05$) para as médias das cultivares avaliadas no período reprodutivo de desenvolvimento fenológico da cultura para as ordens Lepdoptera; Hemiptera e Coleoptera. Os valores médios de insetos por ponto de amostragem para a cultivar IPR Campos Gerais foram de 45,7; 24,8 e 56,5 % respectivamente,

para estas ordens. Para a cultivar IPR Tuiuiú, os valores médios de insetos por ponto de amostragem para as ordens citadas foram 54,3; 75,2 e 43,5% respectivamente.

É importante destacar que as cultivares avaliadas pertencem a grupos diferentes de feijoeiro, isso porque a cultivar IPR Campos Gerais pertence ao grupo de feijão carioca, enquanto que a IPR Tuiuiú pertence ao grupo de feijão preto. Sendo assim, nota-se comportamentos distintos entre elas, por apresentarem características genéticas únicas de cada material.

Segundo boletim informativo das cultivares disponibilizado pelo IAPAR (2015), as cultivares pertencem ao hábito de crescimento indeterminado, Tipo II e suas inflorescências originam-se de gemas auxiliares. Mesmo na fase reprodutiva, a gema apical continua a desenvolver-se, formando uma guia que não ultrapassa alguns poucos centímetros e a altura total das plantas alcança aproximadamente 70 cm. Os ramos laterais são poucos curtos e as cultivares apresentam um período de floração na faixa de 15 a 20 dias, com a maturação das vagens bastante uniforme e o ciclo de vida das plantas, em geral, situa-se na faixa de 80 a 90 dias, com um potencial de rendimento para a cultivar IPR Campos gerais em torno de 3.897 Kg ha⁻¹ e para a cultivar IPR Tuiuiú 3.950 Kg ha⁻¹.

Para ambos experimentos, esses resultados provavelmente podem ser atribuídos a base genética das cultivares estudadas, uma vez que trata-se de grupos diferentes de feijoeiro. Os resultados obtidos nos experimentos conduzidos na safra das águas e safra das secas 2014 e 2015, permitiram observar contestações entre os genótipos, sugerindo existir uma diferença quanto a preferência das pragas para os materiais avaliados. Segundo Lara (1991), a resistência de plantas a insetos é determinada por fatores químicos, físicos e morfológicos que provavelmente atuam isoladamente ou de forma conjunta, desta maneira promovendo resistência às plantas a uma determinada praga, com destaque para as toxinas, redutores de digestibilidade, tricomas, dureza da epiderme foliar e impropriedades nutricionais presentes em genótipos de feijão, proporcionando a estes diferentes graus de resistência.

Avaliando o comportamento de 19 genótipos de feijoeiro, Jesus et al. (2010) estudaram quanto à infestação de *Bemisia tabaci* biótipo B nas Safras das águas, das secas e de inverno e verificaram que os genótipos IAC Una, Pérola, Gen 96A45-3-51-52-1, Gen 96A98-15-32-1, FT Nobre, IAC Tybatã, IAC Alvorada, LP 02-130, LP 01-38, LP 98-122, IAC Diplomata e Gen 96A3P1-1-1 são menos ovipositados pela *B. tabaci* biótipo B no experimento conduzido na safra das águas e que a maior incidência de ninfas foi verificada no experimento conduzido na safra

das secas, sendo assim também referenciado neste trabalho em relação da atração das pragas avaliadas sobre as cultivares de feijoeiro estudadas, conforme pode ser observado nas tabelas apresentadas acima.

De acordo com EPAGRI (2012), os maiores índices populacionais das pragas da cultura do feijoeiro, resguardadas as mudanças climáticas atípicas ou alterações no equilíbrio ambiental têm sido observados nos meses mais quentes. Esse padrão de ocorrência compromete negativamente a semeadura da cultura para a safra das secas, uma vez que os problemas de pragas nessa época se intensificam a partir do início do desenvolvimento da cultura. O mesmo pode ser observado neste trabalho, onde foram observadas diferenças estatísticas significativas ($P \leq 0,05$) em relação as ordens de pragas avaliadas Hemiptera e Lepdoptera para as cultivares estudadas (tabela 3).

Observa-se nas figuras 1 e 2 que durante a condução deste trabalho, ocorreram condições meteorológicas desfavoráveis ao desenvolvimento do feijoeiro, com temperaturas superiores a 30°C durante o dia e alta umidade relativa, acima de 75 % durante toda fase de desenvolvimento da cultura. Também é válido ressaltar que a quantidade de chuvas nesse período foi irregular, o que promoveu uma desuniforme quanto a distribuição hídrica nas diferentes fases de desenvolvimento das cultivares. Ambientes em condições semelhantes às observadas neste trabalho são consideradas favoráveis a reprodução de insetos pragas e desta forma, aumentando a população dos insetos, justificando desta forma a alta população dos insetos pertencentes a esta ordem entomológica.

Ocorreu efeito significativo ($P \leq 0,05$) para as doses trabalhadas com silicato de potássio para a ordem Hemiptera, em relação ao estágio vegetativo de desenvolvimento da cultura do feijoeiro, conduzido na safra das secas. É importante ressaltar que insetos pragas pertencentes a ordem Hemiptera normalmente não causam danos à cultura quando esta encontra-se nos estádios vegetativos de desenvolvimento fenológico, sendo os danos comumente observados durante os estádios reprodutivos de desenvolvimento, período em que as plantas apresentam a formação de flores e o surgimento de vagens e grãos. Neste caso, os Hemipteros passam a causar danos a cultura, proporcionando abortamento de flores e vagens, além de ocasionarem formação desuniforme dos grãos. A principal praga do feijoeiro pertencente a esta ordem é o percevejo (QUINTELA, 2005).

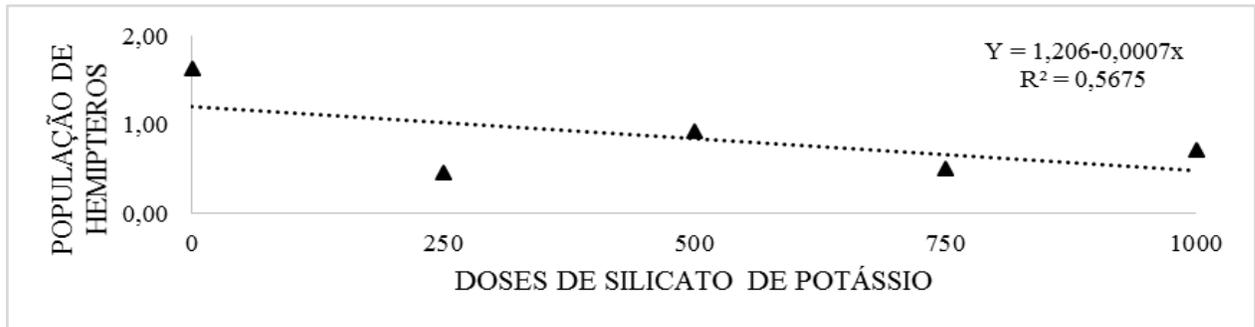


Figura 3. Número de hemípteros em relação com os tratamentos com doses de silicato de potássio. Período vegetativo do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) na safra das secas de 2015.

Possivelmente os resultados significativos ($p \leq 0,05$) para doses (figura 3) foram encontrados porque o silicato de potássio aplicado via foliar, ao entrar em contato com a superfície do tecido vegetal, forma um composto de sílica a qual não é absorvida pelas plantas, chamado de ácido polisilícico.

Segundo Iler (1979), trabalhando com Si em solução, com o aumento da concentração de Si, forma polímeros de cadeias longas a partir do ácido monossilícico (H_4SiO_4), formando ácido polisilícico, o qual facilmente se polimeriza em meio ácido. Desta forma, o mais provável é que este composto proporcione às plantas uma barreira de proteção externa nas folhas ao ataque de pragas, deste modo diferenciando-se a respeito da população de insetos conforme os tratamentos utilizados. Nesta situação, ocorre a formação de polímeros de silicato de potássio externos ao tecido vegetal, dificultando a alimentação das pragas sobre os vegetais.

Foram ainda observadas significância ($P \leq 0,05$) em relação a interação cultivares x doses, para as ordens Lepdoptera (período vegetativo de desenvolvimento fenológico), Hemiptera e Coleoptera, (período reprodutivo de desenvolvimento fenológico), conduzidos durante a safra das secas de 2015 (figuras 4, 5 e 6).

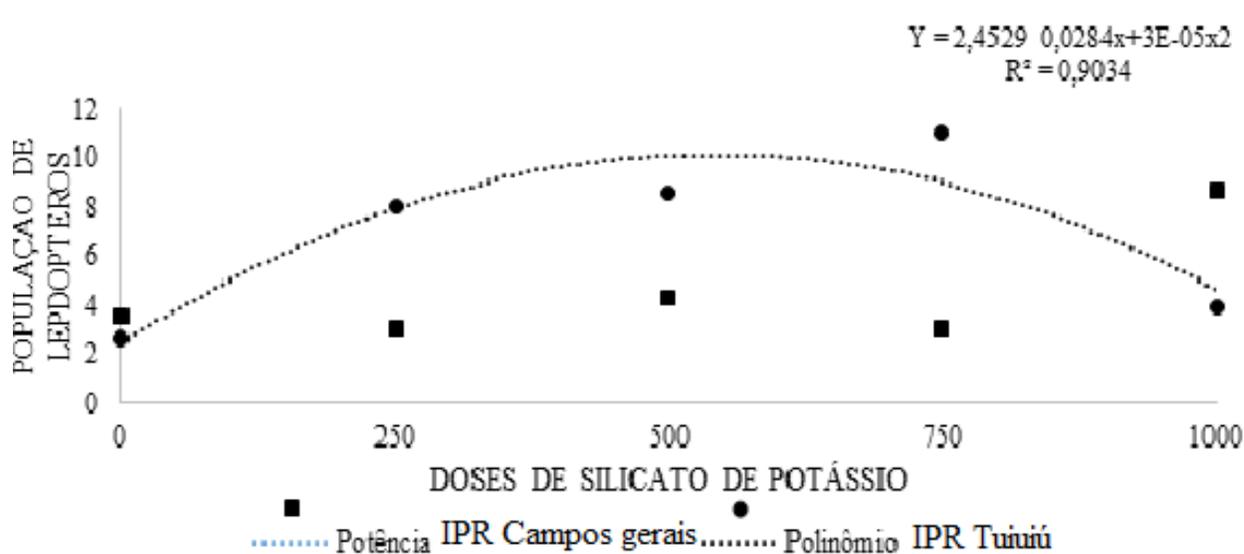


Figura 4. População de Lepidopteros, no período vegetativo do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) com aplicação de doses de silicato de potássio na safra das secas de 2015.

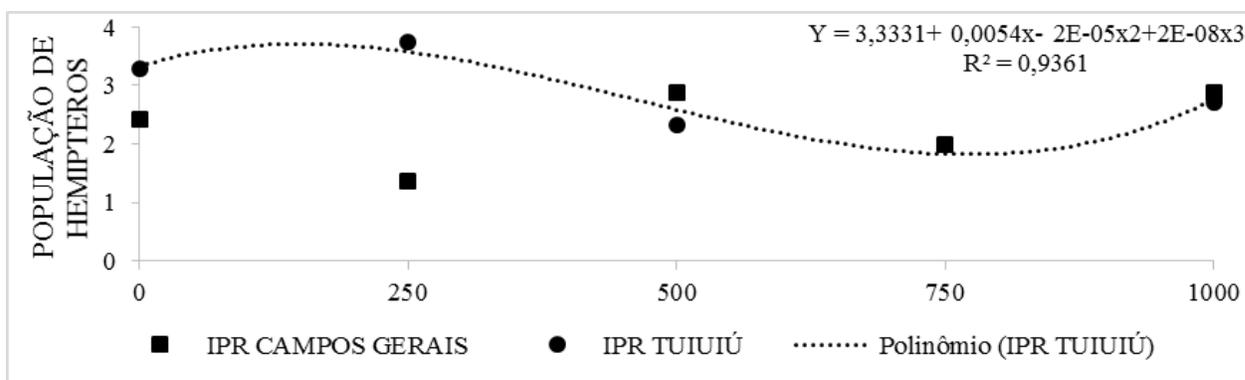


Figura 5. População de Hemipteros, no período reprodutivo do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) com aplicação de doses de silicato de potássio na safra das secas de 2015.

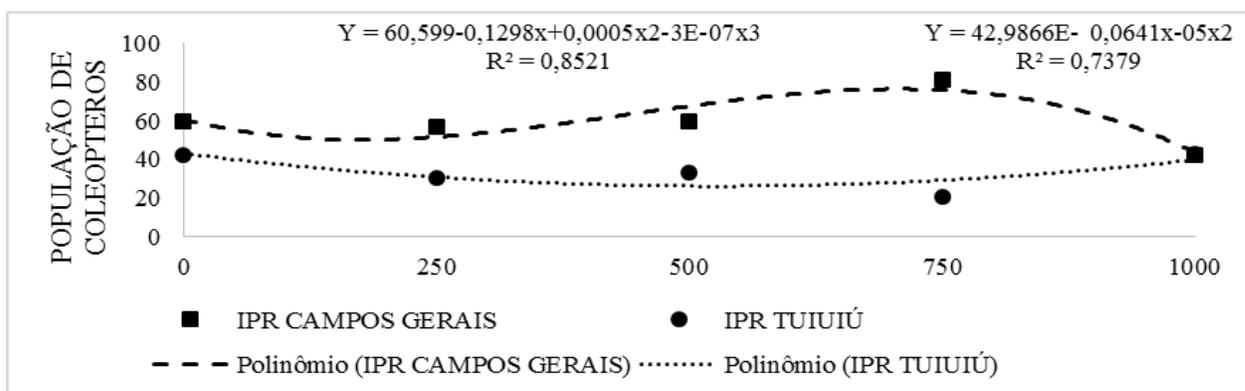


Figura 6. População de Coleópteros, no período reprodutivo do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) com aplicação de doses de silicato de potássio na safra das secas de 2015.

Quanto a interação entre doses e cultivares (figura 4, 5 e 6), justifica-se pela característica genética (coloração das folhas, altura de plantas, matéria seca, teor de celulose, entre outros) de cada material no que corresponde a atratividade às pragas e a produção de camada protetora de sílica externas nas folhas como citado anteriormente.

Ao analisar o comportamento meteorológico e o desenvolvimento fenológico dos materiais no ambiente de cultivo nas duas safras agrícolas (figura 1 e 2), podem ser observadas diferenças em cada safra, demonstrando condições adversas do ambiente que podem proporcionar uma mudança quanto ao comportamento e a dinâmica populacional das pragas nos diferentes estádios de desenvolvimento fenológico da cultura, principalmente precipitação e temperatura.

Foi observado que não houve efeito significativo quanto a aplicação de silicato de potássio para algumas ordens de pragas avaliadas (Tabela 1, 2). Provavelmente isto ocorreu porque o experimento foi conduzido em um solo muito argiloso (73,5 % de argila). De acordo com Camargo (2007), o teor de Si solúvel é maior em solos muito argilosos. Os LATOSSOLOS VERMELHOS são solos bem intemperizados e com maior quantidade de argila e na área experimental a quantidade de Si solúvel do solo é de 19,6 mg dm³, sendo que este valor é considerado muito alto e por esta razão dificilmente o Si demonstraria seus efeitos na cultura, ainda mais quando tratando de uma planta não acumuladora de Si.

Quando encontrado na fase líquida do solo na forma de ácido monocilícico, o silício é absorvido pelas raízes das plantas por difusão passiva, que ocorre quando há o movimento do nutriente do solo para a superfície radicular a favor de um gradiente de concentração sem que haja o gasto de energia metabólica pela planta, fazendo com que esse nutriente se mova da área de maior concentração (rizosfera) para a de menor concentração (raiz) (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Os vegetais possuem maior facilidade em absorver o mineral através do sistema radicular por apresentarem maior quantidade de proteínas atravessadoras seletivas (canais) por onde as moléculas e íons podem se difundir através da membrana, possibilitando um menor gasto de energia metabólica (TAIZ e ZEIGER, 2013). Desta forma, as plantas absorvendo o Si pelas raízes com menor gasto de energia, não justifica sua absorção via foliar, pois para que isto ocorra a planta necessitaria gastar mais energia metabólica para que ocorra sua absorção.

É importante também ressaltar que os LATOSSOLOS possuem grande quantidade de caulinita que ainda sofrem ação de intemperismo e conseqüentemente liberam silício na forma solúvel ao solo (LIMA, 2001).

4.4 CONCLUSÕES

A adubação foliar com silicato de potássio proporcionou diminuição na ocorrência populacional das pragas que incidiram sobre a cultura pertencentes as ordens: Hemiptera, Lepdoptera e Coleoptera.

4.5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação Araucária, pelo suporte financeiro.

Ao proprietário da área particular onde foi conduzida a pesquisa, Sr. Valdir José Alves por todo apoio e consideração durante o desenvolvimento deste trabalho.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNON, D.L. STOUT, P.R. **Molybdenum as an essential element for higher plants.** Plant Physiology, Rockville, v. 14, n. 3, p. 599-602, 1939.

EPAGRI. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira.** CTSBF - Comissão Técnica Sul-Brasileira de Feijão, p. 111. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA FLORIANÓPOLIS, 2012. Acesso em 13 de novembro de 2015. Disponível em: http://www.epagri.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/informacoes_tecnicas_cultivo_feijao.pdf

EPSTEIN, E. **Silicon.** Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, v. 50, n. 01, p. 641-664, 1999.

HEINRICHS, R.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; MALAVOLTA, E. **Atributos químicos do solo e produção do feijoeiro com a aplicação de calcário e manganês.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 32, p. 1157-1164, 2008.

HODSON, M. J. et al. **Phylogenetic variation in the silicon composition of plants.** Annals of Botany, v. 96, n. 01, p. 1027-1046, 2005.

IAPAR. **Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado.** Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1363>. Acesso em 01 de junho de 2015.

ILER, R. K. **The chemistry of silica.** New York: Wiley Interscience, 1979.

JESUS, F. G.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; CARBONELL, S. A. M.; STEIN, C. P.; PITTA, R. M. ; CHIORATO, A. F. **Infestação de Bemisia tabaci biótipo B e Caliothrips phaseoli em genótipos de Feijoeiro.** Bragantia, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 637 - 648, 2010.

KING, A. B. S.; SANDERS, J. L. **Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central: una guía para su reconocimiento y control.** London: Overseas Development Administration, 182p., 1984.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos.** 2ª ed. São Paulo: Ícone. 336 p., 1991.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, f. 176. (Tese de Doutorado), 2001.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Ceres, 443p., 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. London: Academic Press, 889 p., 1995.

QUINTELA, E. D. Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais. In: **EMBRAPA Arroz e Feijão.** n° 05. 2005. Acesso em: 13 de novembro de 2015. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/pragas.htm>

ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Ed) **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil,** Piracicaba-SP: Potafos, p. 353-390., 1996.

ROSOLEM, C. A. **Nutrição e adubação do feijoeiro.** Piracicaba-SP: Potafos, 93 p. (Boletim Técnico, 8),1987.

VIEIRA, C. **O feijoeiro-comum: cultura, doenças e melhoramento.** Viçosa-MG: UFV, Impr. Univ., 220 p., 1967.

5. CAPÍTULO 3. Ocorrência do coleóptero *Iphimeis dives* (Chrysomelidae) em feijoeiro na Região Oeste do Estado do Paraná, Brasil*

*Publicado na *African Journal of Plant Science*, v.10, n.1, p.39-42, 2016

Iphimeis dives (Germar, 1824) é uma espécie de coleóptero da família Chrysomelidae, comumente encontrada em frutíferas e é conhecido como besouro desfolhador da videira ou besouro verde. Neste trabalho é registrada a ocorrência de *I. dives* na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) nos municípios de Assis Chateaubriand e Palotina, região oeste do Estado do Paraná. Trata-se do primeiro registro do ataque de *I. dives* na cultura do feijão no Brasil. Os insetos foram coletados quando as plantas encontravam-se entre os estágios de desenvolvimento fenológico V₄/R₅. Embora comumente encontrado em frutíferas e em algumas hortaliças, o presente registro na cultura do feijão sugere uma maior atenção a este inseto, devido ao dano que este possa causar nesta cultura.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; Besouro desfolhador; Besouro verde.

5.1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui a base alimentar da população brasileira, sendo um excelente alimento, pois fornece nutrientes essenciais ao ser humano, como proteínas, ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas, carboidratos e fibras (Mesquita et al., 2007). Além disto, o feijão possui grande importância sócio-econômica, pois é cultivado por pequenos, médios e grandes produtores em todo território nacional, em diversificados sistemas de produção (Moura e Brito, 2014). A produção total de grãos na safra 2013/14 no Brasil foi de 3,45 milhões de toneladas, em uma área de 3,36 milhões de hectares. O estado do Paraná é o maior produtor nacional, sendo que na safra 2013/14 teve uma produção de 808.900 toneladas de grãos (Conab, 2015).

No entanto, a cultura pode ser acometida por vários insetos, entre eles, os coleópteros da família Chrysomelidae (Oliveira e Ramos, 2012), principalmente *Diabrotica speciosa* e *Cerotoma arcuata*, conhecidas como vaquinhas (Moura et al., 2014; Pratisoli et al. 2012; Schimildt et al., 2010). Estes insetos, na fase adulta, reduzem a área foliar das plantas (Quintela e Barbosa, 2014), podendo ocasionar queda significativa na capacidade fotossintética da cultura, resultando em queda de produtividade (Pratisoli et al. 2012; Schimildt et al., 2010; Silva et al., 2003).

A família Chrysomelidae é composta por vários coleópteros, entre eles a espécie *Iphimeis dives* (Germar, 1824), também conhecido como besouro desfolhador da videira ou besouro verde, a qual já foi relatada atacando diversas frutíferas, além de algumas culturas e hortaliças (Basso et al., 1974; Mariconi, 1962; Milléo et al. 2013; Wiest e Barreto, 2012). De acordo com Quintela e Barbosa (2014), os coleópteros desta família, na fase adulta, causam desfolha durante todo o ciclo da cultura do feijoeiro, podendo se alimentar de flores e vagens, sendo que os danos mais significativos ocorrem no estágio de plântula, pois podem consumir o broto apical e em altas populações, se não houver área foliar disponível, causa a morte da planta.

Silva et al. (2003) ressaltam que a capacidade do feijoeiro se recuperar após a desfolha varia em função da época de desenvolvimento em que for submetido ao dano. Glier et al. (2015) observaram que desfolhas no estágio V₄ e R₅, são as mais prejudiciais para a cultura, ocorrendo maior redução no potencial produtivo. Similarmente, Fontoura et al. (2006) também observaram que o estágio mais crítico para perda de área foliar é o R₅, o qual reduz consideravelmente o rendimento da cultura com a intensificação da remoção da área foliar da planta. Silva et al. (2012) verificaram que em todos os estágios fenológicos ocorre perda de produtividade à medida que intensifica o grau de desfolha.

O conhecimento das espécies de insetos-praga que ocorrem em cada região, seus hábitos e biologia, é fundamental para evitar perdas agrícolas, isto porque durante o ciclo de uma cultura, pode surgir várias espécies de insetos, sendo que algumas podem desenvolver populações capazes de causar prejuízos ao agricultor devido à redução da produção. Neste contexto, Wiest e Barreto (2012), mencionam que é fundamental que se tenha o conhecimento sobre os insetos que ocorrem numa cultura, de modo a se programar para realizar os tratamentos fitossanitários e também para prever o surgimento de novas pragas. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi o de relatar pela primeira vez a ocorrência do coleóptero *I. dives* em feijoeiro na Região Oeste do Estado do Paraná.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Em experimentos com a cultura do feijoeiro instalados em agosto de 2014, nos municípios de Assis Chateaubriand-PR e Palotina-PR, localizado na região oeste do estado do Paraná, Brasil, sendo as áreas localizadas nas coordenadas: Latitude 24°17'27.40'' Sul e Long. 53°35'03.99''

Oeste com altitude de 321m referente ao experimento conduzido em Assis Chateaubriand e Latitude 24°17'37.21'' Sul e Long. 53°47'05.87'' localizado a 323 m em relação ao nível do mar para o experimento conduzido em Palotina. O clima na região, segundo Köpppen é do tipo Cfa, sem estação seca definida.

Foram observados nas áreas experimentais entre os meses de setembro e outubro, a presença de um besouro que até então não tinha sido relatado sua ocorrência na cultura do feijoeiro nesta região. O besouro apresentava tamanho de 7 a 9 mm de comprimento, com coloração verde metálica brilhante nos élitros e azul escuro metálico no protórax e ao serem tocados caíam no solo, fingindo-se de mortos.

As cultivares de feijoeiro utilizadas nos experimentos foram a IPR Campos Gerais, a IPR Tangará e IPR Tuiuiú. Quando as plantas de feijão encontravam-se entre os estágios fenológicos V₄ - terceira folha trifoliolada e R₅ - botões florais (Didonet e Vitória, 2006; Fancelli e Dourado Neto, 2007) insetos presentes na área experimental foram coletados e armazenados em álcool 70 % e posteriormente foram encaminhados para identificação na seção de Zoologia de Invertebrados, Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O inseto foi identificado como sendo um coleóptero pertencente à família Chrysomelidae, cuja espécie é a *Iphimeis dives* (Germar, 1824). Em relação a esta espécie, Mariconi (1962) mencionou que por motivos poucos conhecidos, ainda não tinha sido alvo de estudos por parte dos entomologistas, apesar de naquela época já haver relatos deste inseto utilizando diversas plantas como hospedeiras (acácia negra, café, jabuticabeiras, laranja, mucuna, paineira, roseira, soja e videiras). Basso et al. (1974) relataram também que este inseto ataca a berinjela (*Solanum melongela*). Milléo et al. (2013) mencionaram que *I. dives* ocorre com muita frequência em pomar de diversas frutíferas (laranja, limão, poncã, tangerina, caqui, maçã, nectarina, pera e pêssego).

Wiest e Barreto (2012) relatando a evolução dos insetos-praga na cultura da soja no estado do Mato Grosso mencionaram que no ano de 1988, *I. dives* foi considerado como uma praga secundária desta cultura, no entanto, em anos posteriores não houve registro desta praga

atacando a cultura da soja. Estes autores afirmaram ainda que a partir do levantamento realizado em 2008 esta praga não foi nem enquadrada como praga esporádica da cultura da soja, possivelmente foi suprimida dessa cultura. No entanto, ainda há poucas informações sobre este inseto na bibliografia, e as poucas citações encontradas referem-se a danos causados pelos adultos em algumas frutíferas.

Na área experimental foi encontrado *I. dives* alimentando-se de folhas de feijoeiro (Figura 1), resultando na diminuição da área foliar da planta (Figura 2). As folhas são responsáveis pelas trocas gasosas da planta e atividade fotossintética, de modo que qualquer fator que interfira na área foliar poderá afetar a produtividade (Raven et al., 2007).

De acordo com Acioli et al. (2014), ao se alimentarem, os crisomelídeos podem causar danos superficiais no tecido foliar ou até mesmo perfurar as folhas fazendo orifícios de formato mais ou menos regulares e circulares. Quando seu ataque é intenso, a folha fica completamente perfurada, o que reduz a capacidade fotossintética e, conseqüentemente a produção.



Figura 1 – Coleóptero *Iphimeis dives* (Germar, 1824) em folhas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).



Figura 2 – Danos em folhas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) causado pelo coleóptero *Iphimeis dives* (Germar, 1824).

Oliveira e Ramos (2012) ressaltam que é importante observar o estágio de desenvolvimento da cultura em que ocorre o dano. Para Acioli et al. (2014) o ataque dos crisomelídeos pode ocorrer em qualquer fase ou período de desenvolvimento das plantas, acontecendo preferencialmente em plantas e folhas mais jovens, sendo necessário maior cuidado contra o ataque destes insetos nos estágios iniciais de desenvolvimento das plantas. Quintela e Barbosa (2014) mencionam que quando as plantas apresentam um estágio de desenvolvimento mais elevado, os danos causados pelos crisomelídeos são menores.

Para a cultura do feijoeiro, têm sido realizados estudos simulando o ataque de insetos desfolhadores. Por exemplo, Silva et al. (2003) avaliando a desfolha na cultura do feijoeiro, concluíram que uma desfolha de 25% aos 24 dias após a emergência, provocou uma redução em média de 21,7% na produtividade do feijoeiro. Pratisoli et al. (2012) e Schimildt et al. (2010) avaliando a influência de desfolhas artificiais para simular perdas na produção do feijoeiro, observaram uma redução da produtividade com aumento dos níveis de desfolha em praticamente todos os estágios de desenvolvimento analisados.

Para Pratisoli et al. (2012), esta queda da produtividade de grãos ocorre devido a redução da área fotossinteticamente ativa, o que conseqüentemente reduz a quantidade de fotoassimilados produzidos, afetando de forma negativa nos componentes de produtividade. Fontoura et al.

(2006) também mencionam que os componentes de produtividade são afetados de forma negativa pela intensidade de desfolha.

Por outro lado, Quintela e Barbosa (2014) mencionam que vários estudos têm indicado que o feijoeiro pode suportar níveis toleráveis de desfolha (20-66%) sem que ocorra redução na produção. Todavia, as variações de respostas ao desfolhamento verificadas em diversas pesquisas demonstram a existência de variabilidade genotípica, cujos resultados não devem ser extrapolados para diferentes cultivares (Pratissoli et al., 2012).

Para Morales et al. (2000), é importante ter o conhecimento das populações de insetos da ordem Coleoptera, para desenvolver métodos adequados de manejo, visando evitar o aumento populacional das espécies-praga deste grupo. É válido ressaltar que os insetos da família Chrysomelidae constituem um importante grupo de insetos fitófagos que se alimentam de uma grande variedade de plantas. Além de folhas, os crisomelídeos adultos também consomem raiz, caule, flores, pólen e anteras, causando danos diretos, ou até mesmo pode atuar como transmissores de vírus para as plantas, causando danos indiretos (Acioli et al., 2014), resultando em queda de produtividade.

5.4 CONCLUSÕES

Este relato registra a ocorrência do coleóptero *I. dives* atacando a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), nos municípios de Assis Chateaubriand e Palotina, região Oeste do Estado do Paraná. Pelo fato de ser o primeiro registro deste inseto na cultura do feijoeiro, é importante fazer o acompanhamento de sua população nessa cultura a fim de observar o real potencial desta espécie como praga, já que ela é citada causando danos em outras culturas de interesse econômico.

5.5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação Araucária, pelo suporte financeiro.

Ao Dr. Luciano de Azevedo Moura pela identificação da espécie.

Ao Sr. Ronaldo Beladeli e Sr. Valdir José Alves por terem cedido a área para a realização dos experimentos.

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acioli ANS, Costa GKG, Moura TN, Guimarães MA, Almeida R, Miranda JF (2014). **Entomofauna associada ao cultivo de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no município de Benjamin Constant, Amazonas, Brasil.** EntomoBrasilis, 7:99-105.
- Basso IV, Link D, Lopes OJ (1974). **Entomofauna de algumas solanáceas em Santa Maria, RS.** Revista Centro Ciências Rurais, 4:263-270.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2015). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, oitavo levantamento, maio 2015.** Brasília: Conab. P.122.
- Didonet AD, Vitória TB (2006). **Resposta do feijoeiro comum ao estresse térmico aplicado em diferentes estágios fenológicos.** Pesquisa Agropecuária Tropical, 36:199-204.
- Fontoura TB, Costa JS, Daros E (2006). **Efeitos de níveis e épocas de desfolhamento sobre o rendimento e os componentes do rendimento de grãos da soja.** Scientia Agraria, 7:49-54.
- GOMES, F. B.; MORAES, J.C.; NERI, D. K. P. **Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico.** Ciênc. agrotec., Lavras, v. 33, n. 1, p. 18-23, jan./fev., 2009.
- Gllier CAS, Duarte Júnior JB, Fachin GM, Costa ACT, Guimarães VF, Mrozinski C (2015). **Defoliation percentage in two soybean cultivars at different growth stages.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19:567-573.
- Mariconi FAM (1962). **“Besouro Verde”, novo depredador da laranjeira.** Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 19:383-388.
- Mesquita FR, Corrêa AD, Abreu CMP, Lima RAZ, Abreu AFB (2007). **Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica.** Ciência e Agrotecnologia, 31:1114-1121.
- Milléo J; Souza JMT, Barbola IF, Moura LA, Pucci MB (2013). **Diversidade e sazonalidade de crisomelídeos (Coleoptera: Chrysomelidae) em pomar, no município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil.** Revista Brasileira Fruticultura, 35:454-463.
- Morales NE (2000). **Flutuación poblacional de *Scolytidae* (Coleoptera) em zonas reflorestadas com *Eucalyptus grandis* em Minas Gerais, Brasil.** Revista de Biologia Tropical, 48:101-107.
- Moura AD, Brito LM (2014). Aspectos socioeconômicos. In: Carneiro JE, Paula Júnior TJ, Borém A. **Feijão: do plantio à colheita.** Viçosa: UFV. P. 384.
- Moura JZ, Páuda LEM, Moura SG, Ribeiro NWSM, Silva PRR (2014). **Nível de dano econômico para insetos desfolhadores em feijão-caupi.** Revista Caatinga, 27:239-246.

Oliveira MB, Ramos VM (2012). **Simulação de dano de *Diabrotica* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) para estimativa de nível de ação.** Revista Agrarian, 5:181-186.

Pratissoli D, Schmildt ER, Amaral JAT, Schmildt O (2012). **Níveis de desfolha artificial para simular perdas na produtividade do feijoeiro comum.** Scientia Agraria Paranaensis, 11:68-76.

Raven PH, Evert RR, Eichhorn SE (2007). **Biologia Vegetal.** 7.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, P. 856.

Quintela ED, Barbosa FR (2014). Manejo de pragas. In: Carneiro JE, Paula Júnior TJ, Borém A. **Feijão: do plantio à colheita.** Viçosa: UFV. P.384.

Schmildt ER, Amaral JAT, Pratissoli D, Reis EF (2010). **Influência de desfolhas artificiais para simular perdas na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. xamego).** Arquivo Instituto Biológico, 77:457-463.

Silva AL, Veloso VRS, Crispim CMP, Braz VC, Santos LP, Carvalho MP (2003). **Avaliação do efeito de desfolha na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** Pesquisa Agropecuária Tropical, 33:82-87.

Silva AM. **Impacto de diferentes níveis de desfolha artificial nos estádios fenológicos do algodoeiro.** Revista de Ciências Agrárias, 35:163-172.

Wiest A, Barreto MR (2012). **Evolução dos insetos-pragas na cultura da soja no Mato Grosso.** EntomoBrasilis, 5:84-87.

6. CONCLUSÕES GERAIS

A adubação foliar com silicato de potássio não influenciou nas características agronômicas das cultivares de feijoeiro em ambas as safras avaliadas.

A cultivar IPR Campos Gerais apresentou maior altura de plantas, peso de mil sementes e produtividade de grãos em relação a cultivar IPR Tuiuiú para a Safra das águas e a cultivar IPR Tuiuiú apresentou maior produtividade de grãos na Safra das secas.

A adubação foliar com silicato de potássio proporcionou diminuição na ocorrência populacional das pragas que incidiram sobre a cultura pertencentes as ordens: Hemiptera; Lepdoptera e Coleoptera.

Houve o registro da ocorrência do coleóptero *I. dives* atacando a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), nos municípios de Assis Chateaubriand e Palotina, região Oeste do estado do Paraná. Pelo fato de ser o primeiro registro deste inseto na cultura do feijoeiro, é importante fazer o acompanhamento de sua população nessa cultura a fim de observar o real potencial desta espécie como praga, já que ela é citada causando danos em outras culturas de interesse econômico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, M. M. Beneficial effects of diatomite on growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lupinus albus* plants grown under water stress. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 2, n. 2, p. 207-220, 2011.

ABREU, A. de F. B. Cultivo do Feijão da Primeira e Segunda Safras na Região Sul de Minas Gerais. **Embrapa Arroz e Feijão: sistema de produção**. Nº 06, versão eletrônica, dez., 2015. Disponível em: Acesso em: 31 de maio de 2016.

Acesso em 26 de outubro de 2015. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/rber/article/viewFile/36917/pdf_13>

AIDAR, H. Cultivo do Feijão Comum. In: **Embrapa Arroz e Feijão: sistemas de produção**, 2. Janeiro de 2003.

ARNON, D. L. STOUT, P. R. Molybdenum as an essential element for higher plants. **Plant Physiology**, v. 14, n. 3, p. 599-602, 1939.

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

BACK, A. J. Necessidade de irrigação da cultura de feijão no sul do estado de Santa Catarina. **Rev. Tecnol. Ambiente**, v.7, n.1, p.35-44, 2001.

BALARDIN, R. S.; COSTA, E. C. C. RIBEIRO, N. D. (Ed). **Feijão, recomendações técnicas para cultivo no Rio Grande do Sul**. 2000. Santa Maria, Comissão Estadual de Pesquisa do Feijão – CEPEF, 80 p. 2000.

BARBOSA FILHO, M. P. et al. Importância do Silício para a Cultura do Arroz. In: **Informações agronômicas**, n. 89, Março de 2000.

BASSINELLO, P. Z. Árvore do conhecimento. In: **Agência EMBRAPA de informação tecnológica: grãos**, 2015. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_2_28102004161635.html>

BERTHELSEN, S. et al. Effect of Ca-silicate amendments on soil chemical properties under a sugarcane cropping system. In: **SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE**, 2., 2002, Tsuruoka, Japão. **Proceedings...** Tsuruoka: Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, 2002, 57p.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A Cultura. In: **Feijão: do Plantio a Colheita**. Viçosa: Ed. UFV, p. 13, 2015.

CHEONG, B. T. Some significant functions of silicon to higher plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.5, p.1345-1353, 1982.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária**: safra 2015-2016: produtos de verão. Feijão. v.3 p. 43. 2015. Acesso em: 27 de outubro de 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_24_11_44_50_perspectivas_agropecuaria_2015-16_-_produtos_verao.pdf>

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; ANTUNES, C. S. Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (hemiptera: aphididae) por silício e acibenzolar-s-methyl. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 393-397, 2007.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Effects of Silicon and Drought Stress on Tuber Yield and Leaf Biochemical Characteristics. In: Potato. **Crop Science**, v. 49, n. 3, p. 949-954, 2009.

DANNON, E. A; WYDRA, K. Interaction between silicon amendment, bacterial wilt development and phenotype of *Ralstonia solanacearum* in tomato genotypes. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 64, n. 5, p. 233-243, 2004.

DATNOFF, L. E.; RODRIGUES, F. A.; SEEBOLD, K. W. Silicon and Plant Nutrition. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Eds.). **Mineral nutrition and plant disease**. Saint Paul MN:APS Press, p. 233-246, 2007.

DATNOFF, L. E. et al. Effect of calcium silicate slag on blast and brown spot intensities and yield of rice. **Plant Dis.** v. 75, p. 729-732, 1991.

DATNOFF, L. E.; SEEBOLD, K. W.; CORREIA, V. F.J. **The use of silicone for integrated disease management: reducing fungicide applications and enhancing host plant resistance**. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. Silicon in Agriculture. Elsevier Science, Netherlands, p. 171-183, 2001.

DEREN C.; **Plant genotypes, silicon concentration and silicon related responses**. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÓRFER, G. H. (Eds.) Silicon in Agriculture. Elsevier Science, Amsterdam. p. 149-158, 2001.

ELAWAD, S. H.; STREET, J. J.; GASCHO, G. J. Response of sugarcane to silicate source ad rate. In. **Growth and yield: Agronomy Journal**, v.74, p.481-484, 1982.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, n. 1, p. 641-664, 1999.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 91, n. 1, p. 11-17, 1994.

FARIA, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 125F. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Solos. Universidade Federal de Lavras, Viçosa, 2000.

FAUTEUX, F. et al. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. **FEMS Microbiology Letters**, v. 249, n. 1, p. 1-6, 2005.

FAWE, A. et al. **Silicon and disease resistance in dicotyledons**. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.). Silicon in agriculture. Elsevier, New York, p.159-166, 2001.

FIGUEIREDO, F. C. et al. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010.

FRANZOTE, B. P. et al. Aplicação foliar de silício em feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISAS SOBRE FEIJÃO, 8, 2005, Santo Antônio de Goiás. **Anais eletrônicos**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 2005.

GOMES, F. B. et al. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 6, p. 547-551, 2005.

GOUSSAIN, M. M. et al. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 2, p. 305-310, 2002.

GUNES, A. et al. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 13, p. 1885-1903, 2008.

GUNES, A. et al. Silicon-mediated changes on some physiological and enzymatic parameters symptomatic of oxidative stress in barley grown in sodic-B toxic soil. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 6, p. 807-811, 2007.

HODSON, M. J. et al. Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. **Annals of Botany**, v. 96, n. 01, p. 1027-1046, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. In: **Indicadores IBGE Estatística da Produção Agrícola: Feijão em grão total**. p. 45, março de 2015.

KORNDÖRFER, G. H. et al. Avaliação de métodos de extração de silício para solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.101-106, 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; GASCHO, G. J. Avaliação de fontes de silício para o arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1. REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23. Pelotas, 1999. **Anais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p.313-316.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar, **Stab**, v.21, p. 6-9, 2002.

LEWIN, J.; REIMANN, B. E .F. Silicon and plant growth. **Ann. Revist Plants Physiology.**, v. 20, p. 289-304, 1969.

LIANG, Y. C. et al. Effects of foliar and root applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. **Plant Pathology**, v. 54, n. 5, p. 678-685, 2005.

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.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan**. Elsevier Science, 1 ed. Amsterdam:, 503p., 2002.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, v. 11, n. 8, p. 392-397, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALI, M.; AERY, N. C. Effect of silicon on growth, biochemical constituents, and mineral nutrition of cowpea. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 6, p. 1041-1052, 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 889 p., 1995.

MENZIES, J. et al. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 117, p. 902-905, 1992.

MEYER, J. H.; KEEPING, M. G. Overview of the impact of silicon in alleviation biotic an abiotic stress in sugarcane. In: KORNDÖRFER, G.H.; COELHO, L.; NOLLA, A.; RODRIGUES, F.A. **SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE**, 3., 2005, Uberlândia. **Proceedings...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005. p. 62-75.

MITANI N, MA JF.; Uptake system of silicon in different plant species. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, p. 1255-1261, 2005.

MOURA. A. D.; BRITO. L. M. Aspectos Socioeconômicos. In: **Feijão: do Plantio a Colheita**. Viçosa: Ed. UFV, p. 17, 2015.

NOLLA, A. et al. Eficiência de silicato de cálcio e calcário no controle de *Cercospora sojina* na cultura da soja. In: **SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA**, 3.ed., 2004, Uberlândia. **Resumos expandidos**. Uberlândia: Grupo de Pesquisa Silício na Agricultura, 2004 (CD ROM).

OLIVEIRA, L. A. **Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição e tolerância ao cádmio**. 2009. 157 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

PARRELLA, M. P.; COSTAMAGNA, T. The addition of potassium silicate to the fertilizer mix to suppress *Liriomyza* leafminers attacking chrysanthemums. **Bulletin- OILB/SROP**, v. 29, n. 4, p. 159-162, 2006.

PAULA JÚNIOR, T. J. et al. **Guia Técnico: Produção de Feijão**. Viçosa-MG: EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 2010.

PEREIRA, V. G. C. et al. Exigências Agroclimáticas para a Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p. 32-42, 2014.

PULZ, A. L. et al. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1651-1659, 2008.

QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R. Manejo de pragas. In: **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa: ed. UFV, p. 242-253., 2015.

RAID, R. N.; ANDERSON, D. L.; ULLOA, M. F. Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugar-cane. **Crop Protection**, v.11, p.84-88, 1992.

REIS, T. H. P. et al. Efeito da associação silício líquido solúvel com fungicida no controle fitossanitário do cafeeiro. **Coffee Science**, v. 3, n. 1, p. 78-80, 2008.

RODRIGUES, F. A. et al. Silicon enhances the accumulation of dipentenoid phytoalexins in: Rice: a potential mechanism for blast resistance. **Phytopatology**, v. 94, n. 01, p. 177-183, 2004.

ROSS, L.; NABABSING, P.; CHEONG, W. Y. Residual effect of calcium silicate applied to sugarcane soils. International Congress of the Society Sugarcane Technology, 15. **Proceedings**, p.539-542, 1974.

SEAB –Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Análise da Conjuntura Agropecuária: Feijão**, 2013. Acesso em: 08 de junho de 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao_2013_14.pdf>.

SILVEIRA, L. F. V. **Crescimento, nutrição e resistência de mudas de mamão (*Carica papaya* L.) tratadas com fontes de Silicato de potássio (k₂sio₃)**. Tese de doutorado – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, *campus* dos Goytacazes-RJ, abril – 2013.

TAIZ; L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre – RS: Artmed, 2013, 5. ed. p. 113.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; et al. (ed.). **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. p. 420-433.

TAKAHASHI, E.; MA, J. F.; MIYAKE, Y. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. **Comments on Agricultural and Food Chemistry**, n. 02, p. 99 – 122, 1990.

TEIXEIRA, G. C. ; STONE, L. F.; HEINEMANN, A. B. **Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro**. In: EMBRAPA Arroz e Feijão, v. 45, n. 1, p. 9-17, 2015. Acesso em 26 de outubro de 2015. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/118067/1/pat.pdf>.

VENDRAMIM, J. D.; FRANÇA, S. C. Indução de resistência a insetos. In: CAVALCANTI, L. S. et al (Ed). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, p. 511-528, 2006.

VOOGT, W.; SONNEVELD, C. Silicon in horticultural crops grown in soilless culture. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G.H.; KORNDORFER, G. H. (Eds). **Silicon in Agriculture**. London: Elsevier Science B.V. 2001. p.115-131.