



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



JÚLIA RODRIGUES SIMIONE

**PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) CULTIVADO
SOB EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO DO MILHO DE SEGUNDA
SAFRA**

ARARAS - 2017



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



JÚLIA RODRIGUES SIMIONE

**PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris*) CULTIVADO
SOB EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO DO MILHO DE SEGUNDA
SAFRA**

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar para
a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Marcio Roberto Soares

ARARAS – 2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que me conduziu em todo o curso da graduação, me dando forças, e coragem para não desistir desta jornada, mesmo ao enfrentar diversas dificuldades e obstáculos.

A toda minha família que trabalha todos os dias com fé e determinação para que eu consiga realizar meu sonho de me tornar uma Engenheira Agrônoma, e que sempre acreditou em mim e no meu potencial. Meu pai (Fernando), minha mãe (Lêda), minha irmã (Rafaela), meu namorado (Diego), minhas avós, meus tios e primos que dedico cada vitória e todas as minhas conquistas que atingi durante estes 5 anos.

A todos os professores da UFSCar, em especial ao Dr. Marcio Roberto Soares, Dr. Claudinei Fonseca de Souza, Dra. Simone Sartorio, Dr. Rodrigo Gassaf e Dr(a) Maria Bernadette pelos conhecimentos compartilhados, a dedicação e a contribuição para este trabalho e outros que foram realizados na minha jornada na graduação. Muito gratificante, ter sido aluno e orientado de professores tão competentes e dedicados.

Em especial ao Paulo Henrique Pizzi, Diego Nyssen, César Augusto Santana e Rodrigo Singulani por acreditarem neste trabalho e contribuírem das atividades mais simples as mais complexas. Aos companheiros do Grupo de Pesquisa e Estudo em Fertilidade do Solo (GEFERT), Ana Lucia, Gustavo, Jéssica L., Laíse, Julia, Jéssica, Rafaela e Adriano. E as minhas companheiras do Grupo de Pesquisa de Engenharia Água, Solo e Ambiente.

A minhas companheiras de apartamento (Ana Almeida) e (Camila Peixoto) que conviveram no dia-a-dia comigo durante a minha graduação. A turma XXI de Engenharia Agrônômica, a qual eu tenho um grande carinho em especial as minhas amigas que com certeza levarei pra toda vida (Nágila Moraes) e (Lais Maria Ortigossa).

Aos funcionários e técnicos da seção agrícola, Fausto e Curtolo, que estavam disponíveis sempre quando solicitado para a realização de atividades neste projeto.

Aos funcionários e estagiários do Laboratório de Análise Química de Solos e Planta (DRNPA/CCA/UFSCar), Larissa e João Consoni com apoio nas análises envolvidas. A Camila Pessoto, sempre atenciosa e paciente.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste experimento e a todos aqueles que acreditaram em mim, meus sinceros agradecimentos!

“Grandes vitórias são o resultado das pequenas conquistas diárias. Lute, persista e nunca desista, pois todas elas acabarão por acontecer na sua vida.”.

(Autor desconhecido)

RESUMO

Um dos grandes desafios para a cultura do feijão é aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, melhorar o manejo da adubação a partir novas tecnologias. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação residual da cultura de milho de segunda safra sobre a produtividade e os parâmetros biométricos da cultura do feijão (cultivar IPR Campos Gerais), semeada em sucessão. O experimento foi conduzido na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar – *campus* de Araras. Os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial 2x3+1, com quatro repetições, sendo o fator fontes de macronutrientes primários em dois níveis, mineral convencional (M – adicionado na forma de fertilizantes simples, em proporção equivalente à 05-17-10) e organomineral (OM - Fature® 05-17-10), o fator dose em três níveis e a testemunha sem adição de fertilizantes: T1 - testemunha (0 kg ha⁻¹); T2 - 200 kg ha⁻¹ de OM (equivalente a ½ DR); T3 - 400 kg ha⁻¹ de OM (dose recomendada - DR); T4 - 600 kg ha⁻¹ de OM (equivalente a 1½ DR); T5 - 200 kg ha⁻¹ de M; T6 - 400 kg ha⁻¹ de M; T7 - 600 kg ha⁻¹ de M. Aos 80 dias após a emergência (DAE) do feijoeiro, foram avaliados: fitomassa (kg), número de grãos por vagens, comprimento de vagens (cm), número de vagens por planta, massa de 100 sementes (g), produção (g 10 plantas⁻¹). No estágio de florescimento (R1, 44 DAE), foi coletado tecido vegetal para análise dos teores foliares de macronutrientes. Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F ($p < 0,05$), foram avaliados pelo teste de Scott-Knot ($p < 0,05$). Os tipos e as diferentes doses de adubação, utilizadas na cultura do milho, não interferiram nos parâmetros biométricos e de produção do feijoeiro. Os teores foliares de P, K, Mg e S foram inferiores aos considerados adequados para a cultura do feijão. Porém, concluiu-se que o efeito residual das adubações do milho, independentemente do tipo e das doses, garantiu altas produtividades do feijoeiro, que variaram de 3.200 a 4.315 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: adubação organomineral; fertilidade do solo; IPR Campos Gerais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estádios fenológicos do feijoeiro.....	17
Figura 2. Quantidade de macronutrientes (kg) absorvida em 1 ha de plantas de feijão em função do seu desenvolvimento.....	18 ..
Figura 3. Informações climáticas de temperatura e precipitação no período de condução do experimento e os estágios fenológicos da cultura do feijoeiro; E – emergência; VEG – estágio vegetativo; FL – florescimento; M – maturação.....	26. ..
Figura 4. Distribuição dos tratamentos (T1 a T7) com doses de fertilizantes minerais e organominerais, em área experimental (Quadra 3) com cultivo de milho de segunda safra.....	28. ..
Figura 5. Semeadura direta da cultivar de feijão IPR Campos Gerais sob palhada residual de milho de segunda safra.....	30. ..
Figura 6. Irrigação da área experimental logo após a sementeira da cultura do feijão.....	31. ..
Figura 7. Germinação das plantas de feijoeiro aos 12 dias após a sementeira.....	31. ..
Figura 8. Adubação mineral nitrogenada de cobertura aos 25 dias após a emergência das plantas de feijoeiro.....	32. ..
Figura 9. Orifício no colo de planta de feijoeiro, ocasionado por lagarta rosca (<i>Agrotis ipsilon</i>), e controle químico.....	33. ..
Figura 10. Plantas de feijoeiro no estágio de florescimento (R1) e coleta de folhas para análise de tecido vegetal.....	34. ..
Figura 11. Plantas de feijoeiro no estágio de maturação (R7) e coleta de informação fitométrica.....	34. ..
Figura 12. Produtividade de milho de segunda safra cultivado com doses de fertilizantes minerais (M) e organominerais (OM).....	37. ..
Figura 13. Produtividade da cultura sucessora obtida nos diferentes tratamentos, com variação do tipo e doses de adubação aplicada na cultura antecessora.....	42.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais cultivares de feijão existentes no mercado e suas principais características.	16
Tabela 2. Atributos químicos do Latossolo Vermelho distrófico antes do cultivo de milho de segunda safra.	27
Tabela 3. Características químicas da camada arável do Latossolo Vermelho distrófico após a colheita do milho de segunda safra e antes da semeadura do feijão.	29
Tabela 4. Resumo da análise de variância dos teores de macronutrientes nos grãos e da produtividade de milho de segunda safra cultivado com doses de fertilizantes minerais e organominerais.	36
Tabela 5. Exportação de macronutrientes primários por grãos de milho de segunda safra, cultivado com diferentes tipos e doses de adubação.	38
Tabela 6. Exportação de macronutrientes secundários de grãos de milho de segunda safra, cultivado com diferentes tipos e doses de adubação.	39
Tabela 7. Resumo da análise de variância de comprimento de vagens (CV), fitomassa (FM), número de grãos por vagem (GV), número de vagens por planta (NV), massa de 100 grãos (MG) e produção (Prod) de feijoeiro.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 8. Resumo da análise de variância de teores foliares de macronutrientes de plantas de feijoeiro cultivadas sob diferentes doses e tipos de adubação.	43
Tabela 9. Teores foliares de macronutrientes em plantas de feijoeiro cultivadas sob efeito residual de diferentes tipos e doses de adubação.	43

SUMÁRIO

.....	7
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	14
2.1.1 Botânica e morfologia do feijoeiro	15
2.1.2 Cultivares de feijão.....	16
2.1.3 Fenologia e marcha de absorção.....	17
2.1.4 Exigência nutricionais e adubação.....	19
2.2 Sistema de Plantio Direto	20
2.2.1 Sucessão de culturas	22
2.3 Adubação organomineral.....	23
3. HIPÓTESE E OBJETIVOS	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Caracterização da área experimental	26
4.3.1. Instalação e condução do experimento.....	29
4.6 Avaliações fitométricas e produtividade	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 Cultura antecessora – milho de segunda safra	36
5.2 Cultura sucessora – feijão de inverno.....	40
5.2.2 Análise foliar	42
6. CONCLUSÃO.....	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXO.....	53

1. INTRODUÇÃO

A importância da cultura do feijoeiro na economia brasileira é inquestionável. Atualmente, o Brasil é o maior produtor e consumidor de feijão do mundo. A área plantada desta leguminosa ocupa, contabilizando as três safras, 3.029 mil hectares, com produção nacional de 3.274 mil toneladas e produtividade média de 1.524 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

Comparado com o potencial produtivo dos cultivares de feijão, a média de produtividade nacional é baixa e isto se deve à maioria dos produtores adotarem baixa tecnologia em seu cultivo. Há necessidade de estudos e pesquisas para o aumento da produção e produtividade, incluindo melhoramento genético, manejo do solo e de tratos culturais, épocas de semeadura, qualidade das sementes e outros métodos que estão envolvidos no desenvolvimento da cultura (SIMIDU et al., 2010). Portanto, a adoção de técnicas que melhorem os sistemas de produção, tais como o manejo correto de fertilizantes e corretivos, irrigação, práticas conservacionistas, a inoculação microbiana, dentre outras, tem possibilitado alcançar maiores produtividades (ARF et al., 2011).

O feijoeiro é considerado uma planta com alto requerimento nutricional. O nitrogênio (N) é absorvido em taxas mais elevadas, que podem superar 100 kg de N ha⁻¹ em cultivos de altas produtividades (OLIVEIRA et al., 1996). A adoção de práticas de manejo mais conservacionistas, como o sistema de plantio direto (SPD), tem sido recomendada para o aumento da produtividade e redução dos custos, já que a adubação representa 17,7% dos custos da produção do feijoeiro.

O SPD é caracterizado pelo mínimo revolvimento do solo, pela sucessão de culturas e pela formação e manutenção da cobertura vegetal sobre o solo. A quantidade e a natureza dos restos culturais podem influenciar no manejo das culturas, especialmente o da adubação nitrogenada. Com este sistema, é possível aproveitar a adubação residual da cultura antecessora para reduzir o uso e o custo de adubos minerais, principalmente em culturas como o feijoeiro, exigente em nutrientes, ciclo curto e de baixa eficiência da fixação biológica de N.

Há a necessidade de tecnologias que aumentem a produtividade agrícola e, concomitantemente, possibilitem uma agricultura ecologicamente sustentável e de baixo custo (MARTINS et al., 2015). Outra técnica que visa à agricultura sustentável, por reduzir a emissão de gases do efeito estufa e por permitir ganhos ambientais

(JUNEK et al., 2014), é o uso de fertilizantes organominerais, caracterizados pela mistura física ou combinação de fertilizantes orgânicos e minerais.

A adubação organomineral vem trazendo bons resultados em algumas culturas, além de que em algumas situações pode substituir a adubação mineral. Além de garantir melhores e maiores colheitas, a adubação organomineral pode trazer melhorias químicas, físicas e biológicas no solo e reduzir os custos com fertilizante em até 50% (TOZATTI, 2013).

Com a constante busca de uma agricultura mais sustentável e, ao mesmo tempo, mais produtiva, é importante a validação de técnicas como o SPD, a inoculação microbiana e o uso de adubos organominerais, e o conhecimento dos efeitos residuais de fertilizantes empregados nas culturas antecessoras. Dessa forma, é possível que culturas como feijão, que possuem baixa produtividade nacional quando comparada ao seu potencial produtivo, possam elevar a produtividade sem aumentar o custo de produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Feijão (*Phaseolus vulgaris*)

O feijão representa uma rica fonte de carboidratos, proteína e ferro na dieta humana. É uma importante leguminosa alimentícia para consumo direto na dieta humana. O principal feijão produzido pelo Brasil é o tipo carioca que, apesar de ter a preferência nacional, não tem boa aceitação no mercado externo (CONAB, 2017).

Os principais países produtores são também grandes consumidores, não havendo, portanto, excedente exportável, razão pela qual o comércio internacional é muito restrito. O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão, seguido pela Índia, China e México (DEPEC, 2017).

Esta leguminosa apresenta ampla adaptação edafoclimática, o que permite seu cultivo durante todo o ano, em quase todas as unidades da federação brasileira, nas diferentes épocas e safras (SEAB, 2014). O cultivo dessa leguminosa é realizado em três safras, sendo a primeira denominada “safra das águas”, a segunda “safra da seca” e a terceira “safra de outono/inverno”. O feijão primeira safra é o de maior produção 1382 mil toneladas, sendo plantada principalmente na região Centro-Sul assim como o feijão segunda safra. A terceira safra por ser cultivada no inverno demanda irrigação e é a de menor produção em área total, pois necessita de melhor nível tecnológico (CONAB, 2017).

A safra de 2015/2016 teve uma área plantada de 2,8 mil hectares e a projeção para 2016/2017 é de 3,02 mil hectares de feijão, contabilizando as três safras (DEPEC, 2017). Segundo a CONAB (2017) a produtividade esperada para este ano é de 1.524 kg ha⁻¹, sendo a do feijão terceira safra e na região sudeste a maior, 2.545 kg ha⁻¹. A produção deve ser 22% maior em 2016/2017, com um volume de 3,27 mil de toneladas e preço médio da saca de 60 kg variando entre R\$150,00 e R\$200,00.

A produtividade média do feijoeiro no Brasil, que está em torno de 1.524 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017), pode ser considerada extremamente baixa, o que não reflete o potencial de rendimento das atuais cultivares recomendadas (> 3.000 kg ha⁻¹) (BERTOLDO et al., 2015). Isto pode ser resultado de algumas regiões brasileiras não atingirem produtividades altas, como Norte e Nordeste em relação às demais

regiões, além de muitas áreas serem cultivadas em baixo nível tecnológico em áreas menores, com sementes de baixa qualidade, uso reduzido de insumos e manejo inadequado de pragas e doenças, porém a agricultura familiar a grande responsável pela produção do feijoeiro.

2.1.1 Botânica e morfologia do feijoeiro

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) pertence à família Fabaceae, sub-família Faboideae do gênero *Phaseolus*. O intervalo de temperatura para bom desenvolvimento da cultura é de 18 a 24 °C, sendo que temperaturas extremas, abaixo de 18 °C e acima de 24 °C provocam queda de flores e reduzem o vingamento das vagens. Durante todo o ciclo, a cultura necessita de 300 a 500 mm de água, ocorrendo problemas tanto com a falta como com o excesso (FERREIRA, 2008).

A planta do feijoeiro é formada por uma raiz principal pivotante, na qual se desenvolvem lateralmente raízes secundárias e terciárias. Sob condições edafoclimáticas adequadas, o sistema radicular apresenta nódulos colonizados por bactérias fixadoras de nitrogênio (N). Em condições favoráveis de solo, o sistema radicular pode se desenvolver a até um metro de profundidade. Entretanto, a maior parte das raízes se concentra na camada de 20-40 cm, o que confere à cultura alta sensibilidade ao déficit hídrico (SILVA, 2007).

O caule, que é o eixo principal da planta, possui os nós, que são os pontos de inserção das folhas e dos quais saem às ramificações. Do caule, saem ramos primários, e desses originam-se os ramos secundários (SILVA, 2007).

Vilhordo et al. (1980) propuseram um sistema de classificação do caule, baseado no tipo de orientações de suas ramificações: Tipo I - determinado arbustivo, com ramificações ereta e fechada; Tipo II – indeterminado, com ramificações ereta e fechada; Tipo III – indeterminado, com ramificações aberta; Tipo IV - indeterminado, prostrado e trepador.

As folhas do feijoeiro são classificadas como simples (primárias já presente no embrião) e compostas (demais folhas). São trifolioladas e inseridas nos nós do caule e ramificações. As flores possuem um cálice de cor verde e a corola composta de cinco pétalas que podem ser brancas, rosáceas ou violáceas. As flores não são isoladas, sendo agrupadas em uma haste que sustenta o botão floral, chamado de inflorescência floral (FERREIRA, 2008). Os frutos são do tipo vagem,

formada por duas valvas (dorsal e ventral). As sementes se prendem a sutura ventral. A vagem pode ter vários formatos (reta, arqueada ou recurvada) e há uma ampla variedade de cores dos grãos, tais como preto, roxo, bege até o branco (SILVA, 2007).

2.1.2 Cultivares de feijão

Segundo Lima (2017) o Brasil possui quatro mil variedades de feijão, no banco ativo de germoplasma de feijão da Embrapa estão cadastrado 14 mil tipos de grãos. Porém, o que domina o mercado nacional é o tipo carioca, de cor bege com estrias em tons de marrom, com 70% do mercado. O feijão preto, usado na feijoada e muito apreciado pelos cariocas, fica com 20%.

A oferta de novas cultivares de feijão é destinada a três principais instituições, a EMBRAPA, o IAC e a IAPAR. Segue abaixo uma tabela com algumas das cultivares utilizadas atualmente e suas principais características (Tabela 1).

Tabela 1. Principais cultivares de feijão existentes no mercado e suas principais características.

Cultivares	Instituição	Tipo	Ciclo (dias)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Porte	Peso100 sementes (g)
IPR Campos Gerais	IAPAR	Carioca	88	3.987	Ereto	-
IAC Milênio	IAC	Carioca	95	2.831	-	-
BRS Esplendor	Embrapa	Preto	85-95	-	Ereto	22
IPR Gralha	IAPAR	Preto	89	3.728	-	22,4
BRS Pitanga	Embrapa	Especiais	85-95	-	Semiereto	22
IAC Formoso	IAC	Carioca	85	3.161	-	28
IAC Esperança	IAC	Bolinha	95	1.780	Semiereto	34,5

Fonte: EMBRAPA (2013); IAPAR (2017); IAC (2017).

A cultivar utilizada no experimento foi o IPR Campos Gerais pertencente ao grupo carioca, é registrado para cultivo no PR, RS, SC, SP e MS. Apresenta hábito de crescimento indeterminado tipo II e porte ereto favorecendo a colheita mecânica direta. É resistente ao vírus do mosaico comum e oídio, moderadamente resistente a antracnose, ferrugem, crestamento bacteriano comum, murcha de *curtobacterium* e murcha de fusário e suscetível a mancha angular. Foram feitas avaliações para o Estado de São Paulo para plantio nas três safras, águas, secas e outono/inverno. O ciclo médio da emergência até a colheita é de 88 dias e o potencial de rendimento é em torno de 3.987kg ha⁻¹ (IAPAR, 2017).

2.1.3 Fenologia e marcha de absorção

A fenologia se caracteriza pelo estudo das fases vegetativas e reprodutivas da planta em função da sua correlação com os aspectos morfológicos. A passagem de um estágio fenológico para o outro não é facilmente identificada no campo para o feijoeiro. O ciclo da cultura é completado entre 70 e 110 dias, dependendo do cultivar escolhido e das condições climáticas. Os estádios fenológicos do feijoeiro são divididos em vegetativo e reprodutivo (Figura 1).

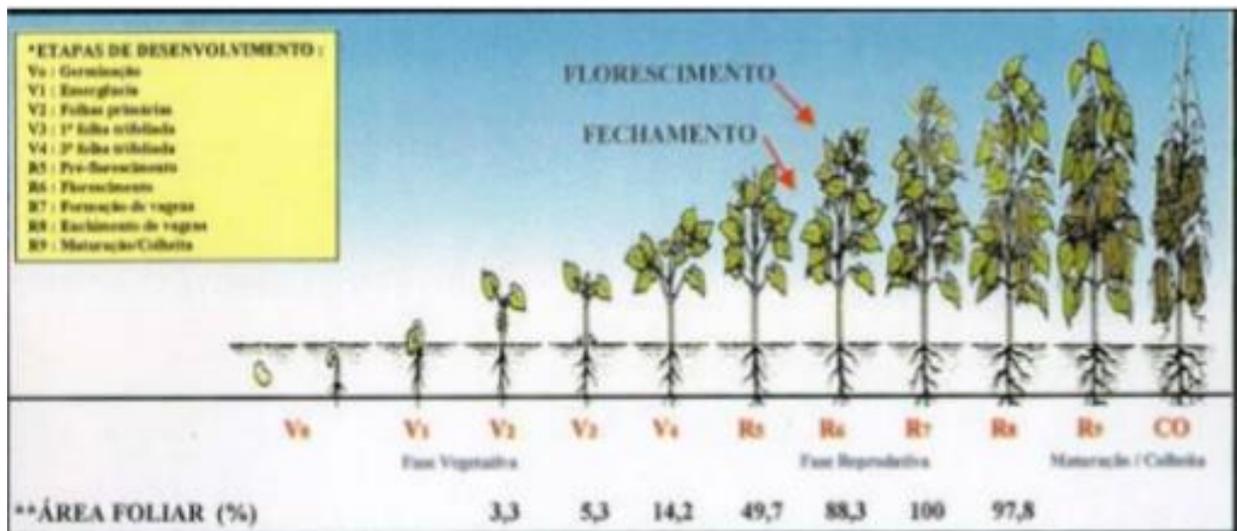


Figura 1. Estádios fenológicos do feijoeiro.

Fonte: Vitti et al.(2006)

O estudo da curva de crescimento pode ser complementado pela obtenção da marcha de absorção de nutrientes, ou seja, pelo acompanhamento da absorção e ou acúmulo de macro e micronutrientes. As curvas de crescimento e a marcha de absorção de nutrientes, em função do estágio fenológico da planta, fornecem informações de grande importância, pois permitem conhecer as quantidades de nutrientes absorvidas e a intensidade relativa de absorção em cada fase da cultura (VIEIRA, 2006). O conhecimento das informações sobre fenologia sobreposto às informações de exigência e marcha nutricional constitui o referencial mais adequado para o emprego bem sucedido das práticas de adubação, com oferta da quantidade correta de nutrientes no momento de maior necessidade da planta.

Segundo Pereira et al. (2014), inúmeros fatores influenciam no desenvolvimento do feijoeiro. Dentre eles, a temperatura e a precipitação são os que mais afetam os diferentes estágios fisiológicos, principalmente os reprodutivos de

florescimento e de frutificação, repercutindo diretamente na absorção de nutrientes e na formação da colheita.

Apesar da grande importância das informações trazidas com a curva de absorção de nutrientes, observa-se que são poucos os trabalhos relativos à nutrição mineral do feijoeiro, relacionados à marcha de absorção da cultura. Esta limitação decorre da velocidade em que novas variedades são lançadas ou retiradas do mercado. A marcha de absorção clássica do feijoeiro, desenvolvida por Haag (1967), é apresentada da Figura 2.

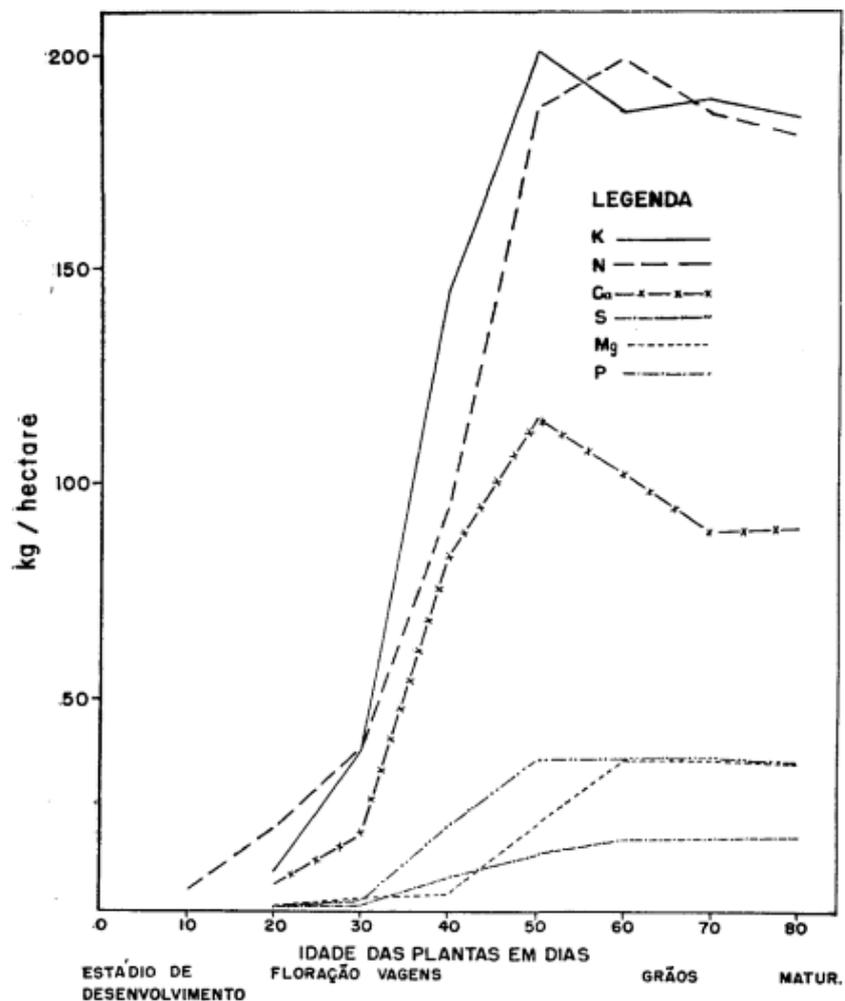


Figura 2. Quantidade de macronutrientes (kg) absorvida em 1 ha de plantas de feijão em função do seu desenvolvimento.

Fonte: Haag (1967).

Outros estudos foram realizados variando as cultivares de feijoeiro, a quantidade de plantas por hectare e o tipo de cultivo, convencional e direto (VIEIRA, 2009). Os resultados obtidos foram semelhantes ao de Haag (1967) sendo que em

plantio direto, no florescimento mais de 85% do total de cada macronutriente já é acumulado nas plantas de feijoeiro, este valor é reduzido para 65% quando plantado no sistema convencional. O cálcio atinge a absorção máxima mais cedo, 50 a 60 dias após a emergência e em relação ao enxofre, nutriente importante no enchimento de grãos do feijoeiro, a cultivar Ouro Vermelho supera as demais cultivares (Bolinha, Jalo EEP 558 e BRS Radiante).

2.1.4 Exigências nutricionais e adubação

O N é um nutriente que apresenta grande dinâmica no sistema solo-planta, de forma que o seu adequado manejo é considerado um dos mais difíceis (SANTOS et al., 2003). Para a obtenção de altas produtividades agrícolas, é determinante que o N seja colocado à disposição da planta em tempo e locais adequados.

Em função das diversas rotas de perda de N (lixiviação, volatilização, desnitrificação), recomenda-se o parcelamento da adubação nitrogenada em, no mínimo, duas vezes, sendo parte no sulco plantio, junto com fósforo e potássio, e parte em cobertura. A recomendação de adubação para a cultura depende da produtividade esperada e da classe de resposta a N em cobertura (RAIJ et al., 1996).

Junior Alves et al. (2009) ao estudarem a adubação nitrogenada no feijoeiro em plantio e em cobertura, concluíram uma resposta quadrática no rendimento dos grãos de feijoeiro com a adubação nitrogenada em cobertura, e já para a adubação nitrogenada no plantio varia de acordo com o uso de plantio direto ou de convencional

O teor de P contido no feijoeiro é baixo quando comparado aos de N e K. Porém, a quantidade de P_2O_5 requerida nas adubações não é baixa, devido a pobreza de P em solos brasileiros e a fixação do elemento, fazendo com que alta proporção dele não seja utilizado pelas plantas (BORÉM et al., 2011).

O feijoeiro pode absorver, em condições favoráveis, quantidades significativas de K (ROSOLEM, 1996), proporcionando melhor desenvolvimento dos grãos na maturação e no vigor da semente (OLIVEIRA et al., 1996). Teores adequados de Ca e Mg são normalmente fornecidos pela calagem, com a utilização de calcário dolomítico ou magnesiano. Esta prática traz outros benefícios, como a correção da acidez do solo melhorando a disponibilidade da maioria dos nutrientes.

Os efeitos plenos de uma adubação somente se manifestam quando associadas a outras práticas, com relevância a irrigação. Se há boas condições hídricas no solo, há maior eficiência do fertilizante aplicado, tornando a adubação mais econômica e afetando positivamente na produtividade (BORÉM et al., 2011).

Pegoraro et al. (2014), ao analisarem a biomassa e absorção de nutrientes pelo feijoeiro comum, concluíram que a absorção e acúmulo de macronutrientes da parte aérea segue a ordem decrescente $K > N > Ca > P > S > Mg$. A taxa de máximo acúmulo de nutrientes nas folhas e hastes do feijão situa-se entre 26 e 36 dias após a emergência (DAE), e nas vagens e grãos entre 46 e 66 DAE.

O feijoeiro, de modo geral, é considerado uma planta exigente em nutrientes devido ao seu ciclo curto e ao seu pequeno e pouco profundo sistema radicular. Para a utilização eficaz de fertilizantes recomenda-se adubação de cobertura de N e K entre 12 e 30 DAE, pois antecede o florescimento, período de maior demanda dos nutrientes (ROSOLEM e MARUBAYASHI, 1994).

O enxofre é considerado um elemento importante podendo influenciar tanto a colheita como a qualidade do produto final. Assim o S aumenta o teor de metionina nas proteínas dos cereais, melhorando a qualidade nutritiva. Para a cultura do feijoeiro a resposta da adubação com enxofre oferece um aumento de produção de 28% (MALAVOLTA, 1996). Crusciol et al. (2006) ao estudarem este nutriente no feijoeiro em cobertura concluíram que aumento o teor do enxofre nas folhas, a produção de matéria seca, número de vagens por planta e a produtividade do feijoeiro em SPD, sendo que em lavouras de alto nível tecnológico a ausência de enxofre no solo possa estar limitando o aumento de produtividade.

2.2 Sistema de Plantio Direto

O sistema plantio direto (SPD) é considerado a tecnologia de manejo mais adequada para produção agrícola no Brasil e nos países tropicais. Pode ser definido como o sistema de produção que tem por fundamentos três princípios básicos de manejo do solo: o não revolvimento, a cobertura permanente (morta ou viva) e a rotação de culturas (PENSCHE FILHO, 2005).

O SPD normalmente ocorre sobre a palhada da cultura anterior. Onde, as operações de gradagem e subsolagem são substituídas pela trituração da palhada.

Após a trituração dos restos culturais, faz-se também a dessecação das plantas daninhas com herbicidas registrados para tal prática (SILVEIRA et al., 2015).

No Brasil o feijoeiro é explorado em diversos sistemas de produção agrícola, com grande destaque ao sistema de plantio direto, por apresentar características agronômicas importantes como ciclo curto, fotoperíodo neutro, potencial produtivo e a fixação biológica de N (KLUTHCOUSKI & STONE, 2003; ROCHA et al., 2011; CARMEINS FILHO et al., 2014).

No Brasil a área cultivada em SPD é de 25 milhões de hectares e segue em expansão esta técnica, desta área uma grande parte é ocupada pelas culturas do feijão e milho, principalmente nas regiões do Centro-Oeste, Sul e Sudeste. A mineralização da matéria orgânica a partir do uso do sistema de plantio direto se inicia a partir do 3 e 4º ano, nos primeiros anos de cultivo a imobilização do nitrogênio é maior, (SLEUTJES, 2017).

Nunes et al. (2006) avaliaram o efeito da produção de palhada e o efeito de diferentes plantas de cobertura sobre características do feijão, cultivado em sistema de plantio direto, e concluíram que a utilização de gramíneas como plantas de cobertura permitiu a obtenção de maiores rendimentos na cultura. No SPD, deve-se optar pelo cultivo de gramíneas, de alta relação C/N, para acelerar a formação da camada de palhada no solo, com destaque para o milho (*Zea mays L.*) e para as braquiárias (CARMEIS FILHO et al., 2014).

As melhores condições edáficas proporcionadas pelo SPD, com adequada cobertura vegetal, beneficiam o desenvolvimento de microrganismos (BARROTI & NAHAS, 2000; SILVA et al., 2007), o que poderia favorecer a fixação biológica de N.

Farinelli e Lemos (2010), ao estudarem a interferência da adubação nitrogenada em cobertura do cultivar Pérola, cultivado em sistema convencional e plantio direto, concluíram que a produtividade do feijoeiro foi influenciada positivamente pela adubação nitrogenada em cobertura, com maior necessidade de fertilizantes em plantio direto. Valderrama et al. (2009) obtiveram o mesmo resultado com efeito positivo da adubação nitrogenada e também concluíram um aumento da produtividade do feijoeiro e o P foliar com o aumento das doses da adubação fosfatada em cobertura em sistema de plantio direto.

2.2.1 Sucessão de culturas

Os estudos sobre a influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo sobre o rendimento de culturas plantadas em sucessão ainda são recentes. Embora grande quantidade de N possa existir na parte aérea das culturas de cobertura, a real quantidade de N que será aproveitada pela cultura em sucessão irá depender do sincronismo entre decomposição da biomassa e a taxa de demanda na cultura (BRAZ et al., 2006).

São inúmeras as culturas de cobertura que proporcionam efeito residual variável, sugerindo assim que sejam usadas aquelas com maior potencialidade em relação ao aumento da produtividade das culturas econômicas em sucessão (MONEGAT, 1991).

Penha et al. (2014) concluíram que a utilização de gramíneas como cobertura do solo possui um potencial de controle de plantas infestantes e gera um aumento do rendimento do feijão em sistema de plantio direto orgânico. O rendimento do feijão que foi capinado sob as gramíneas centeio e aveia foram de 39 e 49% superior ao tratamento com o pousio, validando o uso destas duas culturas como coberturas antecessoras do feijão.

As palhadas de gramíneas também são fornecedoras de nutrientes, sobretudo P e K, às culturas sucessoras a médio e longo prazo, na camada superficial em SPD (FLOSS et al. 2000).

Braz et al. (2006) concluíram com seu trabalho que as maiores produtividades do trigo foram obtidas em resposta a adubação nitrogenadas quando o mesmo foi cultivado em sucessão com gramíneas, braquiárias e o sorgo. Já quando estudaram o crescimento e produtividade do milho em função da cultura antecessora concluíram que a velocidade de decomposição da palhada do feijão foi maior que de milho e braquiária, e os índices de crescimento e produtividade do milho foram maiores quando cultivados sob a palhada de feijão comum (OLIVEIRA et al., 2013).

A produtividade do feijoeiro apresentou um bom resultado quando cultivado em sucessão do milho + *Urochoa ruzizensis*, ambas inoculadas, considerando a produtividade do feijoeiro e a possibilidade da colheita de grãos de milho e estruturação da palhada no campo (SABUNDJIAN et al. 2013).

Wendling et al. (2007) avaliaram o efeito residual de nitrogênio aplicado em milho na nutrição da cultura do trigo, e observaram que o trigo respondeu bem a adubação residual de N aplicado no milho, elevando a produtividade de 1800 kg ha⁻¹ para 2300 kg ha⁻¹, com uma dose de 213 kg de N aplicado no milho.

2.3 Adubação organomineral

Pelo decreto nº86955, de 18/02/1982, foi criada a categoria de fertilizante organomineral, caracterizado por ser um tipo de fertilizante que mistura ou que combina fertilizantes minerais e orgânicos. O fertilizante organomineral é, portanto, um adubo orgânico enriquecido com nutrientes minerais fornecido por fertilizantes minerais mais conhecidos. De acordo com a legislação, os fertilizantes organominerais quando na forma de produto acabado podem passar por um controle de laboratório, determinando a composição química e confirmando os parâmetros que estejam dentro das especificações exigidas pela lei.

Os nutrientes acrescentados por adubação orgânica diferem em seu comportamento no solo, principalmente o N. A oferta de N pela adubação mineral dificilmente tem efeito residual, que tende a ser mais expressivo com a prática da adubação orgânica (SALCEDO, 2004).

O uso de adubos orgânicos tem sido discutido por vários autores como sendo uma alternativa para diminuir o custo energético das lavouras, proporcionando economia de recursos naturais (SILVA et al., 2007). Além do suprimento de nutrientes, os fertilizantes orgânicos e organominerais podem contribuir para o aumento dos teores de matéria orgânica do solo, funcionando como fonte de energia para microrganismos úteis, melhorando a estrutura, a aeração e o armazenamento de água, exercendo efeito regulador na temperatura, aumentando a capacidade de troca de cátions (CTC) (MALAVOLTA et al., 2002). Com estas melhorias químicas, físicas e biológicas o efeito da adubação pode apresentar um efeito residual mais longo quando comparado com a adubação mineral.

Há uma tendência em alguns países em desenvolvimento em aconselhar os agricultores a utilizarem fertilizantes organominerais, pois garante um bom suprimento de nutrientes no período de crescimento das culturas (SILWANA et al. 2007)

O experimento ocorreu em Latossolo Vermelho distroférico e as doses de adubos organominerais variaram de 0 a 4 t ha⁻¹, as menores produtividades para soja foram obtidas nos tratamentos sem adubação e com 1 t ha⁻¹ de resíduos de frigoríficos. Borges et al. (2015) observaram que a adubação organomineral, composta parcialmente por resíduos de cama de frango e de frigoríficos, foi alternativa viável para a produção de milho e de soja, sendo a adubação com doses crescentes de cama de frango mais eficiente com produtividade da soja de 2.259 kg ha⁻¹.

A utilização de fertilizantes organominerais têm gerado bons resultados em outras culturas, como por exemplo, a cenoura que a aplicação de fertilizantes organomineral a base de extrato de algas resultou maior diâmetro radicular, maior desenvolvimento da parte aérea e maior produtividade, entretanto para as condições experimentais de Kaseker et al. (2014) resultou em diminuição de teores nutricionais das raízes e folhas.

Carvalho et al. (2015) observaram com a utilização de fertilizantes organominerais em uma dose de três litros em oliveiras, que para as variedades “Barnea” e “Grappolo 541” é possível reduzir em 100% da adubação química, mantendo os teores nutricionais foliares em níveis adequados.

3. HIPÓTESE E OBJETIVOS

Baseado na hipótese de que há efeito residual da adubação das culturas antecessoras sobre a cultura do feijão, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a produtividade e os parâmetros biométricos do feijoeiro semeado em sucessão à cultura de milho de segunda safra.

Os objetivos específicos foram:

- avaliar se o efeito residual da adubação do milho de segunda safra é suficiente para garantir a produtividade do cultivar de feijão IPR Campos Gerais;
- avaliar o efeito do aumento de doses e de diferentes tipos de adubação (organomineral e mineral) empregados na cultura antecessora sobre a produção de feijão.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido em área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos – CCA/UFSCar, localizado no Município de Araras-SP, nas coordenadas geográficas de 22°18'S e 47°23'O, com altitude de 690 m, no período compreendido entre junho de 2016 e dezembro de 2016. De acordo com o sistema Köppen, o clima local é do tipo Cwa mesotérmico, com verões quentes e úmidos e invernos secos, precipitação anual média de 1.430 mm e temperatura média anual de 21,5°C.

As informações climáticas predominantes no período de condução do experimento foram registradas pela Estação Meteorológica Automática-EMA do CCA/UFSCar (Figura 3).

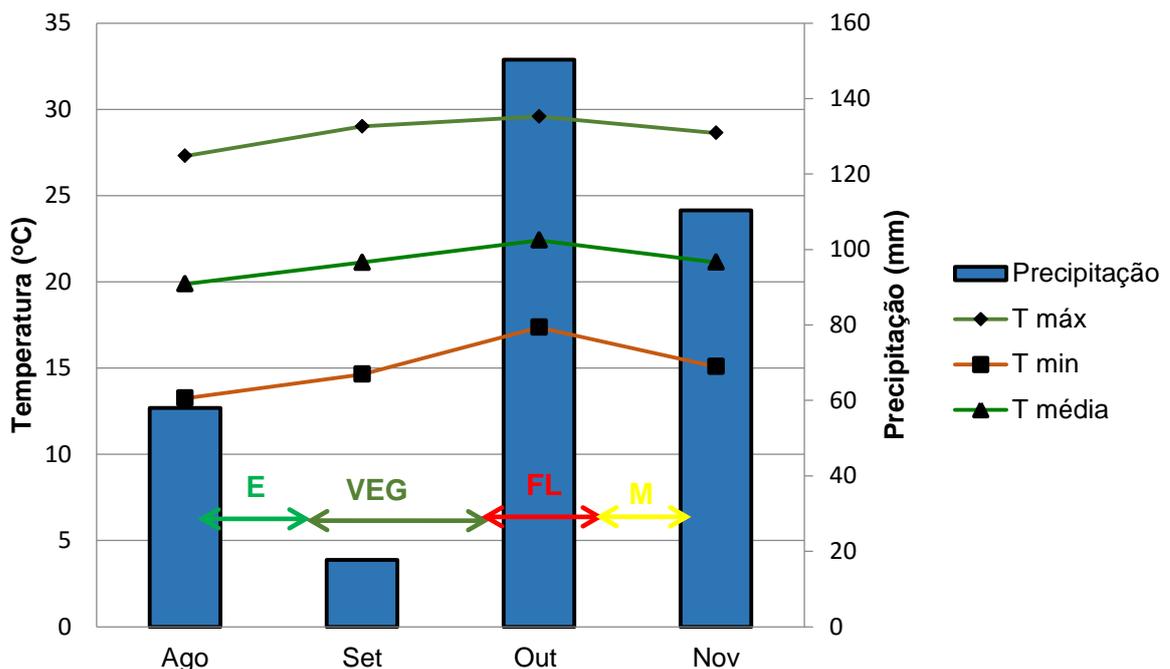


Figura 3. Informações climáticas de temperatura e precipitação no período de condução do experimento e os estágios fenológicos da cultura do feijoeiro; E – emergência; VEG – estádio vegetativo; FL – florescimento; M – maturação.

O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (LVd) A moderado, com textura argilosa (EMBRAPA, 2013). Em janeiro de 2016, foi instalado experimento visando testar doses de fertilizantes minerais e

organominerais no cultivo de milho de segunda safra, considerada a cultura antecessora, e o seu efeito residual no desenvolvimento da cultura do feijão, cultivada em sucessão. Antes da instalação do experimento com milho, foram coletadas amostras das camadas 0-20 cm e 20-40 cm para caracterização química para fins de fertilidade do solo, conforme métodos de Raij et al. (2001) (Tabela 2). As análises foram feitas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo – CCA/UFSCar.

Tabela 2. Atributos químicos do Latossolo Vermelho distrófico antes do cultivo de milho de segunda safra.

Prof.	P _{res}	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC _t	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	mmol _c dm ⁻³						%	mg dm ⁻³						
0-20	62	28	5,8	6,8	9	4	28	0,3	20,2	48,2	42	28	0,16	12	182	43	2,7
20-40	34	31	5,4	3,0	8	2	36	0,3	13,0	49,0	26	70	*	*	*	*	*

A camada arável do LVd recebeu aplicação de 1,7 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 80%, objetivando elevar a saturação por bases a 70%, conforme recomendado por Raij et al. (1996) para a cultura do milho. A semeadura do milho de segunda safra ocorreu aos três meses após a calagem.

4.2. Cultura antecessora – milho de segunda safra

No período de janeiro de 2016 a maio de 2016, houve cultivo convencional do híbrido simples de milho Pionner® 30K73YHR de segunda safra, que possui ciclo precoce e alto potencial produtivo (produtividade média de 7 a 8 t ha⁻¹). O experimento teve como objetivo o uso do fertilizante organomineral Fature®, da empresa Agrária Fértil. A formulação 05-17-10, recomendada para os cultivos de cana-de-açúcar e de cereais, é enriquecida com 0,1% de B, 0,4% de Zn e 3% de Si. O produto, que combina N, P, K, B, Zn e Si no mesmo grânulo, tem capacidade de troca catiônica (CTC) de 300 mmol_c kg⁻¹ e 8% de carbono orgânico total na forma de substâncias húmicas ativadas (SHA). Para a adubação de plantio da cultura do milho, a dose recomendada (DR) pelo fabricante é de 400 kg ha⁻¹. A adubação mineral convencional foi utilizada como referência, foram aplicadas quantidades de N, P e K equivalentes às da formulação 05-17-10 do Fature®, usando, respectivamente, nitrato de amônio (NH₄NO₃, com 34% de N, sendo 50% N-nítrico e 50% N-amoniaco), superfosfato simples (18% de P₂O₅, 16% de Ca e 8% de S) e

cloreto de potássio (48% de K_2O). Teoricamente, a adubação mineral correspondeu à recomendada para produtividade esperada de 6 a 8 t ha^{-1} (Raij et al., 1996).

4.2.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) (Figura 4).

5	1	7	4	6	2	3
6	3	4	2	7	1	5
4	1	6	3	5	7	2
3	5	2	1	4	6	7

Figura 4. Distribuição dos tratamentos (T1 a T7) com doses de fertilizantes minerais e organominerais, em área experimental (Quadra 3) com cultivo de milho de segunda safra.

Os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, sendo o fator fontes de macronutrientes primários em dois níveis (mineral convencional e organomineral), o fator dose em três níveis e a testemunha sem adição de fertilizantes: T1 - Testemunha (0 kg ha^{-1}); T2 - 200 kg ha^{-1} do fertilizante organomineral Fature® 05-17-10 (equivalente a $\frac{1}{2}$ DR); T3 - 400 kg ha^{-1} do fertilizante organomineral Fature® 05-17-10 (dose recomendada - DR); T4 - 600 kg ha^{-1} do fertilizante organomineral Fature® 05-17-10 (equivalente a $1\frac{1}{2}$ DR); T5 - 200 kg ha^{-1} de fertilizante mineral equivalente a 05-17-10; T6 - 400 kg ha^{-1} de fertilizante mineral equivalente a 05-17-10; T7 - 600 kg ha^{-1} de fertilizante mineral equivalente a 05-17-10. Os tratamentos referiram-se à adubação de plantio. A adubação de cobertura, com 20 Kg ha^{-1} de N, foi efetuada aos 20 dias após o plantio (DAP). A dose foi calculada considerando a produtividade esperada de 4 a 6 t ha^{-1} e cenário de média resposta a N.

Cada parcela experimental constitui-se por 7 linhas de 6 m de comprimento, sendo a área útil formada pelas cinco linhas centrais, desprezando-se 0,5 m do início e do final da linha, totalizando $12,5 \text{ m}^2$ de área útil. O espaçamento entre fileiras foi de 0,9 m e a densidade de cinco plantas por metro linear. A densidade populacional utilizada foi de 55.000 plantas por hectare.

O experimento foi colhido aos 150 DAP. Os resultados de produtividade média ($t\ ha^{-1}$) e de teores de N, P e K dos grãos de milho ($g\ kg^{-1}$) foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F ($p < 0,05$), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knot ($p < 0,05$), por meio do programa estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2002).

4.3. Cultura sucessora - feijoeiro

Após a colheita do milho, amostras da camada 0-20 cm das parcelas foram coletadas para a caracterização química para fins de fertilidade. Três subamostras de cada parcela experimental foram coletadas e misturadas para formar uma amostra representativa de cada repetição dos diferentes tratamentos. As análises químicas (Tabela 3) foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do CCA/UFSCar, conforme métodos de Raij et al. (2001).

Tabela 3. Características químicas da camada arável do Latossolo Vermelho distrófico após a colheita do milho de segunda safra e antes da semeadura do feijão.

Tratamento	P_{resina}	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/dm ³	g/dm ³	CaCl ₂	mmol _c /dm ³						%	mg/dm ³						
T1 (Testemunha)	43	27	6,0	3,0	29	15	25	0,3	47,0	72,0	65,3	13	0,09	3,7	14	24,8	1,2
T2 (Organomineral)	43	25	5,7	4,0	31	15	28	0,3	50,4	78,4	64,3	11	0,12	3,9	11	24,6	1,1
T3 (Organomineral)	44	31	5,8	3,9	30	15	25	0,2	48,6	73,6	66,0	7	0,15	3,8	12	26,0	1,2
T4 (Organomineral)	35	27	5,7	2,9	28	14	31	0,2	45,0	76,0	59,2	17	0,18	4,0	13	29,7	1,0
T5 (Mineral)	28	28	5,9	2,5	30	14	29	0,3	46,4	75,4	61,5	39	0,17	3,5	11	22,8	0,8
T6 (Mineral)	39	28	6,0	2,6	28	11	29	0,2	41,5	70,5	58,8	38	0,11	3,7	13	25,0	1,0
T7 (Mineral)	37	25	6,0	3,7	34	13	29	0,3	51,2	80,2	63,9	65	0,16	3,8	18	28,9	1,3

4.3.1. Instalação e condução do experimento

A cultura do feijão foi instalada em semeadura direta sob a palhada residual da cultura antecessora, de maneira que as parcelas experimentais coincidisse com as do experimento com milho de segunda safra (Figura 4). Para diminuir a quantidade de biomassa seca sobre a superfície do solo, foi utilizado herbicida Roundup Original®, dessecante cujo princípio ativo a substância denominada glifosato ($C_3H_8NO_5P$). Na área experimental aplicou-se uma dose de 1,5 L p.c. ha^{-1} sete dias antes da semeadura do feijão.

Antes a semeadura, as sementes de feijão foram tratadas com o inseticida CropStar, cujo ingrediente ativo é o Imidacloprido e Tiodicarbe, aplicado na dose de

100 ml + 400 ml de água para cada 5kg de sementes, e com o inoculante Biomax Premium Turfa *Bradyrhizobium*, da estirpe SEMIA 4088 (6 g do produto +12 mL de água para cada 3 kg de semente).

A semeadura ocorreu no dia 10/08/2016, com uma plantadeira adequada para plantio direto (Figura 5), portanto não realizou a calagem, aproveitou-se a que tinha sido realizada antes do cultivo do milho. O material genético utilizado foi a cultivar de feijão IPR Campos Gerais, do grupo carioca, o qual apresenta hábito de crescimento indeterminado do tipo II, porte ereto, ciclo de 90 dias e potencial produtivo de 4.000 kg ha⁻¹. Apresenta tolerância intermediária à seca durante a fase reprodutiva e tolerância à baixa disponibilidade de P e acidez do solo (IAPAR, 2017).



Figura 5. Semeadura direta da cultivar de feijão IPR Campos Gerais sob palhada residual de milho de segunda safra.

A semente foi depositada a cinco centímetros de profundidade. Foi adotado espaçamento de 0,45 cm entrelinhas, com 11,4 sementes por metro linear, resultando em densidade populacional de 253.000 plantas ha⁻¹. Não houve adubação de plantio, de modo a observar o efeito residual da adubação da cultura

antecessora. Logo após o plantio, o feijão foi irrigado com lâmina estimada de 144 mm de água (Figura 6). No dia 18/08/2016, a área experimental foi novamente irrigada com lâmina estimada de 144 mm. A germinação ocorreu em 20/08/2016 (Figura 7).



Figura 6. Irrigação da área experimental logo após a semeadura da cultura do feijão.



Figura 7. Germinação das plantas de feijoeiro aos 12 dias após a semeadura.

Aos 25 dias após a emergência (DAE), foi realizada a adubação de cobertura em todas as parcelas correspondente a 70 kg ha^{-1} de N (RAIJ et al., 1996; WUTKE et al., 2014), usando sulfato de amônio como fonte nitrogenada $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, 21\% \text{ de N e } 23\% \text{ de S}]$ (Figura 8). A dosagem foi estabelecida para cenário de média resposta a N e produtividade esperada de 4 t ha^{-1} .



Figura 8. Adubação mineral nitrogenada de cobertura aos 25 dias após a emergência das plantas de feijoeiro.

Aos 30 DAE, foi observada incidência de lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*), ocasionando orifício no colo das plantas e consequente tombamento. O controle foi feito com pulverização de Actara 750 (ingrediente ativo, Tiametoxam, dose de 200 g ha^{-1}) + Ampligo (Lambda-cialotrina, dose de 200 g ha^{-1}), com bomba costal (Figura 9).



Figura 9. Orifício no colo de planta de feijoeiro, ocasionado por lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*), e controle químico.

Em 05/10/2016, foi realizada a amostragem das folhas para análise química do tecido vegetal (Figura 10), com a cultura no estágio fenológico R1 (início da floração). Coletaram-se todas as folhas de duas plantas aleatórias por parcela (RAIJ et al., 1996). Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da UFSCar/CCA), onde foram lavadas, secas, moídas e submetidas à análise dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg e S, de acordo com o método proposto por Malavolta et al. (1997).

Aos 75 DAE, foi identificado o início do estágio de maturação (R7) a partir do amarelecimento das folhas, seguido da senescência. A colheita ocorreu aos 80 DAE, com a retirada das plantas do campo e coleta das informações biométricas (Figura 11).



Figura 10. Plantas de feijoeiro no estágio de florescimento (R1) e coleta de folhas para análise de tecido vegetal.



Figura 11. Plantas de feijoeiro no estágio de maturação (R7) e coleta de informação fitométrica.

4.6 Avaliações fitométricas e produtividade

Para as avaliações fitométricas, foram colhidas 10 plantas aleatórias da área útil de cada parcela, as quais passaram pelas seguintes avaliações:

1. Produção de fitomassa: medida pela biomassa úmida de 10 plantas por parcela logo após a colheita, com folhas, vagens, raízes e grãos, sendo os valores expressos em massa de 10 plantas ha^{-1} .
2. Número de grãos por vagens: foi escolhida uma vagem por planta e contou-se o número de grãos que haviam, isto foi feito em 10 plantas da parcela da área útil e assim o parâmetro foi determinado pela média do número de grãos contidos em 10 vagens de cada parcela.
3. Comprimento da vagem: foi selecionada aleatoriamente uma vagem isenta de dano por planta e mediu-se seu comprimento com auxílio de uma régua, isto se repetiu em 10 plantas da parcela e este parâmetro foi determinado através da média destes 10 valores.
4. Número de vagens por planta: nas 10 plantas colhidas na área útil contou-se a quantidade de vagens por planta e o parâmetro foi determinado com a média destes 10 valores.
5. Produtividade: a partir do valor da produção das 10 plantas por parcela, extrapolou este valor para as 320 plantas contidas na área útil, e posterior dividiram por $12,5 \text{ m}^2$, passando assim para kg ha^{-1} .
6. Produção de grãos por 10 plantas: colheu todas as vagens das 10 plantas por parcela e separou todos os grãos, posteriormente foram pesadas a quantidade de grãos de 10 plantas por parcela. Quantificou a umidade dos grãos, obtendo o valor de 16%, considerado adequado.
7. Massa de 100 sementes: foram separadas 10 amostras de 10 sementes de cada parcela totalizando 100 sementes, que foram pesadas em uma balança de precisão e assim obteve a massa de 100 sementes de cada repetição.
8. Teores de macronutrientes primários e secundários nas folhas diagnósticas coletadas no estágio R1, em laboratório

Estas avaliações biométricas são consideradas os principais componentes de rendimento para a cultura do feijoeiro (Araújo et al., 2007). Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F ($p < 0,05$), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de *Scott-Knott* ($p < 0,05$), por meio do programa estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cultura antecessora – milho de segunda safra

A produtividade de milho e os teores de P, K, Ca, Mg e S dos grãos dependeram apenas das doses de fertilizantes. O teor de N dos grãos de milho não foi explicado pelos fatores estudados (tipo e dose de fertilizante) (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância dos teores de macronutrientes nos grãos e da produtividade de milho de segunda safra cultivado com doses de fertilizantes minerais e organominerais.

Causas de Variação			Pr \geq F _c					
Fonte	GL	Produtividade	N	P	K	Ca	Mg	S
Tipo (T)	1	0,7450 ^{ns}	0,0608 ^{ns}	2,3316 ^{ns}	0,2147 ^{ns}	1,9403 ^{ns}	1,9804 ^{ns}	0,2927 ^{ns}
Doses (D)	3	3,3530*	1,119 ^{ns}	10,3038**	7,8542**	13,2517**	4,5869*	3,8509*
Int Tx D	3	0,0867 ^{ns}	0,5772 ^{ns}	2,9817 ^{ns}	1,9854 ^{ns}	1,9652 ^{ns}	1,2671 ^{ns}	0,5728 ^{ns}
CV (%)	-	7,33	8,07	26,88	28,32	55,21	11,85	50,51

ns – não significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

A adição de 200 kg ha⁻¹ de fertilizante resultou na menor produtividade. As maiores produtividades foram obtidas com a aplicação de 400 e de 600 kg ha⁻¹ de fertilizantes, mas não alcançaram a faixa de produtividade esperada conforme a recomendação de adubação (6-8 t ha⁻¹) (Raij et al., 1996) e o potencial do híbrido Pioneer® 30K73YHR (7-8 t ha⁻¹) (Figura 12).

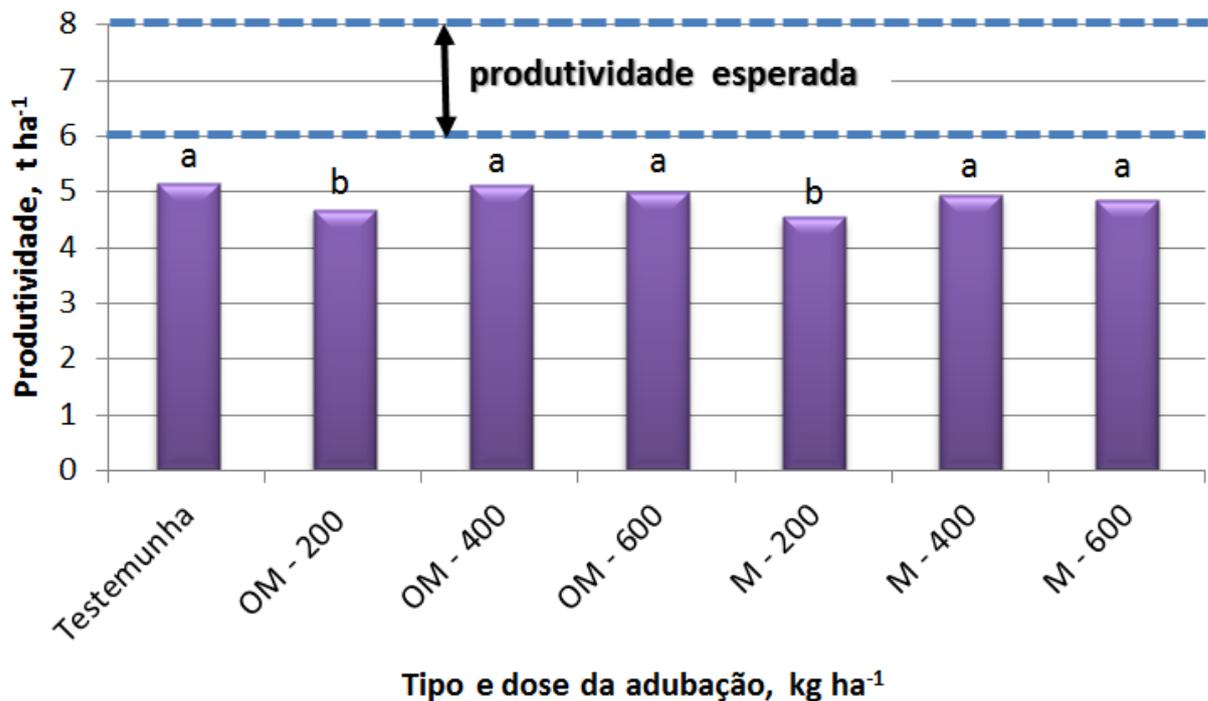


Figura 12. Produtividade de milho de segunda safra cultivado com doses de fertilizantes minerais (M) e organominerais (OM).

A produtividade de milho nas parcelas que não receberam adubação (testemunha) foi superior àquela obtida após a adição de 200 kg ha⁻¹ de fertilizantes e similar às que foram alcançadas nos tratamentos com 400 e 600 kg ha⁻¹ de fertilizantes. Em condições de baixa produtividade, em que as exigências nutricionais são menores, mesmo uma modesta contribuição do N e do K suprida pelo solo pode ser suficiente para eliminar o efeito da adubação com estes nutrientes. A fertilidade inicial do solo, antes da implantação do experimento com milho (Tabela 2), pode ter contribuído para a produtividade superior à 5 t ha⁻¹ no tratamento testemunha, além de ter caracterizado um cenário de baixa resposta a N. Os teores de P, K, Ca, Cu, Fe, Mn e Zn foram considerados altos a muito altos, enquanto a saturação por bases (V%) e os teores de B e de Mg foram baixos (Raij et al. 1996). As quantidades de P e de K inicialmente presentes na camada 0-20 cm do solo (Tabela 2) foram de 144 kg ha⁻¹ (284 kg ha⁻¹ P₂O₅ – teor alto) e de 531 kg ha⁻¹ (640 kg ha⁻¹ K₂O – teor muito alto), respectivamente. Essas classes de teores podem resultar em poucas chances de resposta à adubação ou em decréscimo de produção.

Castoldi et al. (2011) não constataram diferenças na produção de silagem de planta inteira e no teor de proteína bruta em grãos úmidos após cultivo do híbrido simples Pioneer® 30F80 em Latossolo Vermelho eutrófico, submetido a sistemas de cultivo (sucessão e rotação de culturas) e diferentes adubações (mineral,

orgânica e organomineral). Entretanto, na produção de grãos, os autores observaram maior efeito da adubação mineral e alta incidência de acamamento de plantas de milho, atribuída ao desbalanço na absorção de K e N, provavelmente provocado pela alta solubilidade do fertilizante mineral.

Segundo Coelho & França (1995), a extração média de macronutrientes pela cultura do milho, com produtividade de grãos semelhante à deste estudo ($5,8 \text{ t ha}^{-1}$), é (kg ha^{-1}): N - 100; P - 19; K - 95; Ca - 17; Mg - 17; S - 2,5. A exportação de nutrientes pelos grãos é bastante variada. Admite-se que o P é quase todo translocado para as sementes (80-90%), seguindo-se o N (75%), o S (60%), o Mg (50%), o K (20-30%) e o Ca (10-15%). Com a produtividade de $5,8 \text{ t ha}^{-1}$, as seguintes quantidades de macronutrientes seriam exportadas (kg ha^{-1}): N - 75; P - 15 a 17; K - 19 a 28; Ca - 1,7 a 2,5; Mg - 8,5; S - 1,5. A sequência crescente de exportação de macronutrientes normalmente relatada é: $\text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{S}$. De acordo com os resultados das Tabelas 4 e 5, a extração de macronutrientes ocorreu da seguinte forma: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$.

Os tratamentos com doses e tipos de fertilizantes não causaram diferença significativa na quantidade de N exportada pelos grãos de milho, que variou de 80 a 95 kg ha^{-1} (Tabela 4). Houve baixa resposta ao N ofertado pelo fertilizante devido, provavelmente, aos teores iniciais de N do solo. A exportação média de N pelos grãos foi de 90 kg ha^{-1} . As adubações de plantio e de cobertura acrescentaram 40 kg ha^{-1} , deduzindo-se que o solo contribuiu com o fornecimento de, no mínimo, 50 kg ha^{-1} de N.

Tabela 5. Exportação de macronutrientes primários por grãos de milho de segunda safra, cultivado com diferentes tipos e doses de adubação.

Doses kg ha^{-1}	Nitrogênio		Fósforo		Potássio	
	M	OM	M	OM	M	OM
0	93,56a	93,56a	3,18b	3,18b	33,65a	33,65a
200	83,02a	80,19a	2,67b	4,91b	16,51b	18,93b
400	90,11a	81,66a	6,13a	6,63a	27,74b	16,60b
600	88,44a	90,47a	4,71b	3,76b	16,68b	19,60b
DMS	20,99		2,79		4,61	

médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knot ($p < 0,05$)
M – adubação mineral; OM – adubação organomineral; DMS – diferença mínima significativa

As maiores quantidades de P exportadas pelos grãos (média de 6,4 kg ha⁻¹) foram observadas após a adição de 400 kg de fertilizantes. Baseando-se nos teores sugeridos por Coelho & França (1995), a quantidade de P exportada pelos grãos foi baixa. A maior exportação de K pelos grãos (33,7 kg ha⁻¹) foi registrada no tratamento sem adubação. Com a adição de fertilizante, independentemente da dose, houve sensível diminuição da quantidade de K exportada pelos grãos, que pode ter sido provocada pelo desbalanço na absorção de K e de N (Castoldi et al., 2011).

A exportação de Ca pelos grãos de milho foi considerada. A quantidade mais baixa de Ca exportada (4,5 kg ha⁻¹) foi notada nas parcelas sem adubação. Os teores de S contidos nos grãos não foram alterados pelos tratamentos com adubação. Houve variação de 2,5 a 6,5 kg ha⁻¹, sem diferença estatística, valores considerados altos quando comparados aos de Coelho e França (1995). Os elevados teores iniciais de K no solo, somados aos teores aportados pelos fertilizantes, podem ter ocasionado deficiência induzida de Mg, uma vez que os teores de Mg exportados pelos grãos (5 a 6,4 kg ha⁻¹) estiveram bem abaixo daqueles reportados por Coelho & França (1995) (8,5 kg ha⁻¹). Somente a adição de 400 kg ha⁻¹ resultou em teores mais elevados de Mg, mas ainda inferiores aos estimados (Tabela 6).

Tabela 6. Exportação de macronutrientes secundários de grãos de milho de segunda safra, cultivado com diferentes tipos e doses de adubação.

Doses kg ha ⁻¹	Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	M	OM	M	OM	M	OM
0	4,55 c	4,55 c	5,67 b	5,67 b	2,47 a	2,47 a
200	26,82 b	18,80 b	5,46 b	4,26 b	4,58 a	6,51 a
400	56,78 a	31,63 a	6,44 a	6,21 a	4,41 a	3,58 a
600	16,81 b	21,83 b	5,32 b	5,02 b	4,13 a	4,27 a
DMS	30,96		1,66		5,00	

médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knot ($p < 0,05$)

M – adubação mineral; OM – adubação organomineral; DMS – diferença mínima significativa

A utilização do fertilizante organomineral na dose recomendada (400 kg ha⁻¹) não resultou em diferença significativa na produtividade (Figura 12). Entretanto, com exceção do Ca, os teores de macronutrientes nos grãos de milho foram

considerados mais equilibrados quando comparado aos demais tratamentos. Isso foi particularmente observado para o P. O conteúdo de P nos grãos originados de plantas cultivadas com a aplicação de 400 kg ha⁻¹ de fertilizante organomineral foi duas vezes maior do que o observado no tratamento testemunha e foi estatisticamente superior ao encontrado nos demais tratamentos (Tabela 4). Maiores conteúdos de Ca e de Mg nos grãos também foram verificados neste tratamento. Alguns efeitos benéficos associados ao uso de fontes organominerais incluem o aumento da atividade de micro-organismos do solo, incluindo parte da microbiota capaz de solubilizar compartimentos de P que normalmente estão indisponíveis para as plantas (TOZATTI, 2013). Além disso, organominerais podem atuar como condicionadores do solo, na medida em que contribuem para o aumento CTC e, conseqüentemente, para o melhor suprimento de Ca, Mg e K.

Os percentuais de nutrientes exportados pelos grãos em relação ao total extraído pelas plantas de milho implica que os restos culturais do milho devolvem ao solo parte dos nutrientes, principalmente de K e de Ca, contidos na palhada (Coelho & França, 1995). Considerou-se que a palhada do milho poderia influenciar o rendimento da cultura subsequente (cultura do feijão). Entretanto, é difícil contabilizar a quantidade de nutrientes que será disponibilizada no curto prazo, pois a taxa de mineralização e a disponibilização e aproveitamento pelas culturas depende de aspectos climáticos e qualitativos do resíduo vegetal, como a relação C/N e o conteúdo de lignina e polifenóis (PALM & SANCHEZ, 1991). Por outro lado, o emprego de gramíneas pode amenizar as perdas de N, mediante a reciclagem e imobilização do nutriente. A palhada do milho ou de outras gramíneas apresenta alta relação C/N, resultando, inicialmente, em maior imobilização do N na biomassa microbiana, incluindo aquele adicionado pelo fertilizante. Neste caso, poderia haver dificuldade de absorção de N início do ciclo da cultura do feijão.

5.2 Cultura sucessora – feijão de inverno

Os parâmetros biométricos da cultura do feijão (comprimento de vagens, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, fitomassa, massa de 100 grãos e produção) não foram influenciados pelo tipo e pela dose de fertilizantes empregados na cultura antecessora (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância de comprimento de vagens (CV), fitomassa (FM), número de grãos por vagem (GV), número de vagens por planta (NV), massa de 100 grãos (MG) e produção (Prod) de feijoeiro.

Causas de Variação		Pr ≥ Fc					
Fonte	GL	CV	FM	GV	NV	MG	Prod
Tipo (T)	1	0,4781 ns	0,8127 ns	0,0618 ns	0,4640 ns	0,1470 ns	0,9933 ns
Doses (D)	2	0,5992 ns	0,9148 ns	0,9396 ns	0,9397 ns	0,4702 ns	0,9045 ns
Int T x D	2	0,2990 ns	0,4434 ns	0,3650 ns	0,0777 ns	0,5362 ns	0,2791 ns
Fatorial x trat. adic.	1	0,6552 ns	0,0761 ns	0,4860 ns	0,3137 ns	0,6063 ns	0,4046 ns
Resíduo	21						
Total	27						
CV (%)	-	5,14	25,55	7,16	22,59	7,83	31,39

ns – não significativo; * $p < 0,05$

A literatura apresenta resultados divergentes quanto aos efeitos das adubações minerais, organominerais e orgânicas. Nota-se também que muitas informações sobre adubações organominerais são de caráter especulativo.

A ausência de efeitos distintos entre adubações minerais e organominerais foi observada em alguns estudos com feijoeiro (NAKAYAMA et al., 2013). Em estudo com milho em Latossolo Vermelho eutrófico, Castoldi et al. (2011) obtiveram maior produtividade de grãos com a adubação mineral quando comparada com adubações orgânica e organomineral. Entretanto, os autores não identificaram diferenças na produção de milho para silagem de planta inteira.

O experimento de Nakayama et al. (2013) indicou não haver diferenças significativas na produtividade de feijão cultivado em Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico com fertilizantes mineral e organomineral (Fertiflora). Santos et al. (2007) observaram efeitos distintos de biofertilizante aplicado no solo ou na folha de plantas de feijoeiro. Independentemente do modo de aplicação, a produtividade das variedades Cariri, Corujinha e Sedinha de feijão superou a observada no cultivo com ureia.

A expectativa de que a adubação organomineral tivesse um efeito mais pronunciado sobre o cultivo do feijão de inverno sobre a palhada de milho não foi atendida. Entretanto, a hipótese de que o efeito residual das adubações realizadas na cultura do milho seria suficiente para garantir rendimento expressivo no feijão de inverno foi confirmada. Não houve, porém, diferença significativa na produtividade média do feijão em função dos tratamentos (Figura 13), atribuída à fertilidade inicial alta acrescida do efeito residual da adubação do milho de segunda safra.

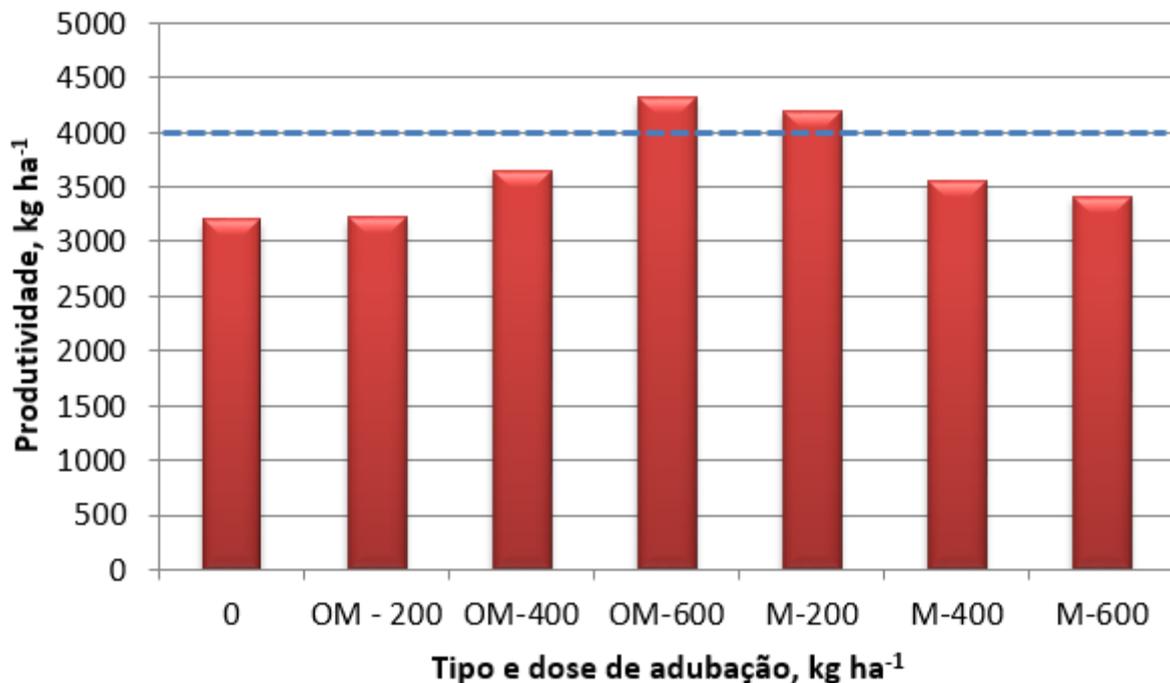


Figura 13. Produtividade da cultura sucessora obtida nos diferentes tratamentos, com variação do tipo e doses de adubação aplicada na cultura antecessora.

--- produtividade média do cultivar IPR Campos Gerais (IAPAR, 2017).

A média de produtividade do feijão, obtida a partir de todos os tratamentos, foi de 3650 kg ha⁻¹. A produtividade obtida nos experimentos variou de 3200 a 4315 kg ha⁻¹, ou seja, valores superiores à média anual do Brasil, que é de 1.159 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017). Foi possível alcançar o potencial de produtividade do cultivar IPR Campos Gerais somente nos tratamentos que tiveram efeito residual das adubações com 200 kg ha⁻¹ de fertilizante mineral e com 600 kg ha⁻¹ de fertilizante organomineral (Figura 15).

5.2.2 Análise foliar

Os teores foliares de N, P, K, Mg e S não dependeram das doses e dos tipos de fertilizantes. O teor foliar de Ca foi significativamente maior ($p < 0,05$) nos tratamentos que empregaram o esquema fatorial, quando comparados ao tratamento adicional (testemunha) (Tabela 8).

Tabela 7. Resumo da análise de variância de teores foliares de macronutrientes de plantas de feijoeiro cultivadas sob diferentes doses e tipos de adubação.

Causas de Variação		Pr ≥ F _c					
Fonte	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Tipo (T)	1	0,5894 ^{ns}	0,7661 ^{ns}	0,4284 ^{ns}	0,4126 ^{ns}	0,7160 ^{ns}	0,7713 ^{ns}
Doses (D)	3	0,2735 ^{ns}	0,6709 ^{ns}	0,6818 ^{ns}	0,5605 ^{ns}	0,9635 ^{ns}	0,2713 ^{ns}
Int Tx D	3	0,4694 ^{ns}	0,8499 ^{ns}	0,7501 ^{ns}	0,8638 ^{ns}	0,9218 ^{ns}	0,6310 ^{ns}
Fatorial x trat. adic.	1	0,5688 ^{ns}	0,9136 ^{ns}	0,9718 ^{ns}	0,0231*	0,8886 ^{ns}	0,7596 ^{ns}
Resíduos	21						
Total	27						
CV (%)	-	15,82	30,73	61,81	14,43	37,82	14,31

ns – não significativo; * $p < 0,05$

Os resultados da análise de tecido vegetal indicaram que os teores de P, K, Mg e S não estiveram na faixa considerada adequada por MALAVOLTA et al. (1997), independentemente do tratamento. Apenas os teores de N e de Ca foram considerados adequados, em todos os tratamentos (Tabela 9).

Tabela 8. Teores foliares de macronutrientes em plantas de feijoeiro cultivadas sob efeito residual de diferentes tipos e doses de adubação.

Macronutriente	¹Faixa adequada	Organomineral				Mineral			
		0	200	400	600	0	200	400	600
g kg ⁻¹									
Nitrogênio	30-50	38,70a	38,05a	36,33a	37,95a	38,70a	41,17a	32,78a	34,18a
Fósforo	2-3	1,52a	1,49a	1,58a	1,24a	1,52a	1,69a	1,53a	1,55a
Potássio	20-25	10,77a	12,21a	13,23a	9,33a	10,77a	12,52a	10,17a	9,59a
Cálcio	15-20	16,55b	19,59a	20,83a	16,62a	16,55b	20,68a	20,95a	20,19a
Magnésio	4-7	1,67a	1,65a	1,69a	1,66a	1,67a	1,65a	1,45a	1,62a
Enxofre	5-10	4,23a	4,10a	4,69a	4,11a	4,23 ^a	4,54a	4,54a	4,05a

médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem pelo teste de Scott-Knot ($p < 0,05$)

¹Fonte: Malavolta et al. (1997).

Negrito – teores foliares considerados adequados

O adequado suprimento de N pode ter sido garantido a partir da fixação biológica (FBN). A imobilização de parte do N do solo devido à alta relação C/N da palhada de milho provavelmente constituiu o estresse necessário para a eficiência do processo de aquisição de N atmosféricos por bactérias diazotróficas. Vargas et al. (2005), ao estudarem a imobilização de N no solo cultivado com milho em sucessão a aveia no sistema de plantio convencional e direto, concluíram que a imobilização microbiana do N foi maior no sistema de plantio direto, resultando em menor quantidade de N no solo e, conseqüentemente, em menor acúmulo na parte aérea do milho. Além disso, foram observados nódulos de maior tamanho nos tratamentos que receberam a menor dose de adubação (200 kg ha⁻¹) (Figura 1 – ANEXO). O

aumento das doses de N aplicadas no solo tende a inibir a fixação biológica de N, principalmente nas adubações de plantio (SILVA, et al., 2009; MARTINS, et al. 2013).

De acordo com a Fundação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Rio Verde (2014), o adubo organomineral Farture (00-12-12), aplicado na soja nas dosagens de 200 e de 400 kg ha⁻¹, proporcionou maiores teores de N e de P nas folhas e elevou a produtividade quando comparado com o adubo mineral (00-18-18). Não foi possível evidenciar o efeito diferenciado do fertilizante organomineral sobre os teores foliares de nutrientes (Tabela 8). Em teoria, os teores deficientes de P, K, Mg e S não explicam a produtividade alcançada (Figura 13).

6. CONCLUSÃO

Concluiu-se, nas condições experimentais deste estudo, que o efeito residual da adubação do milho, como cultura antecessora, foi suficiente para manter a produtividade média estimada do cultivar IPR Campos Gerais de feijoeiro.

Os tipos, mineral e organomineral, e as diferentes doses de fertilizantes aplicados na cultura antecessora não interferiram nos parâmetros biométricos e produtivos do feijoeiro, cultura cultivada em sucessão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. M.; GOMES, L. R. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica.**, v. 41, n. 2, p. 253-258, 2010.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; CARVALHO, E. M. S. Effect of composted textile sludge on growth, nodulation and nitrogen fixation of soybean and cowpea. **Bioresource Technology**, Londres, v. 97, p. 1028-1032, 2007.
- ARF, M. V.; BUZZETTI, S.; ARF, O.; KAPPES, C.; FERREIRA J. P.; GITTI, G. P.; YAMAMOTO, C. J. T. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, 430-438, jul./set. 2011.
- BARROTI, G.; NAHAS, E. População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2043-2050, 2000.
- BERTOLDO, J. G.; PELISSER, A.; SILVA, R. P.; FAVRETO, R.; OLIVEIRA, L. A. D. Alternativas da fertilização do feijão visando reduzir a aplicação de N-ureia. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 348-355, jul./set. 2015
- BORÉM, A.; VIERA, C.; JÚNIOR, T. J. P. **Feijão**. Editora UFV. 2 Edição atualizada, p. 88-125, 2011.
- BORGES, R. E.; MENEZES, J. F. S.; SIMON, S. A.; BENITES, V. Eficiência da adubação com organomineral na produtividade de soja e milho. **Global Science and Technology**. Rio Verde, v.08, n.01, p.177 – 184, jan/abr. 2015.
- BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMMAN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciênc. agrotec**, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006
- CARMEIS FILHO, A. C. A.; CUNHA, T. P. L.; MINGOTTE, F. L. C.; AMARAL, C. B.; LEMOS, L. B.; FORNASIERE, D. F. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 66 – 75, abr. – jun., 2014.
- CARVALHO, R. P.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; OLIVEIRA, A. F.; FAGUNDES, M. C. P. Comportamento nutricional de oliveiras com aplicação de fertilizante organomineral. **Comunicata Scientiae** 6(2): 224-233, 2015.

- CASTOLDI, G.; COSTA, M.S.M.C.; COSTA, L.A.M.; PIVETTA, L.A.; STEINER, F. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 139-146, 2011.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. Piracicaba: Potafos. Arquivo do Agrônomo, n. 2, p. 1-25. 1995.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira – grãos**. Brasília, v. 4, p. 75 – 92, 2017.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura Agropecuária do Feijão**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_07_09_16_20_14_conjuntura_agropecuaria_do_feijao_-_junho_2015.pdf> Acesso em: Abril de 2017.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; SILVA, L. M.; LEMOS, L. B. Aplicação de enxofre em cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, vol.65 no.3 Campinas 2006
- DEPEC – Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos. **Feijão**. Bradesco Março de 2017.
- EMBRAPA. Catálogos de cultivares de feijão comum, 2013. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/transferecia/tecnologiaseproductos/cultivares/catalogoFeijao-12jun2013.pdf>> Acesso em: Junho de 2017.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**. Instituto Agrônomo de Campinas, v. 69, n. 1, p. 165-172, 2010.
- FERREIRA, A.; G. **Caracterização morfológica citogenética e palinológica de genótipo de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*)**. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal. Julho de 2008.
- FLOSS, E.L. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, v.57, p.25-29, 2000.
- FUNDAÇÃO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO RIO VERDE. **Efeito da aplicação do fertilizante “Fature” em relação ao formulado padrão. 1/ soja**, 2013/2014.
- HAAG, H. P. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, vol. 26, n. 30, 1967.

- IAC – Instituto Agronômico de Campinas. **Cultivares de feijoeiro IAC – Centro de Grãos e Fibras.** Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/graos/feijao.php>> Acesso em: Junho de 2017.
- IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná. **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: Abril de 2017.
- JUNEK, J. O. M. O.; LARA, T. S.; PAIVA, M. J. A.; MORAIS, C. G. **Fertilizantes orgnaominerais.** Circular técnica 06. Araxá: Instituto da Ciência e da Saúde, Agrárias e Humanas, 2014.
- JUNIOR ALVES, J.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G.; VIEIRA, N. M. B.; MORAIS, A. R. Adubação nitrogenada do feijoeiro, em plantio e cobertura, em plantio direto e convencional. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 943-949, jul./ago. 2009
- KASEKER, J. C.; BASTOS, M. C.; CONSALTER, R.; MÓGOR, A. F. Alteração do crescimento e dos teores de nutrientes com utilização de fertilizante organomineral em cenoura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n.6, p. 964-969, nov/dez, 2014
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, cap. 3, p. 499- 522, 2003.
- LIMA, M. A. Só no Brail 4 mil variedades. Estadão. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,so-no-brasil-quatro-mil-variedades,51031>> Acesso em: Junho de 2017.
- MALAVOLTA, E. Nutri-fatos: informação agronômica sobre nutrientes para as culturas. Piracicaba; POTAFOS, p.11-12, 1996 (**Arquivo do agrônomo, n 10**).
- MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e Adubações,** Nobel, São Paulo, p. 200, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: POTAFOS. 319 p, 1997.

- MARTINS, J. D. L.; MOURA, M. F.; OLIVEIRA, J. P. F.; GALINDO, C. A. F. Esterco bovino, biofertilizante, inoculante e combinações no desempenho produtivo de feijão comum. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 9, n. 4, p. 369-376, 2015.
- MARTINS, R. N. L.; NÓBREGA, R. S. A.; SILVA, A. F. T.; NÓBREGA, J. C. A.; AMARAL, F. H. C.; COSTA, E. M.; FILHO, J. F. L.; MARTINS, L. V. Nitrogênio e micronutrientes na produção de grãos de feijão-caupi inoculado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1577-1586, 2013.
- MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Ed. do Autor, 1991.
- NAKAYAMA, F. T.; PINHEIRO, G. A. S.; ZERBINI, E. F. Eficiência do fertilizante organomineral na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) em sistema de semeadura direta. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n.7, 2013
- NUNES, U. R.; JUNIOR, V. C. A.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.6, p.943-948, jun. 2006.
- OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S. & DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F. & ZIMMERMANN, M.J.O., coords. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, Potafós, p.169-221, 1996.
- OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J.; PORTES, T. A. Crescimento e produtividade do milho em função da cultura antecessora. **Pesq. Agropec. Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 239-246, jul./set. 2013
- PALM, C.A. & SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biol. Biochem.**, 23:83-88, 1991.
- PEGORARO, R. F.; OLIVEIRA, D.; MOREIRA, C. G.; KONDO, M. K.; PORTUGUAL, A. F. Partição da biomassa e absorção de nutrientes pelo feijoeiro comum. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 41 – 52, jul. – set., 2014
- PENCHE FILHO, A. **O Agrônomo** – IAC. Disponível em: <
http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/v57-1_MecanizacaoSistemaPlantioDireto.pdf> Acesso em: Abril de 2017

- PENHA, L. A. O.; NETO, S. PASSINI, T. Leguminosas de inverno para cobertura do solo em plantio direto de feijão. **I Congresso Paranaense de Agroecologia**, vol 9, No. 1, Pinhais/ PR, 2014.
- PENHA, L. A. O.; SKORA NETO, F.; PASSINI, T. Gramíneas de inverno para a cobertura do solo em plantio direto de feijão. Resumos do I Congresso Paranaense de Agroecologia – Pinhais/PR ,2014
- PEREIRA, V. G. C.; GRIS, D. J.; MARANGONI, T.; FRIGO, J. P.; AZEVEDO, K. D.; GRZESIUCK, A. E. Exigências agroclimáticas na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Energia Renováveis**. V. 3, p. 32-42, 2014.
- RAIJ, B. van et al. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 1996. (**IAC. Boletim Técnico, 100**).
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- ROCHA, P. R. et al. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 9-17, 2011.
- RODRIGUES, E.T.; CASALI, V.W.D. Rendimento e concentração de nutrientes em alface, em função das adubações orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira*, v. 17, n. 2, p. 125-128, 1999.
- ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASCHI, O. M. Seja o doutor do seu feijão. **Encarte do informações agronômicas**. Nº 68, 1994.
- ROSOLEM, C. Calagem e adubarão mineral.In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafos, p. 353-390, 1996.
- SABUNDJIAN, M. T.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; FERREIRA, J. P. Adubação nitrogenada em feijoeiro em sucessão a cultivo solteiro e consorciado de milho e *Urochloa ruziziensis*. **Pesqui. Agropecu. Trop.** vol.43 no.3 Goiânia July/Sept. 2013
- SALCEDO, I. H. Fertilidade do solo e agricultura de subsistência: semi-árido Nordeste. In: FERTIBIO, 2004, Lages. Anais... Fertibi:
- SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F.; MELO, M.L.B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesq. Agropec. Bras.**, 38:1265-1271, 2003.

- SANTOS, J.F.; LEMOS, J.N.R.; NÓBREGA, J.Q.; GRANGEIRO, J.I.T.; BRITO, L.M.P.; OLIVEIRA, M.E.C. Produtividade de feijão-caupi utilizando biofertilizante e ureia. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.1, n.1, p.25-29, 2007.
- SEAB - Secretária de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Feijão - Análise da Conjuntura Agropecuária**. Dezembro de 2014.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Assistat computacional program version for the Windows operation system. **AGRS**, 2002.
- SILVA, E. F.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; MERCANTE, F. M.; RODRIGUES, E. T.; VITORINO, A. C. T. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 443-451, 2009.
- SILVA, H. T. **Morfologia**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/AG01_9_1311200215101.html> Acesso em: Abril de 2017. EMBRAPA, 2007.
- SILVA, M.B. da; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M. da; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1755-1761, 2007.
- SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C.; TIESSEN, H.; SAMPAIO, E. V. de S.; SALCEDO, I. H.; SILVEIRA, L. M. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*: I – produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, 2007.
- SILVEIRA, M. A.; TEIXEIRA, S. M.; WANDER, A. E.; CAMPOS, W. P. Produção do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional no município de Águas Frias de Goiás (GO). **Conjuntura Econômica Goiana**. N. 32, 2015
- SILWANA, T. T.; LUCAS, E. O.; OLANIYAN, A. B. The effects of inorganic and organic fertilizers on the growth and development of components crops in maize/bean intercrop in Eastern Cape of South America. **Journal of Food, Agriculture & Environment** Vol.5, 267-272, 2007
- SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; ABRANTES, F. L.; SILVA, M. P.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

- SLEUTJES, P. S. **DIA DE CAMPO – SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA NO SUDOESTE PAULISTA**. Disponível em: <<http://agrisus.org.br/projetos.asp?cod=334>> Acesso: Junho de 2017.
- TOZATTI, G. O uso de fertilizante organomineral. **Simpósio IPNI**. Bebedouro, Out, 2013.
- VALDERRAMA, M.; BUZZETI, B.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema de plantio direto. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 191-196, jul./set. 2009
- VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S. Imobilização do nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão a aveia preta nos sistemas de plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.76-83, 2005.
- VIEIRA, N. M. B. **Acúmulo de nutrientes e desempenho agrônômico de cultivares de feijoeiro-comum, em diferentes populações e sistemas de plantio**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, 2009.
- VIEIRA, N. M. B. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do feijoeiro cvs. BRS-MG Taslimã e Ouro Negro em plantio direto e convencional**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, 2006.
- VILHORDO, B. W. et al. Hábito de crescimento em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p.79-98, 1980.
- VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 12, p. 299-325.
- WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICKUZ, J.; LOVATO, T. Recomendação de adubação nitrogenada para trigo em sucessão ao milho e soja sob sistema de plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 31, p. 985-994, 2007.
- WUTKE, E. A.; CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. M.; ESTEVES, J. A. F.; ITO, M. F.; STEIN, C. P. **Boletim 200 instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7ª edição, Instituto Agrônômico de Campinas, p. 170 – 173,

ANEXO



Figura 1. Nódulos radiculares de plantas de feijoeiro cultivadas sob efeito residual de adubações com diferentes tipos e doses de fertilizantes.