

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

MICRO-ORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO
VEGETAL ASSOCIADOS À ORGANOMINERAIS PARA
INCREMENTO DE PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI

Mestrando: Matheus Vinicius Abadia Ventura
Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie

RIO VERDE, GO
FEVEREIRO, 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

MICRO-ORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO
VEGETAL ASSOCIADOS À ORGANOMINERAIS PARA
INCREMENTO DE PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI

Mestrando: Matheus Vinicius Abadia Ventura
Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável do Cerrado.

RIO VERDE, GO
FEVEREIRO, 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

VV468m Ventura, Matheus Vinicius Abadia
Micro-organismos promotores do crescimento vegetal associados à organominerais para incremento de produtividade de feijão-caupi / Matheus Vinicius Abadia Ventura; orientador Edson Luiz Souchie. -- Rio Verde, 2019.
61 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias - Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. Fertilizantes. 2. Bradyrhizobium spp.. 3. Fósforo. 4. Vigna unguiculata. I. Souchie, Edson Luiz, orient. II. Título.

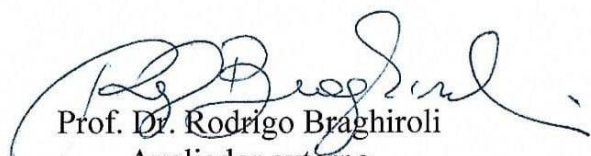
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**


**MICRO-ORGANISMOS PROMOTORES DO CRESCIMENTO
VEGETAL ASSOCIADOS À ORGANOMINERAIS PARA
INCREMENTO DE PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI**


Autor: Matheus Vinicius Abadia Ventura
Orientador: Dr. Edson Luiz Souchie

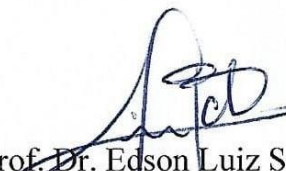
TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias - Agronomia - Área de
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 28 de fevereiro de 2019.


Prof. Dr. Rodrigo Braghiroli
Avaliador externo
IF Goiano – Campus Rio Verde


Dr. Moacir Ribeiro Neto
Avaliador externo
Agropotência Rep. de Prod. Agrop. LTDA


Prof. Dr. Adriano Jakelaitis
Avaliador interno
IF Goiano – Campus Rio Verde


Prof. Dr. Edson Luiz Souchie
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde

À minha mãe Tânia Abadia Ventura
Ao meu irmão Lucas Vinicius Ventura Moraes

OFEREÇO

Aos meus avós Anita Assunção da Abadia e Sebastião Ramos Ventura
Ao meu tio Uniclesly Abadia Ventura

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos concedidas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, por abrir às portas e fornecer a infraestrutura para o desenvolvimento das atividades.

Ao orientador e amigo Edson Luiz Souchie, pelas orientações sempre pertinentes e por ter acreditado em minha capacidade.

Aos coorientadores Rodrigo Braghiroli e Adriano Jakelaitis, pelas sugestões, pelo conhecimento e pela disponibilidade.

Aos meus avós Anita Assunção da Abadia e Sebastião Ramos Ventura, a minha mãe Tânia Abadia Ventura, ao meu irmão Lucas Vinicius Ventura Moraes, ao meu tio Uniclesly Abadia Ventura e demais familiares, por me ajudarem em todos os momentos desta caminhada e, principalmente, os mais difíceis.

Aos meus amigos da graduação Leônidas Miclos Baliza e Leandro Spíndola Pereira e da pós-graduação e república Estevam Matheus Costa, pela parceria, companheirismo e amizade.

Agradeço aos colegas de pós-graduação e amigos que de forma direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento dessa dissertação.

Agradeço, por fim, aos integrantes da banca examinadora da dissertação pelas contribuições pertinentes.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Matheus Vinicius Abadia Ventura, nascido em Goianésia, GO em 20 de julho de 1994. Concluiu os anos iniciais do ensino fundamental na Escola Municipal Imorvides Neves e os anos finais do ensino fundamental e ensino médio no Colégio Estadual Jalles Machado, ambos no município de Goianésia, GO. Concluiu o Bacharelado em Agronomia em 2017, na Faculdade Evangélica de Goianésia, em Goianésia, GO. Em setembro de 2017, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde. Em fevereiro de 2019, defendeu sua dissertação de mestrado no referido Programa.

ÍNDICE GERAL

	Páginas
ÍNDICE DE TABELAS	vi
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
1. FÓSFORO	1
2. MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS.....	1
3. FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS.....	2
4. RESÍDUOS ORGÂNICOS.....	3
5. FEIJÃO-CAUPI.....	4
OBJETIVOS	5
1. Geral.....	5
2. Específicos	5
CAPÍTULO I – MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS EM FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS PARA INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE DE <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. EM CAMPO	13
INTRODUÇÃO	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÕES.....	25
CAPÍTULO II – INTERAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO EM ORGANOMINERAIS PARA INCREMENTO NA PRODUTIVIDADE E ASSIMILAÇÃO NOS GRÃOS	31
INTRODUÇÃO	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
CONCLUSÕES.....	41
CONCLUSÃO GERAL.....	46

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I – MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS EM FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS PARA INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE DE *Vigna unguiculata* (L.) Walp. EM CAMPO

Tabela 1. Análise química das amostras de solo coletadas na área de implantação do experimento com feijão-caupi, Rio Verde, GO.....	17
Tabela 2. Diâmetro de caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e números de nódulos (NN) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 25 DAE.....	19
Tabela 3. Comprimento de parte aérea (CPA), diâmetro de caule (DC) e massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 50 DAE.....	20
Tabela 4. Massa seca da raiz (MSR) e número de nódulos (NN) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 50 DAE.....	22
Tabela 5. Número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e massa de mil grãos (MMG) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, na colheita.....	23
Tabela 6. Teores de P nos grãos (TPG) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes	

fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, na colheita.....24

CAPÍTULO II – INTERAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO EM ORGANOMINERAIS PARA INCREMENTO NA PRODUTIVIDADE E ASSIMILAÇÃO NOS GRÃOS

Tabela 1. Análise química das amostras de solo utilizadas para o cultivo de feijão-caupi em casa de vegetação, Rio Verde, GO.....35

Tabela 2. Comprimento de parte aérea (CPA), diâmetro de caule (DC) e massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 25 DAE.....36

Tabela 3. Massa seca da raiz (MSR), número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 25 DAE.....38

Tabela 4. Número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e massa de mil grãos (MMG) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, na colheita.....39

Tabela 5. Produtividade de grãos (PROD) e teor de N de grãos (TNG) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, na colheita.....40

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES

Símbolo / Sigla	Significado
BRAD.	<i>Bradyrhizobium</i> spp.
Ca	Cálcio
CAMA	Cama de frango
CPA	Comprimento de parte aérea
CTC	Capacidade de troca de cátions
DAE	Dias após a emergência
DC	Diâmetro de caule
DEJETOS	Dejetos suínos
DO	Densidade óptica
H ₂ CO ₃	Ácido carbônico
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
HNO ₃	Ácido nítrico
K	Potássio
MBSF2	Micro-organismo solubilizador de fosfato MBSF2
MMG	Massa de mil grãos
MSF	Micro-organismos solubilizadores de fosfatos
MSN	Massa seca de nódulos
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca da raiz
N	Nitrogênio
NGV	Número de grãos por vagem
NN	Número de nódulos
NVP	Número de vagens por planta
P	Fósforo
PROD	Produtividade de grãos
S	Enxofre
STP	Superfosfato triplo
STP + S	Superfosfato triplo + Enxofre
S/ADUB.	Sem adubação
S/INOC.	Sem inoculação
TNG	Teor de nitrogênio nos grãos
TORTA	Torta de filtro
TPG	Teores de P nos grãos
UFC	Unidades formadoras de colônias

RESUMO

VENTURA, M. V. A. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, fevereiro de 2019. **Micro-organismos promotores do crescimento vegetal associados a organominerais para incremento da produtividade de feijão-caupi.** Orientador: Dr. Edson Luiz Souchiê. Coorientadores: Dr. Rodrigo Braghiroli; Dr. Adriano Jakelaitis.

O feijão-caupi é uma leguminosa granífera, pertencente à família Fabaceae, sendo uma cultura socioeconomicamente importante no Brasil. O fósforo (P) é o macronutriente extraído em menor quantidade pelo feijão-caupi, mas é o nutriente mais limitante para a produtividade das culturas, pela sua baixa disponibilidade e mobilidade no solo. Assim, o uso de fertilizantes organominerais, combinado com micro-organismos promotores do crescimento vegetal pode mitigar tal limitação. Com este trabalho objetivou-se avaliar a interação de micro-organismos solubilizadores de fosfatos associados a fertilizantes organominerais, visando incrementar a nutrição e, ou a produtividade de feijão-caupi em solo de Cerrado. Dois ensaios foram conduzidos em delineamento experimental de blocos ao acaso, um em nível de campo (4 repetições) e outro em casa de vegetação (5 repetições). Os tratamentos foram arrançados em parcelas subdivididas (7 x 3), sendo o fator primário constituído pelos organominerais: cama de aviário, dejetos suíno, torta de filtro, fuligem, ambos com fonte P mineral e o fertilizante mineral: superfosfato triplo com enxofre e sem enxofre, além do tratamento sem aplicação de fertilizante. O fator secundário foi constituído por inoculação de *Bradyrhizobium* spp., do isolado solubilizador de fosfato MBSF2 e ausência de inoculação. No ensaio de campo, o solubilizador MBSF2, combinado ao organomineral a base de fuligem, demonstrou melhores respostas em relação ao comprimento de parte aérea aos 50 DAE. As variáveis diâmetro de caule, massa seca da parte aérea e da raiz de feijão-caupi foram favorecidas com a inoculação de *Bradyrhizobium* spp. e cultivo com organomineral a base de cama de aviário, aos 50 DAE. Também, o diâmetro de caule foi favorecido pela adição de

organomineral à base de torta de filtro combinado com ambos os inoculantes, assim como o número de nódulos incrementado com este organomineral, aliado à inoculação com *Bradyrhizobium* spp. No ensaio em casa de vegetação, foi detectado incremento na massa seca da parte aérea de feijão-caupi, cultivado com os organominerais testados e o STP, aliado ao micro-organismo solubilizador de fosfato MBSF2. A massa seca de raízes e o número de nódulos de feijão-caupi foram incrementados pela inoculação com o isolado solubilizador MBSF2. A produtividade de grãos de feijão-caupi também foi incrementada com a inoculação do micro-organismo solubilizador MBSF2 aliada ao uso de superfosfato triplo.

PALAVRAS-CHAVE: fertilizantes, *Bradyrhizobium* sp., fósforo, *Vigna unguiculata*.

ABSTRACT

VENTURA, M. V. A. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, February, 2019. **Plant growth promoting microorganisms associated with organominerals to increase the cowpea yield.** Advisor: Dr. Edson Luiz Souchie. Co-advisor: Dr. Rodrigo Braghiroli; Dr. Adriano Jakelaitis.

Cowpea is a grain legume belonging to the Fabaceae family and is a high important crop in Brazil. P is the macronutrient extracted in less quantity by cowpea, but is the most limiting nutrient for crop yield due to its low availability and mobility in the soil. However, the use of organominerals combined to plant growth promoting microorganisms can optimize this limitation. This work aimed to evaluate the interaction of P-solubilizing microorganisms associated to organomineral fertilizers, in order to increase the cowpea nutrition and yield in Cerrado soil. Two trials were carried out in a randomized complete block design, one under field conditions (4 replicates) and other in greenhouse (five replicates). The treatments were arranged in subdivided plots (7 x 3), where organominerals (poultry litter, swine manure, filter cake and soot from chimneys) were considered primary factor. In both trials were also applied triple superphosphate (TSP) with and without sulfur, as well as the control treatment (no fertilizer addition). The secondary factor was constituted by inoculation of *Bradyrhizobium* spp., one P-solubilizing bacteria (MBSF2) as well as no inoculation treatment. In the field conditions, MBSF2 inoculation combined to the soot organomineral increased the shoot length at 50 DAE. The stem diameter, shoot and root dry matter at 50 DAE were increased by *Bradyrhizobium* spp. inoculation and poultry litter. Also, the stem diameter was increased using filter cake organomineral and both inoculants. The nodules number was also increased by use of that organomineral

combined to *Bradyrhizobium* spp. In the greenhouse trial, the highest shoot dry matter was obtained with all organomineral tested as well as the TSP when MBSF2 was inoculated. The root dry matter and the number of nodules increased by the MBSF2 inoculation. The highest grain yield was recorded with the MBSF2 inoculation combined to TSP addition.

KEY-WORDS: fertilizers, *Bradyrhizobium* sp., phosphorus, *Vigna unguiculata*.

INTRODUÇÃO GERAL

1. Fósforo

Entre os macronutrientes e micronutrientes, o fósforo (P) é aquele que mais frequentemente limita a produção das culturas nos solos do Cerrado, apesar de exigido em pequenas quantidades (Carvalho et al., 1995; Santos & Kliemann, 2005). Porém, os efeitos podem ser minimizados com a utilização de práticas como adubação fosfatada (Oliveira et al., 2012), em decorrência do feijoeiro apresentar maiores respostas ao N e o P (Viana et al., 2015).

O P é um nutriente de baixa mobilidade no solo (Lynch, 2011) e, a eficiência da adubação fosfatada é muito baixa, em virtude do P adicionado torna-se não disponível devido as reações de adsorção de partículas coloidais (Viana et al., 2015).

O P está envolvido na formação da semente e do fruto. A baixa disponibilidade nos solos limita o desenvolvimento, a quantidade, a viabilidade e o vigor de sementes (Zucareli et al., 2011). Pacheco & Damasio (2013) demonstram formas distintas de capacidade de solubilização de fosfato com os ácidos inorgânicos fracos, como H_2CO_3 , oriundos de excreções radiculares e metabolismo respiratório de micro-organismos, ácidos inorgânicos fortes, oriundos da oxidação do nitrogênio, nas formas de HNO_2 e HNO_3 e enxofre na forma de H_2SO_4 e os ácidos orgânicos, como por exemplo, os ácidos cítrico, oxálico e glucônico, oriundos da respiração anaeróbica dos metabolismos microbianos ou de excretas de plantas superiores (Scervino et al., 2010).

2. Micro-organismos solubilizadores de fosfatos

Um grupo diversificado composto por fungos e bactérias foi relatado como envolvido na solubilização de complexos de P insolúveis que servem como auxílio para absorção das plantas (Tripura et al., 2005). Os micro-organismos solubilizadores de

fosfatos (MSF) estão presentes na maioria dos solos, cuja presença é variável em função das condições edafoclimáticas (Walpola & Yoon, 2012).

Os MSF são predominantemente concentrados na rizosfera (Walpola & Yoon, 2012), que é o ambiente mais favorável para atividade microbiana. De acordo com Khan et al. (2007), o papel desses micro-organismos na solubilização de fosfatos naturais foi conhecido em 1903. Vários micro-organismos na rizosfera com a função de solubilização de fosfatos foram relatados por Mittal et al. (2008).

As estirpes dos gêneros bacterianos *Pseudomonas*, *Bacillus* (Karpagam & Nagalakshmi, 2014), *Rhizobium* e *Enterobacter* (Walpola & Yoon, 2012; Massenssini et al., 2016) e de gêneros fúngicos *Aspergillus* e *Penicillium* (Wakelin et al., 2004; Xiao et al., 2011) são os MSF mais eficientes.

Além desses gêneros, outras bactérias também solubilizadoras de fosfato incluem *Azotobacter* (Khan et al., 2009; Nosrati et al., 2014), *Klebsiella*, *Pantoea* (Chung et al., 2005; Jorquera et al., 2008; Park et al., 2011; Massenssini et al., 2016), *Rhodococcus*, *Serratia*, *Chryseobacterium*, *Gordonia*, *Phyllobacterium*, *Delftia* sp., *Arthrobacter* (Chen et al., 2006; Nisha et al., 2014), *Burkholderia* (Walpola et al., 2012, Ghosh et al., 2016), *Alcaligenes* (Pérez-Cordero et al., 2014; Nandini et al., 2014), *Kluyvera*, *Enterococcus*, *Curtobacterium* (Massenssini et al., 2016), *Azospirillum* (Khan et al., 2009; Tahir et al., 2013), *Kushneria*, *Halomonas* (Zhu et al., 2011), *Aeromonas*, *Pasteurella* (Pérez-Cordero et al., 2014), *Erwinia*, *Micrococcus*, *Mesorhizobium* (Villegas & Fortin, 2002; Nisha et al., 2014), *Acinobacter* e *Bradyrhizobium* (Oliveira-Longatti et al., 2014).

As bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Azospirillum*, inoculadas em gramíneas e *Bradyrhizobium*, inoculadas em leguminosas, são capazes de utilizar o nitrogênio atmosférico através da associação simbiótica, no qual, estudos comprovam essa eficiência (Zilli et al., 2006; Morais et al., 2018; Souza et al., 2018). Além disso, foi evidenciada a capacidade de solubilização de fosfatos nos trabalhos de Oliveira-Longatti et al. (2014), para o gênero *Bradyrhizobium*, assim como nos trabalhos de Khan et al. (2009) e Tahir et al. (2013) para o gênero *Azospirillum*.

3. Fertilizantes Organominerais

De acordo com a norma nº 25 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de 23 de julho de 2009, o fertilizante organomineral é o produto derivado da mistura física ou combinação de fontes minerais e orgânicas de nutrientes. Estes fertilizantes devem conter os macronutrientes primários: N, P e K ou a sua soma NP, NK, PK ou NPK num teor de 10%, umidade máxima de 30%, capacidade de troca de cátions (CTC) mínima de 80 mmolc kg⁻¹ e carbono orgânico total de, no mínimo, 8% (Trani et al., 2013). A estes produtos, podem ser adicionados macronutrientes secundários ou micronutrientes.

Atualmente, os organominerais são obtidos por 274 unidades produtoras, com 15 unidades no estado de Goiás e, em média, as empresas possuem 15 produtos em seu portfólio (Abisolo, 2017). Uma opção promissora é o uso de resíduos orgânicos na produção de fertilizantes organominerais (Martins et al., 2017).

4. Resíduos Orgânicos

As atividades produtoras industriais e agrícolas geram um montante de resíduos orgânicos que em sua maioria não recebem o melhor destino, sendo uma das alternativas, a utilização em cultivos agrícolas (Magela, 2017).

De acordo com ABPA (2018), a produção brasileira de aves em 2017 foi de 13,056 milhões de toneladas, sendo o segundo maior produtor, com abate anual de, aproximadamente, 5,79 bilhões de frangos (IBGE, 2017), resultando em grandes quantidades de resíduos orgânicos como cama de aviário. O principal destino da cama de aviário é o uso agrícola “*in natura*”, sendo uma opção promissora, o uso de resíduos na produção de fertilizantes organominerais (Martins et al., 2017).

A produção brasileira de suínos, em 2017, foi de 3,75 milhões de toneladas (ABPA, 2018), com um abate anual de, aproximadamente, 42,46 milhões de cabeças de suínos (IBGE, 2017). Porém, é preocupante o dano ambiental pela destinação incorreta desses dejetos, sendo necessário uma estratégia para reaproveitamento desses dejetos na agricultura por meio de fertilizantes, como organominerais.

A combustão do bagaço nas caldeiras gera a emissão de partículas de fuligem e a quantidade produzida desse resíduo é de 15 a 25 kg por tonelada de cana, podendo servir como fertilizante, juntamente com a torta de filtro (Gurgel, 2012). De acordo com Brunelli & Pisani Júnior (2006), a utilização na produção agrícola de fuligem ou cinza

de caldeira é ambiental e economicamente viável, melhorando a capacidade de retenção de água no solo para melhor desenvolvimento da cultura (Tolfo et al., 2011).

A torta de filtro é outro resíduo sólido, rico em açúcar, que foi tratado em um filtro rotativo a vácuo (Nunes Júnior, 2008), que extraiu o açúcar residual pela lavagem e filtração (Gurgel, 2012) e é produzido para cada tonelada de cana moída, entre 30 a 40 kg de torta de filtro (Adorna et al., 2013). Sua composição média tem altos teores de matéria orgânica e P e é muito rica em Ca e N (Santos et al., 2011).

A torta de filtro é aplicada principalmente como fertilizante no sulco no plantio de cana de açúcar, no entanto, não se sabe informações da eficiência dos fornecimentos de nutrientes para a cultura do feijoeiro (Adorna et al., 2013).

5. Feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma dicotiledônea, pertencente a ordem Fabales, família Fabaceae, gênero *Vigna* e espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Oliveira et al., 2015). É uma cultura de origem africana, a qual foi introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI (Freire Filho, 2011).

O feijão-caupi, também conhecido como feijão-de-corda, feijão-macassar e feijão-fradinho (grãos brancos) constitui uma das principais alternativas, tanto sociais e econômicas para suprir a necessidade alimentar, por ter alto valor nutritivo e baixo custo na produção (Oliveira et al., 2011). O feijão-caupi é uma cultura importante e em algumas regiões, ocupa posição de destaque na agricultura (Zucareli et al., 2011) como no Norte e Nordeste, assim como o Centro-Oeste, principalmente Mato Grosso, sendo cultivado como segunda safra ou mesmo como cultura principal (Freire Filho, 2011).

A necessidade de um levantamento da produção agrícola, sem incluir o feijão-caupi associado ao feijão comum, como ocorre em alguns estados brasileiros, permitirá observar tal produção em nível nacional e as perspectivas da cultura. Atualmente, estima-se que a produção seja de 70% de feijão comum e 30% de feijão-caupi no Brasil (Oliveira et al., 2011).

Na região Centro-Oeste, o feijão-caupi começou a ser produzido em larga escala a partir de 2006. Porém, mesmo com a participação pequena, a produção supera a média nacional (Freire Filho, 2011).

O aumento do interesse dos produtores na região do Cerrado, principalmente na segunda safra, é pelo custo muito competitivo, além de que o produto é de alta qualidade, sendo bem aceito pelos consumidores, comerciantes e agroindústrias (Freire Filho, 2011).

O Brasil produz anualmente, em torno de 482 mil toneladas (Silva, 2009), posicionando-se como o terceiro maior produtor de feijão-caupi e demonstrando aumento de potencial de produção em outras regiões (Freire Filho et al., 2007; Zilli et al., 2009)

Apesar de ser uma cultura tropical, com ampla adaptação em diversos ambientes, o feijão-caupi apresenta baixa produtividade (300 kg ha^{-1}) (Leite et al., 2009) com a principal causa, o baixo nível tecnológico associado à cultura (Teixeira et al., 2010). Esse baixo rendimento de grãos pode ser atribuído as diversas causas como: déficit hídrico, baixo uso de tecnologias, manejo inadequado do uso e densidade de plantas, além de nenhum controle de irrigação (Freire Filho et al., 2005; Monteiro et al., 2017).

O feijão-caupi pode ser colhido verde ou seco, dependendo do mercado que deseja atingir (Blanco et al., 2011). Na região Centro-Oeste, especialmente em Goiás, o consumo é devido a presença da migração dos povos do Norte e Nordeste, sendo que o Estado, tem produção insuficiente para sustentar o mercado consumidor (Teixeira et al., 2010). O feijão-caupi tem três grandes produtos comerciais: grão seco, que representa quase sua totalidade, feijão verde e a semente (Oliveira et al., 2015).

OBJETIVOS

1. Geral

- Avaliar a interação de micro-organismos solubilizadores de fosfatos associados a fertilizantes organominerais, visando incrementar a nutrição, o crescimento e, ou a produtividade de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

2. Específicos

- Produzir fertilizantes organominerais como alternativa ao uso de fertilizantes químicos industrializados.

- Avaliar a eficiência dos fertilizantes organominerais associados a micro-organismos solubilizadores de fosfatos (MSF).
- Avaliar o crescimento, a nutrição e a produtividade de grãos de feijão-caupi inoculado com MSF.
- Determinar a melhor combinação de resíduo orgânico com a fonte mineral para a cultura de feijão-caupi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABISOLO. **Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal**. 171 p., 2017. Disponível em: <<http://abisolo.com.br/publicacoes>>. Acesso em 17 jan. 2018.

ABPA. **Relatório Anual 2018**. 176 p., 2018. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>>. Acesso em 26 fev. 2018.

ADORNA, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C.; ROSSATO, O. B. Fertilization with filter cake and micronutrients in plant cane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 649-657, 2013.

BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FILHO, F. R. F.; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 5, p. 524-530, 2011.

BRUNELLI, A. M. M. P.; PISANI JÚNIOR, R. Proposta de Disposição de Resíduo Gerado a partir da Queima do Bagaço de Cana em Caldeiras como Fonte de Nutriente e Corretivo do Solo. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30., 2006, Punta del Leste. **Anais...** Punta del Leste: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, p. 1-9, 2006.

CARVALHO, A. M.; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P.; KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 61-67, 1995.

CHEN, Y. P.; REKHA, P. D.; ARUN, A. B.; SHEN, F. T.; LAI, W. A.; YOUNG, C. C. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. **Applied Soil Ecology**, v. 34, n. 1, p. 33-41, 2006.

CHUNG, H.; PARK, M.; MADHAIYAN, M.; SESHADRI, S.; SONG, J.; CHO, H.; SA, T. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of crop plants of Korea. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 10, p. 1970-1974, 2005.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 343 p., 2005.

FREIRE FILHO, F. R.; VILARINHO, A. A.; CRAVO, M. S.; CAVALCANTE, E. S. Panorama da cultura do feijão-caupi no Brasil. In: Workshop sobre a Cultura do Feijão-Caupi em Roraima. **Embrapa Roraima**. Anais. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007. p. 11-14 (Embrapa Roraima. Documentos, 4).

FREIRE FILHO, F. R. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. **Embrapa Meio-Norte - Livro Científico (ALICE)**, 80 p., 2011.

GHOSH, R.; BARMAN, S.; MUKHERJEE, R.; MANDAL, N. C. Role of phosphate solubilizing *Burkholderia* spp. for successful colonization and growth promotion of *Lycopodium cernuum* L. (Lycopodiaceae) in lateritic belt of Birbhum district of West Bengal, India. **Microbiological Research**, v. 183, n. 1, p. 80-91, 2016.

GURGEL, M. N. D. A. **Tecnologia para aproveitamento de resíduos da agroindústria sucroalcooleira como biofertilizante organomineral granulado**. 2012, 130f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) apresentado a Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: estatística da produção pecuária**. 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=72380&view=detalhes>>. Acesso em 19 jan. 2018

JORQUERA, M. A.; HERNÁNDEZ, M. T.; RENGEL, Z.; MARSCHNER, P.; DE LA LUZ MORA, M. Isolation of culturable phosphobacteria with both phytate-mineralization and phosphate-solubilization activity from the rhizosphere of plants grown in a volcanic soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 44, n. 8, p. 1025-1034, 2008.

KARPAGAM, T.; NAGALAKSHMI, P. K. Isolation and characterization of phosphate solubilizing microbes from agricultural soil. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 3, n. 3, p. 601-614, 2014.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; WANI, P. A. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture - a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 27, n. 1, p. 29-43, 2007.

KHAN, A. A.; JILANI, G.; AKHTAR, M. S.; NAQVI, S. M. S.; RASHEED, M. Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production. **Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2009.

LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; COSTA, C. D. N.; RIBEIRO, A. M. B. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 04, p. 492-497, 2009.

LYNCH, J. P. Root phenes for enhanced soil exploration and phosphorus acquisition: tools for future crops. **Plant Physiology**, v. 156, n. 3, p. 1041-1049, 2011.

MAGELA, M. L. M. **Fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes organominerais pelezados na cultura do milho**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

MARTINS, D. C.; RESENDE, Á. V.; GALVÃO, J. C. C.; SIMÃO, E. D. P.; FERREIRA, J. P. D. C.; ALMEIDA, G. D. O. Organomineral Phosphorus Fertilization in the Production of Corn, Soybean and Bean Cultivated in Succession. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 10, p. 2407-2421, 2017.

MASSENSINI, A. M.; TÓTOLA, M. R.; BORGES, A. C.; COSTA, M. D. Isolamento e caracterização de bactérias solubilizadoras de fosfato da rizosfera de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 125-134, 2016.

MITTAL, V.; SINGH, O.; NAYYAR, H.; KAUR, J.; TEWARI, R. Stimulatory effect of phosphate-solubilizing fungal strains (*Aspergillus awamori* and *Penicillium citrinum*) on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. GPF2). **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, n. 3, p. 718-727, 2008.

MONTEIRO, M. M. S.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q. Efeito de regimes hídricos e densidades de plantas na produção de feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 4, p. 432-439, 2017.

MORAIS, M., AMARAL, H. F., NUNES, M. P. Desenvolvimento e assimilação de nutrientes da cultura de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Revista Terra e Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. especial, p. 160-176, 2018.

NANDINI, K.; PREETHI, U.; EARANNA, N. Molecular identification of phosphate solubilizing bacterium (*Alcaligenes faecalis*) and its interaction effect with *Bradyrhizobium japonicum* on growth and yield of soybean *Glycine max* L. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n. 34, p. 3450-3454, 2014.

NISHA, K.; PADMA DEVI, S. N.; VASANDHA, S.; SUNITHA KUMARI, K. Role of phosphorus solubilizing microorganisms to eradicate P - deficiency in plants: A review. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 4, n. 7, p. 1-5, 2014.

NOSRATI, R.; OWLIA, P.; SADERI, H.; RASOOLI, I.; MALBOOBI, M. A. Phosphate solubilization characteristics of efficient nitrogen fixing soil *Azotobacter* strains. **Iranian Journal of Microbiology**, v. 6, n. 4, p. 285-295, 2014.

NUNES JÚNIOR, D. Torta de filtro: De resíduo a produto nobre. **Revista Idea News**, v.8, n. 92, p. 22-30, 2008.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 872-882, 2011.

OLIVEIRA, T. C.; SILVA, J.; SOUSA, S. A.; CAMPESTRINI, R.; FIDELIS, R. R. Potencial produtivo de genótipos de feijão comum em função do estresse de fósforo no Estado do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 3, p. 24-30, 2012.

OLIVEIRA, R. L.; QUARESMA, C. C. F.; CASTRO, H. G. C.; LIMA, J. M. P.; MOURA, M. F. V. Determinação de umidade, cinzas e fósforo em quatro variedades de feijão-caupi. **Revista Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 24-32, 2015.

OLIVEIRA-LONGATTI, S. M.; MARRA, L. M.; SOARES, B. L.; BOMFETI, C. A.; DA SILVA, K.; FERREIRA, P. A. A.; DE SOUZA MOREIRA, F. M. Bacteria isolated from soils of the western Amazon and from rehabilitated bauxite-mining areas have potential as plant growth promoters. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 30, n. 4, p. 1239-1250, 2014.

PARK, J. H.; BOLAN, N. MEGHARAJ, M.; NAIDU, R. Isolation of phosphate solubilizing bacteria and their potential for lead immobilization in soil. **Journal of Hazardous Materials**, v. 185, n. 2-3, p. 829-836, 2011.

PÉREZ-CORDERO, A.; TUBERQUIA-SIERRA, A.; AMELL-JÍMENEZ, D. Actividad in vitro de bacterias endófitas fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfatos. **Agronomía Mesoamericana**, v. 25, n. 2, p. 213-223, 2014.

SANTOS, E. A.; KLIEMANN, H. J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 139-146, 2005.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. D. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S.; ECHER, F. R. Technological quality of sugarcane under fertilization with filter cake enriched with soluble phosphate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011.

SCERVINO, J. M.; MESA, M. P.; MÔNICA, I. D.; RECCHI, M.; MORENO, N. S.; GODEAS, A. Soil fungal isolates produce diferente organic acid patterns involved in phosphate salts solubilization. **Biology and Fertility of Soils**, v. 46, n. 7, p. 755-763. 2010.

SILVA, K. J. D. **Estatística da produção de feijão-caupi**. 2009. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/artigo/estatistica-da-producao-de-feijao-caupi>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

SOUSA, W. N., BRITO, N. F., SANTOS, F. C., BARROS, I. B., DE SOUSA, J. T. R., DE FREITAS SIA, E., REIS, I. M. S. Resposta do feijão-caupi à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum*, adubação nitrogenada e nitrogênio do solo. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 298-308, 2018.

TAHIR, M.; MIRZA, M. S.; ZAHEER, A.; DIMITROV, M. R.; SMIDT, H.; HAMEED, S. Isolation and identification of phosphate solubilizer '*Azospirillum*, *Bacillus*' and '*Enterobacter*' strains by 16SrRNA sequence analysis and their effect on growth of wheat (*Triticum aestivum*' L.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 9, p. 1284-1292, 2013.

TEIXEIRA, I. R.; DA SILVA, G. C.; OLIVEIRA, J. P. R.; SILVA, A. G.; PELÁ, A. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 300-307, 2010.

TOLFO, A. L. T.; VIGNA, G. P.; BIERAS, A. C. O uso adequado de subprodutos da agroindústria sucroalcooleira. **Revista Eletrônica de Agronegócio**. v. 1, n. 1, p. 1-11, 2011.

TRANI, P. E.; TERRA, M. M.; TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; HANASIRO, J. Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas. **Instituto Agrônomo de Campinas, IAC**, 2013. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/83.pdf>. Acesso em 17 jan. 2018.

TRIPURA, C. B; SASHIDHAR, B.; PODILE, A. R. **Transgenic mineral phosphate solubilizing bacteria for improved agricultural productivity**. In *Microbial Diversity Current Perspectives and Potential Applications* ed. Satyanarayana, T. and Johri, B.N. New Delhi, India: I. K. International Pvt. Ltd., p. 375-392, 2005.

VIANA, T. D. O.; VIEIRA, N. M. B.; MOREIRA, G. B. L.; BATISTA, R. O.; DE CARVALHO, S. J. P.; RODRIGUES, H. F. F. Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. **Ceres**, v. 58, n. 1, p. 115-120, 2015.

VILLEGAS, J.; FORTIN, J. A. Phosphorus solubilization and pH changes as a result of the interactions between soil bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on a medium containing NO₃-as nitrogen source. **Canadian Journal of Botany**, v. 80, n. 5, p. 571-576, 2002.

WAKELIN, S. A.; WARREN, R. A.; HARVEY, P. R.; RYDER, M. H. Phosphate solubilization by *Penicillium* spp. closely associated with wheat roots. **Biology and Fertility of Soils**, v. 40, n. 1, p. 36-43, 2004.

WALPOLA, B. C.; YOON, M. H. Prospectus of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus availability in agricultural soils: A review. **African Journal of Microbiology Research**, v. 6, n. 37, p. 6600-6605, 2012.

WALPOLA, B. C.; SONG, J. S.; KEUM, M. J.; YOON, M. H. Evaluation of phosphate solubilizing potential of three *Burkholderia* species isolated from green house soils. **Korean Journal of Soil Science and Fertilizer**, v. 45, n. 4, p. 602-609, 2012.

XIAO, C.; CHI, R.; LI, X.; XIA, M.; XIA, Z. Biosolubilization of rock phosphate by three stress-tolerant fungal strains. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 165, n. 2, p. 719-727, 2011.

ZHU, F.; QU, L.; HONG, X.; SUN, X. Isolation and Characterization of a Phosphate-Solubilizing Halophilic Bacterium *Kushneria* sp. YCWA18 from Daqiao Saltern on the Coast of Yellow Sea of China. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine (eCAM)**, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2011.

ZILLI, J. E.; VALICHESKI, R. R.; RUMJANEK, N. G.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.; FREIRE FILHO, F. R.; NEVES, M. C. P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 811-818, 2006.

ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 04, p. 749-758, 2009.

ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; JUNIOR, E. U. R.; NAKAGAWA, J. Phosphorus on the productivity and seed quality of bean Carioca Precoce cultivated during the rainy season. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 32-38, 2011.

CAPÍTULO I – MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS EM FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS PARA INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE DE *Vigna unguiculata* (L.) Walp. EM CAMPO

Resumo: Com este trabalho, avaliou-se a interação dos micro-organismos solubilizadores de fosfato associados a composições de fertilizantes organominerais, visando incrementar a nutrição e a produtividade de feijão-caupi em campo. O ensaio foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados, com parcelas subdivididas no esquema 7 x 3, com quatro repetições, sendo que no fator primário, foram considerados os tratamentos de adubação: cama de aviário, dejetos suínos, torta de filtro e fuligem (organominerais), superfosfato triplo com enxofre e superfosfato triplo sem enxofre (fertilizantes químicos industrializados), além do tratamento controle (ausência de fertilizante). Como segundo fator, foram considerados os tratamentos de inoculação: *Bradyrhizobium* sp. SEMIA 6462 (Simbiose Nod Caupi®), inoculação do isolado bacteriano solubilizador de fosfatos MBSF2, pertencente à Coleção de Micro-organismos do Laboratório de Microbiologia Agrícola do IF Goiano e ausência de inoculação. O solubilizador MBSF2 no organomineral com base de fuligem demonstrou melhores respostas em relação ao comprimento de parte aérea aos 50 DAE. As variáveis diâmetro de caule, massa seca da parte aérea e da raiz de feijão-caupi são favorecidas com a inoculação de *Bradyrhizobium* spp. e cultivo com organomineral a base de cama de aviário aos 50 DAE. O diâmetro de caule foi favorecido pela adição de organomineral à base de torta de filtro combinado com ambos os inoculantes, assim como o número de nódulos incrementado com este organomineral, aliado à inoculação com *Bradyrhizobium* spp.

Palavras-chave: nutrição fosfatada, feijão-caupi, solubilização biológica de P.

**P-SOLUBILIZING MICRO-ORGANISMS IN ORGANOMINERALS
FERTILIZERS TO INCREASE THE *Vigna unguiculata* (L.) Walp. YIELD IN
FIELD**

Abstract: This work aimed to evaluate the interaction between P-solubilizing microorganisms and organomineral fertilizers in order to increase the cowpea nutrition and yield under field conditions. One field trial was carried out in a randomized complete block design arranged in subdivided plots (7 x 3) with four replicates. The organominerals (poultry litter, swine manure, filter cake and soot from chimneys) as well as triple superphosphate (TSP) with and without sulfur and the control treatment (no fertilizer addition), were considered the primary factor. The secondary factor was constituted by inoculation of *Bradyrhizobium* spp. SEMIA 6462 (Simbiose Nod Caupi[®]), one P-solubilizing bacteria (MBSF2) as well as no inoculation treatment. The MBSF2 inoculation combined to the soot organomineral increased the shoot length at 50 DAE. The stem diameter, shoot and root dry matter at 50 DAE were increased by *Bradyrhizobium* spp. inoculation and poultry litter. Also, the stem diameter was increased using filter cake organomineral and both inoculants. The nodules number was also increased by use of that organomineral combined to *Bradyrhizobium* spp.

Key words: phosphate nutrition, cowpea, biological phosphate solubilization.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., também conhecido como feijão-macassar ou feijão-de-corda é uma leguminosa granífera, pertencente à família Fabaceae, socioeconomicamente importante no Brasil que complementa o abastecimento de alimentos e emprega muitos trabalhadores agrícolas (Sá et al., 2017). É uma leguminosa de ampla distribuição mundial, principalmente localizada em regiões tropicais, ambientes semelhantes à África, seu continente de origem (Silva et al., 2017).

O feijão-caupi possui cerca de 56,8% de carboidratos, 1,3% de gorduras, 3,9% de fibras e 23,4% de lipídeos em média na composição do grão (Oliveira et al., 2015). De acordo com Silva et al. (2002), seus grãos possuem um teor proteico da ordem de 20 a 30%. É rico em lisina e outros aminoácidos essenciais, porém, pobre nos aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína.

Dentre os principais fatores pela baixa produtividade do feijão-caupi é o déficit hídrico, assim como restrição de nitrogênio (N) e fósforo (P) (Pereira Junior et al., 2015), dessa forma, faz-se necessário realizar adequada adubação para maximizar a absorção de nutrientes da planta, assim como a inoculação de diazotróficos e micro-organismos solubilizadores de fosfatos.

Os fertilizantes organominerais são resultados da mistura física ou combinação de fontes minerais e orgânicas, como restos de culturas e subprodutos da indústria (Royo, 2010), sendo uma opção agrícola promissora. A sua formulação varia, uma vez que é influenciada pela quantidade de resíduos orgânicos e fontes minerais utilizadas na sua composição (Oliveira et al., 2017), mas é necessário observar a legislação (MAPA, 2009).

As formas atuais de adubação fosfatada consistem na aplicação de fertilizantes minerais de alto custo, que requer aplicação de dosagens elevadas por causa da perda por adsorção nas partículas de argila (Massenssini et al., 2016). Dessa forma, os fertilizantes organominerais apresentam características benéficas pela presença da matéria orgânica, em relação aos fertilizantes minerais, pois a mistura de fonte orgânica com uma fonte mineral pode aumentar a eficiência dos fertilizantes minerais e os efeitos dos nutrientes (Kiehl, 2013). Além disso, a fonte orgânica amplia a proteção dos nutrientes (Martins et al., 2017).

A fonte orgânica dos organominerais aumenta a atividade microbiana do solo (Severino et al., 2004; Cardoso, 2017), e também pode favorecer o uso de fontes fosfatadas pouco solúveis (Massenssini et al., 2016). O uso de resíduos orgânicos de micro-organismos com capacidade de solubilizar fosfatos é considerada uma alternativa ecológica e viável (Khan et al., 2007; Zaidi et al., 2009; 2017), já que os micro-organismos influenciam a fertilidade do solo e a produtividade das culturas agrícolas (Miransari, 2011), pela liberação de fosfatos solúveis, em decorrência da dissolução de fósforo ou ação quelante sob íons ligados que indisponibilizam o fósforo. Algumas espécies do gênero *Bradyrhizobium*, além de fixadoras de N, podem inclusive solubilizar fosfatos (Oliveira-Longatti et al., 2014). Além disso, as bactérias solubilizadoras de P também podem disponibilizar enxofre à planta (Eira, 1992).

A capacidade de selecionar micro-organismos solubilizadores de fosfatos insolúveis (Chaiarn & Lumyong, 2011; Azziz et al., 2012; Bolle et al., 2013) e solúveis é possível pelo índice de solubilização em placas de Petri em ensaios de laboratório. Sendo estes micro-organismos, sugeridos para o melhor aproveitamento desses fosfatos, favorecendo a nutrição e, ou produtividade de diversas culturas de interesse agrônomo, principalmente associados a fertilizantes orgânicos, tais como cama de aviário, dejetos de suínos, torta de filtro e fuligem.

O principal nutriente em deficiência nos solos brasileiros é o P, sendo necessária a realização de adubação fosfatada que associada a calagem, são as técnicas fundamentais para aumentar a produtividade das culturas (Melo et al., 2017), já que a cultura do feijão é conhecida por ser responsiva ao P (Magalhães et al., 2017). O P é o macronutriente extraído em menor quantidade pelo feijão-caupi (Melo et al., 2017), mas é o nutriente mais limitante para a produtividade (Sampaio & Brasil, 2009; Dalchiavon et al., 2017), pela sua baixa disponibilidade e mobilidade no solo (Santos et al., 2008; Taktek et al., 2015; Sá et al., 2017).

Dessa forma, objetivou-se avaliar a interação dos micro-organismos solubilizadores de fosfato associados as diferentes composições de fertilizantes organominerais, visando incrementar a nutrição e produtividade de feijão-caupi.

MATERIAL E MÉTODOS

Na Área Experimental do IF Goiano – Campus Rio Verde, GO foi conduzido um experimento com feijão-caupi. A localização está situada na latitude 17° 48' 28" S e longitude 50° 53' 57" O, com altitude média de 720 m. O clima da região é classificado

(Köppen) como Aw (tropical), com seca de maio a setembro e com chuvas de outubro a abril. A temperatura média anual é de 27,5°C e a média anual da precipitação pluviométrica é de 1.650 mm. Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo para caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química das amostras de solo coletadas na área de implantação do experimento com feijão-caupi, Rio Verde, GO.

pH	P	K	S	Al	Ca	Mg	SB	M.O.	V	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	--- mg dm ⁻³ ---			----- cmol _c dm ⁻³ -----	----- cmol _c dm ⁻³ -----	----- g dm ⁻³ -----		----- g dm ⁻³ -----	----- %-----			
5,22	5,65	310	5,05	0,05	4,9	2,1	7,75	49,15	53,5	37,5	8,5	53

A cultivar de feijão-caupi utilizada foi a BRS Imponente. A semeadura foi feita em 25 de março de 2018 e a colheita em 11 de junho de 2018. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no esquema 7 x 3, com quatro repetições, sendo que no fator primário, foram considerados os tratamentos de adubação: cama de aviário, dejetos suínos, torta de filtro e fuligem (organominerais), superfosfato triplo com enxofre e superfosfato triplo sem enxofre (fertilizantes químicos industrializados), além do tratamento controle (ausência de fertilizante). Como segundo fator, foram considerados os tratamentos de inoculação: *Bradyrhizobium* sp. SEMIA 6462 (Simbiose Nod Caupi®), inoculação do isolado bacteriano solubilizador de fosfatos MBSF2, pertencente à Coleção de Micro-organismos do Laboratório de Microbiologia Agrícola do IF Goiano e ausência de inoculação.

Para padronizar a concentração do inoculante de solubilizador de P, o isolado MBSF2 foi repicado em caldo nutriente por 24 horas. Na sequência, foi coletado 1 mL do inoculante, feitas diluições até 10⁻⁸, plaqueamento e incubação por 5 dias, a 35°C. A densidade óptica (DO) do inóculo foi determinada em espectrofotômetro (DO=1), que corresponde a 3,8 x 10⁶ UFC mL⁻¹. O inoculante fixador de nitrogênio *Bradyrhizobium* (SEMIA 6462), obtido do produto comercial Simbiose Nod Caupi®, foi inoculado na concentração 1 x 10⁹ UFC mL⁻¹.

Os resíduos orgânicos foram secados em estufa, a 65°C, por 7 dias. Após secados, foram triturados e passaram em uma peneira com granulometria de 0,58 mm. O material que não passou na peneira, foi novamente triturado e peneirado, até atingir a granulometria necessária. O superfosfato triplo (STP) e o enxofre (S) também foram triturados e peneirados, seguindo os mesmos procedimentos dos resíduos orgânicos.

As misturas foram nas quantidades de 57% de resíduo orgânico, 38% de STP e 5% de S. Além disso, STP com S foi formulado nas quantidades de 95% de STP e 5% de S, e STP sem S foi formulado com 100% de STP. Todas as fontes de resíduos orgânicos foram incorporadas ao STP. Por fim, foram granulados em um granulador giratório com 46 rpm, em ângulo de 60°.

No experimento, foram utilizadas parcelas de 6 linhas de 4 m lineares com o espaçamento entre plantas de 0,45 m. Antes do plantio, foi feita uma gradagem na área e, em seguida, os sulcos foram feitos com semeadora adubadora e o plantio realizado com semeadora manual. Para o controle de plantas daninhas, foi feita aplicação de glifosato, uma semana antes do plantio. Trinta dias após o plantio, foi feita capina manual. No plantio, foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Aos 25 dias após a emergência (DAE) (fase vegetativa) e aos 50 DAE (fase reprodutiva), a partir de 10 plantas colhidas aleatoriamente em cada parcela, foram avaliados: número de nódulos; massa seca de nódulos; massa seca da parte aérea e da raiz (secadas em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas, a 65°C); comprimento de parte aérea e diâmetro de caule. Na colheita, a partir de 10 plantas colhidas aleatoriamente em cada parcela, foram realizadas as seguintes avaliações: número de vagens por planta; número de grãos por vagem; peso de mil sementes; produtividade de grãos a 13% de umidade; teor de N e P em grãos (Silva, 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott (5%). Para avaliar o teor de P em grãos, os dados foram transformados $(x + 1)^{0,5}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observados efeitos na interação, avaliando-se o comprimento de parte aérea, massa seca da raiz e de nódulos aos 25 DAE. Em relação ao diâmetro de caule, houve interação entre os tratamentos de inoculação e de adubação, especificamente, a inoculação de *Bradyrhizobium* spp. e com solubilizador de fosfatos incrementou esta variável combinados com torta de filtro (Tabela 2). Avaliando-se o número de nódulos aos 25 DAE, a interação demonstrou que o tratamento com inoculação de *Bradyrhizobium* spp. e o organomineral com dejetos suínos possibilitou maiores médias que a inoculação com MBSF2 e o tratamento sem inoculação (Tabela 2). Quando não houve inoculação, os tratamentos adubação combinado com fuligem, STP e STP+S foram observados maiores médias, na variável massa seca da parte aérea (Tabela 2).

Além disso, todos os organominerais testados, aliados à inoculação com *Bradyrhizobium* spp. incrementaram esta variável comparado aos tratamentos com STP e sem adubação (Tabela 2). Não foram observados efeitos para o comprimento de parte aérea, diâmetro de caule, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e de nódulos aos 25 DAE, avaliando-se os tratamentos principais isolados

Tabela 2. Diâmetro de caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e números de nódulos (NN) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 25 DAE.

Tratamentos de adubação	DC (mm)			MSPA (g planta ⁻¹)			NN (nódulos planta ⁻¹)		
	BRAD.	MBSF2	SINOC.	BRAD.	MBSF2	SINOC.	BRAD.	MBSF2	SINOC.
DEJETOS	4,3 aA	4,3 aA	3,9 aA	1,6 aA	1,5 aA	1,1 bA	43,3 aA	34,6 aB	28,1 aB
CAMA	4,7 aA	4,2 aA	4,2 aA	1,6 aA	1,5 aA	1,3 bA	37,9 aA	30,9 aA	29,7 aA
TORTA	4,2 aA	4,4 aA	3,8 aB	1,5 aA	1,5 aA	1,2 bA	40,0 aA	36,4 aA	32,3 aA
FULIGEM	4,5 aA	3,9 aA	4,3 aA	1,7 aA	1,2 aA	1,6 aA	38,1 aA	41,5 aA	30,5 aA
STP	4,3 aA	4,4 aA	4,1 aA	1,5 aA	1,6 aA	1,4 aA	29,1 bA	36,0 aA	30,5 aA
STP+S	4,3 aA	4,0 aA	4,2 aA	1,7 aA	1,3 aA	1,7 aA	39,7 aA	39,2 aA	34,8 aA
SADUB.	4,3 aA	4,0 aA	4,0 aA	1,5 aA	1,5 aA	1,4 bA	27,6 bA	27,9 aA	34,9 aA
CV A (%)	16,58			51,51			31,91		
CV B (%)	7,89			16,06			25,26		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Neste trabalho, foi constatado o benefício da inoculação com *Bradyrhizobium* spp. e com solubilizador de fósforo MBSF2 aliado à aplicação de torta de filtro. González et al. (2014) concluíram que a torta de filtro enriquecida propicia aumento da diversidade microbiana no solo. Igualmente, González et al. (2013) ao trabalhar com milho, observaram acréscimo no aumento do diâmetro do colmo na presença de torta de filtro e inoculação de bactérias solubilizadoras de P.

A massa seca da parte aérea se destacou nos tratamentos com STP e STP+S, aliados ao organomineral à base de fuligem. Tal resultado pode estar associado a liberação rápida dos nutrientes da parte mineral, sendo que quando há a presença de uma base orgânica, constata-se liberação gradual destes nutrientes. Galbiatti et al. (2011), ao utilizar biofertilizantes, que são adubos com grande parte orgânica e

fertilizante mineral, observaram similaridade nos seus resultados, sendo estes superiores aos tratamentos sem adubação. A adubação com organominerais ou com biofertilizantes tende a agregar rendimento para cultura e possibilita expressivo residual de nutrientes para a cultura subsequente (Ciotta et al., 2003). Além disso, os compostos orgânicos e naturais, agem como condicionadores orgânicos, demonstrando superioridade de fertilizante minerais, ao melhorar o solo nos aspectos químicos, físicos e biológicos, além de incrementar a produtividade da cultura (Bulluck et al., 2002).

Ao observar o número de nódulos, nota-se superioridade dos tratamentos com organominerais em relação ao controle e ao STP e similaridade com STP+S. Isto pode estar relacionado à presença de matéria orgânica, que favorece a atividade de grupos microbianos diversos no solo, bem como o S na composição. Vale ressaltar a importância fundamental do P na fixação biológica de N, em decorrência do gasto de energia (Silva et al., 2010).

Quanto ao número de nódulos nas plantas, ao observar os tratamentos de inoculação, não foi observada diferença entre o controle e os demais tratamentos, exceto para o organomineral com dejetos suínos, em que a efetividade dos micro-organismos que estão presente no solo se sobrepõe, não demonstrando de forma efetiva a inoculação, como é demonstrado em diversos trabalhos com feijão-caupi (Rumjanek et. al., 2005; Hara & Oliveira, 2007; Zhang et al., 2007; Mello & Zilli, 2009).

Foram detectados efeitos da interação em relação ao comprimento de parte aérea, houve diferença entre as inoculações no organomineral com base de fuligem, sendo que nas variáveis: diâmetro de caule e massa seca da parte aérea foi observada diferença entre a inoculação no organomineral com a base de cama de aviário (Tabela 3). Não foi observado efeito para a comprimento da parte aérea, diâmetro de caule e massa seca da parte aérea, aos 50 DAE, avaliando-se os fatores principais isolados

Tabela 3. Comprimento de parte aérea (CPA), diâmetro de caule (DC) e massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 50 DAE.

Tratamentos de adubação	CPA (cm)			DC (mm)			MSPA (g planta ⁻¹)		
	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.
DEJETOS	17,1 aA	16,4 aA	15,9 aA	5,7 aA	5,5 aA	5,9 aA	10,0 aA	10,8 aA	10,7 aA

CAMA	16,5 aA	17,0 aA	16,2 aA	6,6 aA	5,9 aB	5,6 aB	15,1 aA	9,9 aB	9,7 aB
TORTA	16,6 aA	16,7 aA	15,7 aA	5,8 aA	5,5 aA	5,7 aA	9,2 aA	10,5 aA	9,9 aA
FULIGEM	15,6 aB	17,9 aA	13,4 aB	5,9 aA	5,9 aA	5,6 aA	10,8 aA	9,8 aA	8,6 aA
STP	16,8 aA	16,1 aA	17,7 aA	6,2 aA	5,6 aA	5,8 aA	12,4 aA	9,4 aA	11,0 aA
STP+S	17,4 aA	18,1 aA	15,3 aA	6,0 aA	5,6 aA	5,8 aA	10,9 aA	9,0 aA	9,2 aA
S/ADUB.	15,2 aA	17,3 aA	18,0 aA	5,9 aA	5,6 aA	5,4 aA	9,4 aA	8,8 aA	9,8 aA
CV A (%)	16,96			15,00			36,33		
CV B (%)	14,82			10,88			28,26		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Para o comprimento de parte aérea, a melhor combinação de tratamentos foi a inoculação de solubilizador de P aliado ao organomineral com base de fuligem. Apesar da fuligem apresentar baixos teores de P, como relatado por Belai et al. (2013), é um subproduto da indústria sucroalcooleira que agrega na suplementação nutricional do solo.

Em relação ao diâmetro de caule, aos 50 DAE, a inoculação com *Bradyrhizobium* spp. foi superior à inoculação com solubilizador de P e o tratamento sem inoculação. Isto também foi observado por Sousa et al. (2013), ao testar adubação nitrogenada, inoculação e sem inoculação, constataram que a inoculação demonstrou superioridade aos demais tratamentos. Vieira et al. (2012) observaram os benefícios da cama de aviário em seu trabalho, com o favorecimento da qualidade das plantas, pelas características físicas e nutricionais.

Segundo José Neto (2013), ao interagir bactérias com potencial de solubilização de fosfato com torta de filtro e cama de aviário, não foi observada diferença no fator inoculação isolada, na cultura do milho. Tal resultado corrobora aos encontrados no presente trabalho, especificamente, maiores médias do controle em relação aos demais micro-organismos, e está intimamente ligado à migração dos nutrientes da parte aérea para os grãos e, conseqüentemente, redução de aporte vegetativo (Braz et al., 2004). Tal resultado não corresponde ao observado no presente trabalho, em decorrência de fatores externos que prolongaram o ciclo da cultura do caupi.

A massa seca da raiz demonstrou diferença entre as inoculações no organomineral à base de cama de aviário e o número de nódulos demonstrou efeito entre as adubações testadas, ao interagir com o *Bradyrhizobium* spp. (Tabela 4). Não foram

observados efeitos da interação para o peso de nódulos e a massa seca da raiz, número de nódulos e peso de nódulos aos 50 DAE em função dos tratamentos principais isolados.

Tabela 4. Massa seca da raiz (MSR) e número de nódulos (NN) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 50 DAE.

Tratamentos de adubação	MSR (g planta ⁻¹)			NN (nódulos planta ⁻¹)		
	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.
DEJETOS	1,5 aA	1,6 aA	1,7 aA	18,9 bA	25,3 aA	19,9 aA
CAMA	2,1 aA	1,5 aB	1,6 aB	17,0 bA	24,5 aA	19,5 aA
TORTA	1,4 aA	1,8 aA	1,7 aA	24,6 aA	18,9 aA	23,2 aA
FULIGEM	1,7 aA	1,3 aA	1,6 aA	15,7 bA	23,0 aA	19,1 aA
STP	1,8 aA	1,5 aA	1,8 aA	14,7 bA	24,0 aA	17,6 aA
STP+S	1,7 aA	1,3 aA	1,4 aA	26,1 aA	24,8 aA	23,7 aA
S/ADUB.	1,4 aA	1,5 aA	1,4 aA	15,1 bA	16,2 aA	13,9 aA
CV A (%)	34,90			64,48		
CV B (%)	24,46			32,80		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Em relação a massa seca da raiz, a superioridade da inoculação com *Bradyrhizobium* spp. pode estar associada ao aumento radicular em decorrência da fixação biológica de nitrogênio. Silva et al. (2016) em seu trabalho com amendoim não observaram efeito nesse parâmetro, sendo que Oliveira et al. (2013) reforçam que a adubação orgânica tem influência na massa seca das raízes. Gassi et al. (2009) demonstram efeitos benéficos do organomineral com base de cama de aviário na produção de *Arctium lappa* (L.). Isto ocorre, possivelmente, pelas baixas quantidades de P disponível nos solos do Cerrado, sendo grande limitante para o desenvolvimento das culturas agrícolas. Tal limitação está ligada à acidez do solo e elevados teores de Fe e Al que maximizam a fixação de P nesses solos (Novais & Smyth, 1999).

A similaridade do número de nódulos entre os micro-organismos pode indicar uma troca de traço funcional para solubilizar P, como identificado por Oliveira-Longatti et al. (2014), bem como as propriedades do organomineral à base de torta de filtro, em

decorrência da matéria orgânica na qualidade do solo (González et al., 2014), bem como o S do STP+S que atua ativamente nos fatores de nodulação e sua ausência prejudica o desenvolvimento radicular (Almeida, 2017).

Não foi detectada interação para a variável produtividade de grãos. Para o número de grãos por vagem, foi observado efeito entre os tratamentos de inoculação e o organomineral à base de cama de aviário. Além disso, no tratamento sem inoculação, foi observada diferença entre as adubações. O número de vagens por planta demonstrou diferença entre as inoculações quando não houve adubação e a massa de mil grãos evidenciou diferença entre as inoculações ao interagir com o organomineral à base de dejetos suínos. Também foi notada diferença entre as adubações, quando houve interação com o isolado solubilizador MBSF2 (Tabela 5). Não foram observados efeitos para o número de grãos por vagem, número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade de grãos, avaliando-se os tratamentos principais isolados.

Tabela 5. Número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e massa de mil grãos (MMG) de plantas de feijão-caupi, inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, na colheita.

Tratamentos de adubação	NGV			NVP			MMG (g)		
	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.
DEJETOS	4,1 aA	3,8 aA	4,4 bA	3,4 aA	3,7 aA	2,7 aA	330,7 aB	311,9 bB	367,8 aA
CAMA	4,0 aB	4,6 aB	6,5 aA	3,3 aA	3,2 aA	2,4 aA	341,3 aA	357,6 aA	338,9 aA
TORTA	4,0 aA	3,8 aA	4,0 bA	2,4 aA	2,9 aA	2,9 aA	323,8 aA	353,0 aA	337,9 aA
FULIGEM	4,6 aA	4,0 aA	4,2 bA	3,7 aA	3,6 aA	3,4 aA	350,9 aA	341,0 aA	328,2 aA
STP	4,9 aA	4,2 aA	4,1 bA	3,8 aA	3,5 aA	3,2 aA	355,0 aA	340,6 aA	344,8 aA
STP+S	3,8 aA	4,2 aA	3,9 bA	3,6 aA	3,3 aA	2,7 aA	343,2 aA	343,0 aA	342,2 aA
S/ADUB.	4,0 aA	4,1 aA	3,8 bA	2,5 aB	2,6 aB	4,2 aA	339,7 aA	348,5 aA	334,2 aA
CV A (%)	15,73			43,02			8,63		
CV B (%)	23,58			26,74			5,27		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Nakayama et al. (2013) na cultura do feijão, observaram melhor desempenho dos fertilizantes organominerais em relação ao mineral industrializado, avaliando-se à massa de mil grãos. Ferreira et al. (2009) também observaram melhor desempenho dos

organominerais para as variáveis: número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de mil grãos. No presente trabalho, o número de vagens também foi superior, sendo que o organomineral com base de dejetos suínos combinado com o solubilizador de P não demonstrou resultado interessante. Vale ressaltar que os componentes não foram beneficiados em decorrência de ambas as inoculações.

Neste trabalho, não foi detectado incremento para a variável produtividade de grãos. Branco et al. (2001) observaram similaridade dos adubos organo e minerais entre si e superioridade quando não houve adubação, e ainda complementa a efetividade dos micro-organismos em solubilizar fosfato e a reforçar a capacidade de apresentar o traço funcional de fixação de nitrogênio. Nakayama et al. (2013) e Ferreira et al. (2009) observaram superioridades do organomineral em relação ao mineral avaliando-se a produtividade de grãos na cultura de feijão comum.

Não foram observados efeitos para os teores de N em função dos tratamentos isolados e nem com as interações. Diversos trabalhos têm testado estirpes de micro-organismos fixadores de N e solubilizadores de P, sendo demonstradas alta e baixa eficiência para incrementar a produtividade das culturas. De acordo com Souza et al. (2018), a capacidade do feijão-caupi associar-se as estirpes de bactérias, como as fixadoras de nitrogênio, torna-se desfavorável ao processo da FBN, devido ao ambiente de competição entre os micro-organismos. Portanto, são necessários estudos para aumentar a especificidade da relação estirpe x hospedeiro, visando aumentar a eficiência da FBN.

Quanto aos teores de P em grãos, foram observadas diferenças avaliando-se a interação de inoculação com as adubações com organomineral à base de torta de filtro e com o SPT+S (Tabela 6).

Tabela 6. Teores de P nos grãos (TPG) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, na colheita.

Tratamentos de adubação	TPG (mg kg ⁻¹)		
	BRAD.	MBSF2	SINOC.
DEJETOS	0,079 aA	0,021 aA	0,104 aA
CAMA	0,024 aA	0,031 aA	0,011 aA

TORTA	0,024 aB	0,107 aA	0,006 aB
FULIGEM	0,040 aA	0,027 aA	0,012 aA
STP	0,071 aA	0,076 aA	0,100 aA
STP+S	0,174 aA	0,008 aB	0,009 aB
S/ADUB.	0,057 aA	0,037 aA	0,056 aA
CV A (%)	1,42		
CV B (%)	3,86		

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Apesar de não ser observado efeito quanto aos teores de N em grãos e somente na interação inoculação x adubação, Branco et al. (2001) demonstraram teores superiores de N e P nos organofosfatados, em relação à adubação mineral para as culturas de feijão, milho, soja, braquiária e uva.

A torta de filtro proporcionou diferenças dos micro-organismos em relação ao tratamento sem inoculação. González et al. (2014) também detectaram superioridade dos solubilizadores de fosfatos na presença de torta de filtro, e enfatizam os vários benefícios deste resíduo agroindustrial para favorecer a qualidade do solo, devido suas propriedades físico-químicas e biológicas (Embrapa, 2019).

Os benefícios da inoculação com *Bradyrhizobium* spp. em relação ao teor de P de grãos, na adubação com SPT + S, pode ser pela presença do S que favorece o crescimento e acumulação de N e P na parte aérea (Stamford et al., 2004).

Branco et al. (2001) reportaram menor número de inóculos de micro-organismos em alguns compostos, na ausência de inoculação, podendo haver ação tóxica em decorrência do composto. A superioridade dos micro-organismos nas adubações podem estar relacionada com essa ação tóxica, para suprir outros micro-organismos competidores reduzindo a atividade biológica e sua densidade.

CONCLUSÕES

O solubilizador MBSF2 no organomineral com base de fuligem demonstrou melhores respostas em relação ao comprimento de parte aérea aos 50 DAE.

O diâmetro de caule, massa seca da parte aérea e da raiz com o *Bradyrhizobium* spp. no organomineral à base de cama de aviário demonstrou melhores resultados aos 50 DAE.

O diâmetro de caule foi favorecido pela adição de organomineral à base de torta de filtro combinado com ambos os inoculantes, assim como o número de nódulos incrementado com este organomineral, aliado à inoculação com *Bradyrhizobium* spp.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. C. **Fixação biológica do nitrogênio (FBN) por *Bradyrhizobium* na soja (*Glycine max* L.)**. 2017. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Exatas de Primavera do Leste, Primavera do Leste, 2017.

ANDRADE, F. N. **Avaliação e seleção de linhagens de tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-caupi verde**. 2010. 110 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

AZZIZ, G.; BAJSA, N.; HAGHJOU, T.; TAULÉ, C.; VALVERDE, Á.; IGUAL, J. M.; ARIAS, A. Abundance, diversity and prospecting of culturable phosphate solubilizing bacteria on soils under crop-pasture rotations in a no-tillage regime in Uruguay. **Applied Soil Ecology**, v. 61, n. 1, p. 320-326, 2012.

BELAI, H. T.; RAMOS, F. T.; MAIA, J. C. S. Alterações físico-químicas em um neossolo quartzarênico órtico pela aplicação de subprodutos de indústria sucroalcooleira. **Global Science and Technology**, v. 6, n. 2, p. 82-94, 2013.

BOLLE, S.; GEBREMIKAEL, M. T.; MAERVOET, V.; NEVE, S. Performance of phosphate-solubilizing bacteria in soil under high phosphorus conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, n. 6, p. 705-714, 2013.

BRANCO, S. M.; MURGEL, P. H.; CAVINATTO, V. M. Compostagem: solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 115-122, 2001.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, p. 83-87, 2004.

BULLUCK, L. R.; BROSIUS, M. G.; EVANYLO, K.; RISTAINO, J. B. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. **Applied Soil Ecology**, v. 19, n. 2, p. 147-160, 2002.

CARDOSO, A. A. **Fertilizantes organominerais granulados na produção de mudas de espécies florestais em dois tipos de tubetes**. 2017, 106f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) apresentado a Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

CHAIHARN, M.; LUMYONG, S. Screening and optimization of indole-3-acetic acid production and phosphate solubilization from rhizobacteria aimed at improving plant growth. **Current Microbiology**, v. 62, n. 1, p. 173-181, 2011.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solos com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1161-1164, 2003.

DALCHIAVON, F. C.; RODRIGUES, A. R.; DE LIMA, E. S.; LOVERA, L. H.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo cultivado com soja sob plantio direto. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 2, p. 144-154, 2017.

EIRA, A. F. Solubilização microbiana de fosfatos. In: CARDOSO, E. J.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 243-256.

EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Adubação - resíduos alternativos. Brasília: Embrapa. 2019. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html>. Acesso em 02 jan. 2019.

FERREIRA, E. G.; MELÉM JÚNIOR, N. J.; BRITO, O. R. Biomassa microbiana do solo e produtividade do feijão submetido a diferentes tipos de adubação. In: XVIII EAIC - Encontro Anual de Iniciação Científica, 18., 2009, Londrina. **Resumos...** Londrina; UEL, 2009.

GALBIATTI, J. A.; SILVA, F. G. D.; FRANCO, C. F.; CAMELO, A. D. Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 167-177, 2011.

GASSI, R. P.; ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. D. C.; SCALON, S. D. P. Q.; MATTOS, J. K. D. A. Doses of phosphorus and chicken manure on burdock yield. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 692-697, 2009.

GONZÁLEZ, L. C.; PRADO, R. M.; HERNÁNDEZ, A. R.; ASSIS, L.; CAIONE, G.; MODA, L. R.; SELVA, E. P.; ALMEIDA, H. J. Efecto de la torta del filtro enriquecida con fosfato natural y microorganismos en el suelo y planta en un suelo oxisol. **Centro Agrícola**, v. 40, n. 2, p. 31-37, 2013.

GONZÁLEZ, L. C.; PRADO, R. D. M.; HERNÁNDEZ, A. R.; CAIONE, G.; SELVA, E. P. Use of filter cake enriched with rock phosphate and biofertilizers in a Haplustox soil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p. 135-141, 2014.

HARA, F. A. dos S.; OLIVEIRA, L. A. Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos e álicos de Presidente Figueiredo, Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 34, p.343-357, 2007.

JOSÉ NETO, C. A. **Micro-organismos solubilizadores de fosfato e resíduos agroindustriais na cultura do milho**. 2013. 68 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, 2013.

JUNIOR, E. B. P.; DE OLIVEIRA, F. H. T.; DE OLIVEIRA, F. T.; DA SILVA, G. F.; HAFLE, O. M.; DA CRUZ SILVA, A. R. Adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do feijão-caupi irrigado no município de Sousa–PB. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 1, p. 110-121, 2015.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; WANI, P. A. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture - a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 27, n. 1, p. 29-43, 2007.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Organominerais**. 5 ed, Editora Degaspari, Piracicaba, 2013.

MAGALHÃES, I. D. P. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; DA SILVA, F. D. B.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; LOPES, I. P. C. Produtividade e exportação de nutrientes em feijão-vagem adubado com esterco de galinha. **Revista Ceres**, v. 64, n. 1, p. 98-107, 2017.

MARTINS, D. C.; RESENDE, Á. V.; GALVÃO, J. C. C.; SIMÃO, E. D. P.; FERREIRA, J. P. D. C.; ALMEIDA, G. D. O. Organomineral Phosphorus Fertilization in the Production of Corn, Soybean and Bean Cultivated in Succession. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 10, p. 2407-2421, 2017.

MASSENSINI, A. M.; TÓTOLA, M. R.; BORGES, A. C.; COSTA, M. D. Isolamento e caracterização de bactérias solubilizadoras de fosfato da rizosfera de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 125-134, 2016.

MELO, S. R.; ZILLI, J. É. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, 2010.

MELO, F. B.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Resposta do feijão-caupi à aplicação de fósforo e zinco. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 240-245, 2017.

MIRANSARI, M. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and soil bacteria. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 89, n. 4, p. 917-930, 2011.

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, p. 122-138, 2013.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399p.

OLIVEIRA, J. J. F.; SOUSA, R. F.; CARNEIRO, R. F. V.; FONSECA, J. M. Crescimento inicial de plantas de leucena frente à inoculação micorrízica e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 3, p. 212-220, 2013.

OLIVEIRA, R. L.; QUARESMA, C. C. F.; CASTRO, H. G. C.; LIMA, J. M. P.; MOURA, M. F. V. Determinação de umidade, cinzas e fósforo em quatro variedades de

feijão-caupi. **Revista Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 24-32, 2015.

OLIVEIRA, D. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; MATOS, A. L. I. A.; MAGELA, M. L. M. Organic matter sources in the composition of pelletized organomineral fertilizers used in sorghum crops. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 32, p. 2574-2581, 2017.

OLIVEIRA-LONGATTI, S. M.; MARRA, L. M.; SOARES, B. L.; BOMFETI, C. A.; DA SILVA, K.; FERREIRA, P. A. A.; DE SOUZA MOREIRA, F. M. Bacteria isolated from soils of the western Amazon and from rehabilitated bauxite-mining areas have potential as plant growth promoters. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 30, n. 4, p. 1239-1250, 2014.

ROYO, J. **Fertilizante proveniente da mistura de composto orgânico e fontes minerais mantém a mesma produtividade dos adubos comerciais**. 2010. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21891&secao=Agr otemas>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. **Fixação biológica de nitrogênio**. In: FREIRE FILHO, F. R.; ARAUJO LIMA, J. A.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 279-335.

SÁ, F. V. D. S.; FERREIRA NETO, M.; LIMA, Y. B. D.; PAIVA, E. P. D.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. D. S. Initial development of cowpea plants under salt stress and phosphate fertilization. **Revista Ambiente e Água**, v. 12, n. 3, p. 405-415, 2017.

SAMPAIO, L. S.; BRASIL, E. C. Exigência nutricional do feijão-caupi. In: Congresso Nacional de Feijão-caupi, 2, 2009, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 56-72, 2009, 1 CD-ROM.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. D. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2004.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, Rio de Janeiro-RJ: Embrapa Solos. 2009.

SILVA, E. F. L.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. NUNES, L. A. P. L.; CARNEIRO, R. F. V. Fixação biológica do N₂ em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 3, p. 394-402, 2010.

SILVA, A. C.; CAVALCANTE, A. C. P.; CAVALCANTE, A. G.; NETO, M. A. D. Bactérias fixadoras de nitrogênio e substratos orgânicos no crescimento e índices clorofiláticos de amendoim. **Agropecuária Técnica**, v. 37, n. 1, p. 1-8, 2016.

SILVA, J. A. N.; CECCON, G.; ROCHA, E. C.; SOUZA, C. M. A. Produtividade de feijão-caupi e braquiária com inoculação nas sementes, em cultivo solteiro e consorciado. **Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 44-46, 2017.

SOUSA, W. S.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; BRITO, D. R. S.; MOREIRA, F. M. S. Fontes de nitrogênio e caule decomposto de *Mauritia flexuosa* na nodulação e crescimento de *Enterolobium contortsiliquum*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 969-979, 2013.

SOUSA, W. N.; BRITO, N. F.; SANTOS, F. C.; BARROS, I. B.; DE SOUSA, J. T. R.; FREITAS SIA, E.; REIS, I. M. S. Resposta do feijão-caupi à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum*, adubação nitrogenada e nitrogênio do solo. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 298-308, 2018.

STAMFORD, N. P.; MOURA, A. M. M. F.; SANTOS, K. S.; SANTOS, P. R. Effect of *Acidithiobacillus* on solubilization of natural phosphate in a coastal tableland soil under yam bean (*Pachyrhizus erosus*) crop. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 75-83, 2004.

TAKTEK, S.; TRÉPANIER, M.; SERVIN, P. M.; ST-ARNAUD, M.; PICHÉ, Y.; FORTIN, J. A.; ANTOUN, H. Trapping of phosphate solubilizing bacteria on hyphae of the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* DAOM 197198. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 90, n. 1, p. 1-9, 2015.

VIEIRA, C. R.; MAAS, K. D. B.; WEBER, O. L. S. Influência do substrato orgânico no desenvolvimento inicial de *Combretum imberbe*. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 19 a 22/11/2012. **Anais...** Goiânia: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, p. 1-5, 2012.

ZAIDI, A.; KHAN, M.; AHMED, M.; OVES, M. Plant growth promotion by phosphate solubilizing bacteria. **Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica**, v. 56, n. 3, p. 263-284, 2009.

ZAIDI, A.; KHAN, M. S.; RIZVI, A.; SAIF, S.; AHMAD, B.; SHAHID, M. Role of phosphate-solubilizing bacteria in legume improvement. In: **Microbes for Legume Improvement**. Springer, Cham, p. 175-197, 2017.

ZHANG, W. T.; YANG, J. K.; YUAN, T. Y.; ZHOU, J. C. Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Biology and Fertility of Soils**, v. 44, p. 201-210, 2007.

CAPÍTULO II – INTERAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO EM ORGANOMINERAIS PARA INCREMENTO NA PRODUTIVIDADE E ASSIMILAÇÃO NOS GRÃOS

Resumo: Com este trabalho objetivou-se avaliar a interação de MSF com fertilizantes organominerais, em casa de vegetação, visando incrementar a nutrição e, ou produtividade de feijão-caupi. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no esquema 7 x 3, com cinco repetições, sendo que no primeiro fator, foram considerados os tratamentos de adubação: cama de aviário, dejetos suínos, torta de filtro e fuligem (organominerais), superfosfato triplo com enxofre e superfosfato triplo sem enxofre (fertilizantes químicos industrializados), além do tratamento controle (ausência de fertilizante). Como segundo fator, foram considerados os tratamentos de inoculação: *Bradyrhizobium* sp. SEMIA 6462 (Simbiose Nod Caupi®), inoculação do isolado bacteriano solubilizador de fosfatos MBSF2 e ausência de inoculação. Há incremento na massa seca da parte aérea de feijão-caupi, cultivado com os organominerais testados e o STP, aliados ao micro-organismo solubilizador MBSF2. A massa seca de raízes e o número de nódulos de feijão-caupi são incrementados pela inoculação com o isolado solubilizador de P MBSF2. A produtividade de grãos de feijão-caupi é incrementada com a inoculação do micro-organismo solubilizador de fosfato MBSF2 aliada ao uso de superfosfato triplo.

Palavras-chave: *Bradyrhizobium* spp., fósforo, assimilação.

**INTERACTION BETWEEN P-SOLUBILIZING MICROORGANISMS AND
ORGANOMINERALS TO INCREASE THE COWPEA YIELD IN
GREENHOUSE**

Abstract: This work aimed to evaluate the interaction of P-solubilizing microorganisms associated to organomineral fertilizers, in order to increase the cowpea nutrition and yield under greenhouse conditions. One greenhouse trial was carried out in a randomized complete block design arranged in subdivided plots (7 x 3) with five replicates. The organominerals (poultry litter, swine manure, filter cake and soot from chimneys) as well as triple superphosphate (TSP) with and without sulfur and the control treatment (no fertilizer addition), were considered the primary factor. The secondary factor was constituted by inoculation of *Bradyrhizobium* spp. SEMIA 6462 (Simbiose Nod Caupi®), one P-solubilizing bacteria (MBSF2) as well as no inoculation treatment. The highest shoot dry matter was obtained with all organomineral tested as well as the TSP when MBSF2 was inoculated. The root dry matter and the number of nodules increased by the MBSF2 inoculation. The highest grain yield was recorded with the MBSF2 inoculation combined to TSP addition.

Key words: *Bradyrhizobium* spp., phosphorus, assimilation.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) conhecido regionalmente como feijão-de-corda é uma leguminosa granífera da família Fabaceae, que demonstra importância socioeconômica e cultural no Brasil, sendo o alimento mais acessível para algumas regiões, além empregar muitos trabalhadores agrícolas (Sá et al., 2017). É uma leguminosa de ampla distribuição mundial, principalmente localizada em regiões tropicais como o Brasil, semelhantes ao seu continente de origem, a África (Silva et al., 2017).

A qualidade dos grãos do feijão-caupi é muito importante e um benefício para a saúde do consumidor final, o grão apresenta cerca de 56,8% de carboidratos, 1,3% de gorduras, 3,9% de fibras e 23,4% de lipídeos em média (Oliveira et al., 2015). Essa qualidade e as características são tão importantes quanto sua produtividade, por ser um produto destinado à alimentação humana.

Para maximizar a produtividade desta cultura, fatores bióticos e abióticos são controlados de forma limitada, sendo a disponibilidade de nutrientes o fator mais determinante (Souza et al., 2018), em destaque para o nitrogênio (N) e fósforo (P), bem como o enxofre (S). O suprimento de N pode ser viabilizado por bactérias fixadoras de N e por micro-organismos solubilizadores de fosfatos (MSF) para aumentar o P lábil no solo.

Atualmente, o sistema de produção agrícola mundial é dominado pelo massivo uso de fertilizantes minerais industrializados de alto custo. Como alternativa, os fertilizantes organominerais demonstram, geralmente, características superiores aos fertilizantes minerais industrializados, principalmente na questão ambiental, em decorrência da mistura de uma fração orgânica e mineral, como benefícios na eficiência e evitando perdas (Kiehl, 2013).

Os organominerais são fertilizantes oriundos da mistura física ou combinação de fontes orgânicas e minerais, como restos de culturas, rejeitos de criadouros e subprodutos da indústria (Royo, 2010), sendo uma opção promissora para direcionar e reaproveitar os descartes. A sua formulação é variada, uma vez que é influenciada pela quantidade de resíduos orgânicos e fontes minerais utilizadas na sua composição (Oliveira et al., 2017), mas é necessário observar a legislação (Norma nº 25 do MAPA, de 23 de julho de 2009), além de outras normativas vigentes.

A fonte orgânica dos organominerais serve como uma proteção para a fração mineral e reduz perdas por volatilização e lixiviação, além de aumentar a respiração microbiana (Cardoso, 2017), sendo que a fração orgânica se apresenta como uma fonte de alimento para os micro-organismos. O organomineral tem se mostrado uma solução tecnológica estratégica, do ponto de vista ambiental e agrônomo, pois a combinação de fontes minerais e orgânicas demonstra inúmeros benefícios ao solo, sendo uma boa alternativa para a produção de grãos, tanto pela redução de custos, reaproveitamento e ausência de descarte dos resíduos orgânicos (Silva, 2006; Domingos, 2018). Ao utilizar MSF ou fixadores de N, agrega-se vantagens na absorção e aproveitamento desses nutrientes pelas culturas.

Os MSF desempenham um papel fundamental, provocando mudanças no pH em solo rizosférico e também pela produção de substâncias quelantes que permitem a mobilização do P não lábil em lábil, para permitir a absorção pelas plantas (Selvi et al., 2017). Oliveira-Longatti et al. (2014) relatam que uma bactéria do gênero *Bradyrhizobium*, além de fixadora de N é capaz de solubilizar fosfatos. Além disso, alguns solubilizadores de P também podem disponibilizar S às plantas (Eira, 1992).

O P é um dos principais nutrientes limitantes para a nutrição e produtividade vegetal, embora seja abundante, na forma não lábil, nos solos (Selvi et al., 2017), sendo o P um dos principais nutrientes que afetam diretamente a eficiência da FBN (Araujo et al., 2017). A FBN pode ser uma alternativa estratégica na substituição total ou parcial de fertilizantes nitrogenados (Bonilla e Bolanos, 2009) e fertilizantes organominerais como substitutos de fertilizantes minerais industrializados.

Dessa forma, com este trabalho objetivou-se avaliar a interação de MSF com fertilizantes organominerais, em casa de vegetação, visando incrementar a nutrição e, ou produtividade de feijão-caupi.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (vasos plásticos de 5 L, contendo solo coletado na área do experimento de campo com feijão-caupi) no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, GO, situada na latitude 17° 48' 28" S e longitude 50° 53' 57" O. O clima da região é classificado (Köppen) como Aw (tropical), com temperatura média anual de 27,5°C. Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo para caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química das amostras de solo utilizadas para o cultivo de feijão-caupi em casa de vegetação, Rio Verde, GO.

pH	P	K	S	Al	Ca	Mg	SB	M.O.	V	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	--- mg	dm ⁻³ ----	-----	-----	cmol _c	dm ⁻³ -----	-----	g dm ⁻³	-----	%	-----	-----
5,22	5,65	310	5,05	0,05	4,9	2,1	7,75	49,15	53,5	37,5	8,5	53

A semeadura (5 plantas por vaso) foi realizada em 9 de abril de 2018 e a colheita em 30 de junho de 2018. Uma semana após a emergência, as plantas foram desbastadas, deixando-se duas por vaso. A cultivar de feijão-caupi utilizada foi a BRS Imponente. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no esquema 7 x 3, com quatro repetições, sendo que no primeiro fator, foram considerados os tratamentos de adubação: cama de aviário, dejetos suínos, torta de filtro e fuligem (organominerais), superfosfato triplo com enxofre e superfosfato triplo sem enxofre (fertilizantes químicos industrializados), além do tratamento controle (ausência de fertilizante). Como segundo fator, foram considerados os tratamentos de inoculação: *Bradyrhizobium* sp. SEMIA 6462 (Simbiose Nod Caupi®), inoculação do isolado bacteriano solubilizador de fosfatos MBSF2, pertencente à Coleção de Microorganismos do Laboratório de Microbiologia Agrícola do IF Goiano e ausência de inoculação.

Para padronizar a concentração do inoculante de solubilizador de P, o isolado MBSF2 foi repicado em caldo nutriente por 24 horas. Na sequência, foi coletado 1 mL do inoculante, feitas diluições até 10⁻⁸, plaqueamento e incubação por 5 dias, a 35°C. A densidade óptica (DO) do inóculo foi determinada em espectrofotômetro (DO=1), que corresponde a 3,8 x 10⁶ UFC mL⁻¹. O inoculante fixador de nitrogênio *Bradyrhizobium* (SEMIA 6462), obtido do produto comercial Simbiose Nod Caupi®, foi inoculado na concentração 1 x 10⁹ UFC mL⁻¹.

Os resíduos orgânicos passaram por um processo de compostagem, em que os compostos orgânicos foram secados em estufa, a 65°C, por 7 dias. Após secados, foram triturados e passaram em uma peneira com granulometria de 0,58 mm para serem misturados. O material que não passou na peneira, foi novamente triturado e peneirado, até atingir a granulometria necessária. O superfosfato triplo (STP) e o enxofre (S) também foram triturados e peneirados, seguindo os mesmos procedimentos dos resíduos orgânicos.

As misturas foram nas quantidades de 57% de resíduo orgânico, 38% de STP e 5% de S. Além disso, STP com S foi formulado nas quantidades de 95% de STP e 5% de S, e STP sem S foi formulado com 100% de STP. Todas as fontes de resíduos orgânicos foram incorporadas ao STP. Por fim, foram granulados em um granulador giratório com 46 rpm, que resultou em um produto ideal.

Aos 25 dias após a emergência (DAE) (fase vegetativa) e aos 50 DAE (fase reprodutiva), a partir de 10 plantas colhidas aleatoriamente em cada parcela, foram avaliados: número de nódulos; massa seca de nódulos; massa seca da parte aérea e da raiz (secadas em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas, a 65°C); comprimento de parte aérea e diâmetro de caule. Na colheita, a partir de 10 plantas colhidas aleatoriamente em cada parcela, foram realizadas as seguintes avaliações: número de vagens por planta; número de grãos por vagem; peso de mil grãos; produtividade de grãos a 13% de umidade; teor de N e P em grãos (Silva, 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott (5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi detectada interação entre os fatores: tratamentos de adubação e de inoculação, avaliando-se o comprimento de parte aérea, diâmetro de caule e massa seca da parte aérea (Tabela 2). No comprimento de parte aérea, houve interação entre o organomineral à base de cama de aviário e STP. Especificamente, maiores médias foram detectadas com a inoculação de *Bradyrhizobium* spp. e com o isolado solubilizador de P MBSF2, combinados com as duas fontes de adubação supracitadas (Tabela 2).

Avaliando-se o diâmetro de caule, foram observadas maiores médias nos tratamentos de inoculação na ausência de adubação (Tabela 2). Já em relação à massa seca de parte aérea, maiores médias desta variável foram detectadas nas plantas inoculadas e fertilizadas com organomineral à base de dejetos líquidos de suínos ou cama de aviário (Tabela 2). Não foram observados efeitos para o comprimento da parte aérea das plantas e diâmetro de caule aos 25 DAE, avaliando-se os fatores isolados.

Tabela 2. Comprimento de parte aérea (CPA), diâmetro de caule (DC) e massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos

promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 25 DAE.

Tratamentos de adubação	CPA (cm)			DC (mm)			MSPA (g planta ⁻¹)		
	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.	BRAD.	MBSF2	S/INOC.
DEJETOS	18,6 aA	19,6 aA	17,6 aA	3,9 aA	3,4 aA	3,1 aA	1,6 aA	1,4 aA	1,0 bB
CAMA	20,5 aA	20,3 aA	15,6 aB	4,0 aA	3,9 aA	3,4 aA	1,4 aA	1,7 aA	0,9 bB
TORTA	19,9 aA	20,6 aA	16,6 aA	3,9 aA	3,8 aA	3,6 aA	1,6 aA	1,7 aA	1,3 bA
FULIGEM	18,6 aA	18,0 aA	19,9 aA	3,6 aA	3,3 aA	3,8 aA	1,5 aB	1,2 aB	2,0 aA
STP	19,2 aA	19,0 aA	14,4 aB	3,5 aA	3,8 aA	3,3 aA	1,4 aA	1,4 aA	0,9 bA
STP+S	17,3 aA	19,6 aA	18,4 aA	2,9 aA	3,4 aA	3,6 aA	0,7 bA	1,3 aA	1,1 bA
SADUB.	18,1 aA	20,1 aA	16,3 aA	3,1 aA	3,5 aA	2,5 aB	0,6 bA	0,8 aA	0,5 bA
CV A (%)	35,78			21,72			42,76		
CV B (%)	17,43			19,82			41,89		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, são estatisticamente iguais pelo teste Scott Knott (5%).

Barassi et al. (2008) relatam respostas fisiológicas induzidas por inoculação de *Azospirillum brasilense*, tais como parâmetros fotossintéticos, maior produção de biomassa e aumento na altura da planta. Ferreira et al. (2016) observaram benefícios da inoculação de *Bacillus* sp., micro-organismos solubilizadores de P, fixadores de N e fungo micorrízico arbuscular combinados com fosfato de Araxá. Sousa et al. (2013), ao testar inoculação e sem inoculação com adubação nitrogenada, observaram que a inoculação de diazotróficos resultou em favorecimento da leguminosa *Enterolobium contortisiliquum*.

A massa seca da parte aérea demonstrou efeitos nas interações entre os tratamentos de adubação e de inoculação, principalmente com fertilizantes organominerais à base de dejetos suínos, cama de aviário e fuligem (Tabela 3). Zucareli et al. (2018), em seu trabalho com uma bactéria promotora de crescimento, observaram similaridade do STP com STP + fosfato natural de Gafsa e superioridade em relação aos demais.

Houve interação para a massa seca de raiz, nas inoculações combinada ao organomineral à base de cama de aviário e no micro-organismo solubilizador combinando com STP+S (Tabela 3). Em relação ao número de nódulos houve efeito nas inoculações com *Bradyrhizobium* spp. e com solubilizador de fosfato aliado às adubações, especificamente, as inoculações aliadas com os fertilizantes organominerais

à base de dejetos suínos e cama de aviário e STP (Tabela 3). A massa seca de nódulos demonstrou significância ao interagir com as inoculações de *Bradyrhizobium* spp. e solubilizador de fosfato com as adubações, sendo que houve significância nas inoculações aliadas ao organomineral à base de torta de filtro e STP (Tabela 3). Não foram observados efeitos para a massa seca da raiz para o fator tratamentos de adubação e massa seca de nódulos para o fator de inoculação.

Tabela 3. Massa seca da raiz (MSR), número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, aos 25 DAE.

Tratamentos de adubação	MSR (g planta ⁻¹)			NN (nódulos planta ⁻¹)			MSN (g planta ⁻¹)		
	BRAD.	MBSF2	SINOC.	BRAD.	MBSF2	SINOC.	BRAD.	MBSF2	SINOC.
DEJETOS	0,2 aA	0,1 aA	0,1 aA	46,0 aA	32,8 bB	17,4 aC	0,03 aA	0,04 aA	0,02 aA
CAMA	0,2 aA	0,2 aA	0,1 aB	33,6 aB	51,0 aA	31,4 aB	0,03 aA	0,04 aA	0,03 aA
TORTA	0,1 aA	0,2 aA	0,2 aA	29,6 aA	35,4 bA	21,0 aA	0,05 aA	0,03 aB	0,02 aB
FULIGEM	0,2 aA	0,1 aA	0,2 aA	29,8 aA	30,8 bA	31,4 aA	0,03 aA	0,04 aA	0,04 aA
STP	0,1 aA	0,2 aA	0,1 aA	19,8 bB	31,0 bA	14,6 aB	0,02 bB	0,04 aA	0,02 aB
STP+S	0,1 aB	0,3 aA	0,1 aB	18,8 bA	23,8 cA	21,0 aA	0,01 bA	0,03 aA	0,02 aA
S/ADUB.	0,1 aA	0,1 aA	0,1 aA	8,8 bA	8,2 cA	8,0 aA	0,01 bA	0,00 bA	0,00 aA
CV A (%)	46,94 %			44,97 %			66,81 %		
CV B (%)	54,97 %			49,38 %			71,97 %		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, são estatisticamente iguais pelo teste Scott Knott (5%).

Os tratamentos de inoculação proporcionaram maiores médias, comparados ao controle, variando conforme o tipo de adubação. Segundo Khan et al. (2007), apesar dos micro-organismos demonstrarem capacidade de solubilização em testes de laboratório, é possível observar variações em seu desempenho em ensaios sob casa de vegetação e campo.

No presente trabalho, a inoculação do isolado solubilizador de P foi benéfica. O mesmo ocorreu nos trabalhos de Gomes et al. (2012) e Almeida et al. (2016) na cultura do milho e de Soares et al. (2013), na cultura do sorgo. Tal incremento indica o benefício da disponibilidade de P às raízes. Chagas Junior et al. (2010) testando rizóbios

na cultura do feijão-caupi observaram superioridade de algumas estirpes, bem como aumento do número de nódulos.

Possivelmente, as fontes organominerais favoreceram a atividade microbiana devido ao maior percentual de resíduos orgânicos no solo. Almeida et al. (2013, 2016) recomendam a aplicação de inoculante, aliada à fertilização com organominerais, já que estes últimos melhoram a qualidade física e biológica do solo.

Em relação à interação, para o número de grãos por vagem, houve efeito na inoculação com *Bradyrhizobium* spp. e o tratamento sem inoculação, aliado com organomineral à base de cama de aviário, assim como com STP+S e sem adubação (Tabela 4). Para o número de vagens por planta, o efeito foi detectado para os tratamentos de inoculação, especificamente, quando STP foi adicionado, assim como na ausência de adubação (Tabela 7). Para a massa de mil grãos, houve efeito na inoculação com *Bradyrhizobium* spp. aliada ao organomineral à base de fuligem, assim como de STP combinado a *Bradyrhizobium* spp. e na ausência de adubação (Tabela 4). Não foram observados efeitos para as variáveis massa de mil grãos, avaliando-se os fatores inoculação e adubação. Dentro do fator inoculação, não foi detectado efeito para o número de grãos por vagem e, dentro do fator tratamento de adubação, não foi detectado efeito para o número de vagens por planta.

Tabela 4. Número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP) e massa de mil grãos (MMG) de plantas de feijão-caupi inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, na colheita.

Tratamentos de adubação	NGV (g)			NVP (g)			MMG (g)		
	BRAD.	MBSF2	SINOC.	BRAD.	MBSF2	SINOC.	BRAD.	MBSF2	SINOC.
DEJETOS	2,9 aA	2,4 aA	3,4 aA	2,8 aA	3,8 bA	3,4 aA	292,4 aA	320,4 aA	285,8 aA
CAMA	3,7 aA	1,9 aB	4,0 aA	3,0 aA	3,8 bA	3,2 aA	303,5 aA	322,1 aA	293,1 aA
TORTA	3,0 aA	2,6 aA	2,3 bA	3,6 aA	3,2 bA	3,2 aA	288,7 aA	320,5 aA	282,6 aA
FULIGEM	2,4 aA	2,9 aA	2,3 bA	2,6 aA	3,2 bA	2,8 aA	343,3 aA	302,1 aB	292,8 aB
STP	2,4 aA	3,0 aA	2,8 bA	3,8 aB	6,2 aA	4,0 aB	322,0 aA	224,0 bB	295,2 aA
STP+S	2,7 aB	3,9 aA	2,2 bB	2,6 aA	2,4 bA	3,0 aA	312,2 aA	285,9 aA	298,2 aA
S/ADUB.	3,9 aA	2,6 aB	3,5 aA	2,0 aB	3,4 bA	2,2 aB	306,0 aA	238,5 bB	296,3 aA
CV A (%)	37,41			34,36			16,06		
CV B (%)	36,48			42,41			15,66		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, são estatisticamente iguais pelo teste Scott-Knott (5%).

Em relação ao número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de mil grãos, foram observadas interações nas inoculações com os tratamentos de adubação. Ferreira et al. (2009) reportam o favorecimento das variáveis: número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de mil grãos, a partir do uso de organominerais. Similarmente, Nakayama et al. (2013), na cultura do feijão, observaram superioridade dos organominerais em relação à fonte de adubação mineral industrializada, avaliando-se a massa de mil grãos. Também, Melém Junior et al. (2013) ao testarem adubação orgânica e organomineral, observaram resultados positivos para a massa de mil grãos, assim como para o número de vagens por planta. Zucareli et al. (2018), ao testarem *Bacillus subtilis* no feijão comum, não observaram diferenças em relação a número de vagens por planta.

Coutinho et al. (2014), na cultura do feijoeiro, ao testarem doses de P de STP observaram a efetividade desta adubação. Isto ocorre pela influência do P no incremento da parte aérea da planta, inclusive, em relação ao número de vagens e grãos por vagem (Fageria et al., 2003).

Em relação à produtividade de grãos, houve efeitos nas inoculações ao interagir com STP, além de efeitos nas adubações ao interagir com o isolado solubilizador de P MBSF2. Quanto ao teor de N nos grãos, houve efeitos nas inoculações aliadas ao organomineral à base de torta de filtro (Tabela 5). Não foram observadas diferenças para a produtividade de grãos, teor de N e P grãos para os fatores isolados, sendo que o teor de P não demonstrou diferença também nas interações.

Tabela 5. Produtividade de grãos (PROD) e teor de N de grãos (TNG) de plantas de feijão-caupi, inoculadas com micro-organismos promotores de crescimento vegetal e adubadas com diferentes fertilizantes organominerais e minerais, além da ausência de inoculação e adubação, na colheita.

Tratamentos de adubação	PROD (g vaso ⁻¹)			TNG (mg kg ⁻¹)		
	BRAD.	MBSF2	SINOC.	BRAD.	MBSF2	SINOC.
DEJETOS	2,51 aA	2,76 bA	2,67 aA	54,2 aA	50,0 aA	48,4 aA
CAMA	2,89 aA	2,30 bA	3,18 aA	49,6 aA	53,7 aA	54,3 aA
TORTA	2,78 aA	2,62 bA	2,54 aA	50,1 aB	51,5 aB	56,7 aA
FULIGEM	1,64 aA	2,72 bA	1,99 aA	53,2 aA	50,2 aA	56,0 aA

STP	2,96 aB	4,59 aA	2,51 aB	49,7 aA	46,1 aA	52,1 aA
STP+S	2,22 aA	2,51 bA	2,04 aA	54,4 aA	53,5 aA	56,5 aA
S/ADUB.	2,20 aA	2,33 bA	2,33 aA	52,9 aA	54,9 aA	51,8 aA
CV A (%)	32,82			11,13		
CV B (%)	50,10			9,56		

Médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste Scott-Knott (5%)

A inoculação com o isolado solubilizador de P MBSF2 proporcionou maiores médias que a fertilização com STP e demais tratamentos. Além disso, este isolado proporcionou maiores médias que o tratamento controle sem inoculação e *Bradyrhizobium* spp. Isto pode ser explicado pela liberação rápida de nutrientes pelos adubos minerais, sendo que a parte orgânica do organomineral tendem a atuar a longo prazo, como uma proteção para os nutrientes da base mineral, reduzindo as perdas dos nutrientes (Martins et al., 2017). Além disso, a base orgânica tende a melhorar a eficiência do organomineral e aumentar os efeitos de nutrientes que serão disponíveis para planta (Kiehl, 2013).

Nakayama et al. (2013) e Ferreira et al. (2009) observaram superioridades da adubação organomineral em relação à adubação mineral em relação a produtividade de grãos de feijão comum. Martins et al. (2017), relatam que o fertilizante organomineral à base de cama de aviário e o STP tem desempenho similar entre si, e demonstrou superioridade em relação ao organomineral com STP. Branco et al. (2001) observaram similaridade dos adubos organominerais e minerais entre si e superioridade quando não houve adubação.

Em relação ao teor de N, no presente trabalho, não foi detectado favorecimento da inoculação microbiana. Resultados de superioridade ou similaridade do tratamento controle comparado à inoculação na cultura de feijão-caupi já foram observados em outros trabalhos (Rumjanek et al., 2005; Hara, Oliveira, 2007; Zhang et al., 2007; Melo, Zilli, 2009).

CONCLUSÕES

Há incremento na massa seca da parte aérea de feijão-caupi, cultivado com os organominerais testados e o STP, aliados ao micro-organismo solubilizador MBSF2.

A massa seca de raízes e o número de nódulos de feijão-caupi são incrementados pela inoculação com o isolado solubilizador de P MBSF2.

A produtividade de grãos de feijão-caupi é incrementada com a inoculação do micro-organismo solubilizador de fosfato MBSF2 aliada ao uso de superfosfato triplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, V. S. **Compatibilidade de *Pochonia chlamydosporia* com fertilizante organomineral no manejo de *Meloidogyne javanica* em alface**. 2013, 60 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

ALMEIDA, C. N. S.; SANTOS, F. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; FREITAS, A.; PAIVA, C. A. O. Adubação organomineral em associação com micro-organismos solubilizadores de fósforo no milheto. **Embrapa Milho e Sorgo**, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, v. 107, p. 1-40, 2016.

ARAÚJO, E. O.; GEROLA, J. G.; FERREIRA, C. R. G.; MATTE, L. C. I. Effect of rates and sources of soluble phosphorus on the behavior of cowpea plants inoculated with rhizobacteria from soils of the north region of Brazil. **African Journal of Microbiology Research**, v. 11, n. 42, p. 1544-1550, 2017.

BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L. E.; CASANOVAS, W. M.; PEREYRA, M. A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 49-59.

BONILLA, I.; BOLAÑOS, L. Mineral nutrition for legume-rhizobia symbiosis: B, Ca, N, P, S, K, Fe, Mo, Co, and Ni: A review. In: **Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants**. Springer, Dordrecht, v. 1, p. 253-274. 2009.

BRANCO, S. M.; MURGEL, P. H.; CAVINATTO, V. M. Compostagem: solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 115-122, 2001.

CARDOSO, A. A. **Fertilizantes organominerais granulados na produção de mudas de espécies florestais em dois tipos de tubetes**. 2017, 106f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, L. A. D.; OLIVEIRA, A. N. D.; WILLERDING, A. L. Phosphate solubilizing ability and symbiotic efficiency of isolated rhizobia from Amazonian soils. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 359-366, 2010.

COUTINHO, P. W. R.; SILVA, D. M. S.; SALDANHA, E. C. M.; OKUMURA, R. S.; SILVA JÚNIOR, M. L. Doses de fósforo na cultura do feijão-caupi na região nordeste do Estado do Pará. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 8, n. 1, p. 66-73, 2014.

DOMINGOS, C. F. K.; SCHERRER, M. J. F.; JÚLIO, A. J. J.; ANDRÉ, S. G.; CAMPOS, M. B. Desempenho agrônomo da soja convencional cultivada com fertilizantes organomineral e mineral. **Nucleus**, v. 15, n. 2, p. 301-309, 2018.

EIRA, A. F. Solubilização microbiana de fosfatos. In: CARDOSO, E. J.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 243-256.

EMBRAPA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Adubação - resíduos alternativos**. Brasília: Embrapa. 2019. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html>. Acesso em 02 jan. 2019.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. In: POTAFÓS. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 102, p. 1-9, 2003.

FERREIRA, E. G.; MELÉM JÚNIOR, N. J.; BRITO, O. R. Biomassa microbiana do solo e produtividade do feijão submetido a diferentes tipos de adubação. In: XVIII EAIC - Encontro Anual de Iniciação Científica, 18., 2009, Londrina. **Resumos...** Londrina; UEL, 2009.

FERREIRA, F. N.; RIBEIRO, V. P.; MELO, I. G.; MARRIEL, I. E.; SOUZA, F. A.; OLIVEIRA, C. A. Avaliação do crescimento de milho co-inoculado com micro-organismos solubilizadores de fósforo, fungos micorrízicos e *Azospirillum*. In: **Embrapa Milho e Sorgo - Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.

GOMES, E. A.; OLIVEIRA, C. A.; DIAS, F. E. S.; SANTOS, F. C.; MARRIEL, I. E. Efeito da inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfato sobre o crescimento de milho (*Pennisetum glaucum*) fertilizado com fosfato de rochas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 43, p. 1-24, 2011.

HARA, F. A. dos S.; OLIVEIRA, L. A. Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos e alcalinos de Presidente Figueiredo, Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 34, p.343-357, 2007.

KHAN, M. S.; ZAIDI, A.; WANI, P. A. Role of phosphate solubilizing microorganisms in sustainable agriculture. A review. **Agronomy Sustainable Development**, v. 27, p. 29-43, 2007.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Organominerais**. 5 ed, Editora Degaspari, Piracicaba, 2013.

MARTINS, D.; RESENDE, Á.; GALVÃO, J.; SIMÃO, E.; FERREIRA, J.; ALMEIDA, G. Organomineral phosphorus fertilization in the production of corn, soybean and bean cultivated in succession. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 10, p. 2407-2421, 2017.

MELO, F. B.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Resposta do feijão-caupi à aplicação de fósforo e zinco. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 240-245, 2017.

MELÉM JÚNIOR, N. J.; BRITO, O. R.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; FONSECA, I. C. B.; AGUIAR, S. X. Nutrição mineral e produção de feijão em áreas manejadas com e sem queima de resíduos orgânicos e diferentes tipos de adubação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 7-18, 2011.

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, p. 122-138, 2013.

OLIVEIRA, R. L.; QUARESMA, C. C. F.; CASTRO, H. G. C.; LIMA, J. M. P.; MOURA, M. F. V. Determinação de umidade, cinzas e fósforo em quatro variedades de feijão-caupi. **Revista Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 24-32, 2015.

OLIVEIRA, D. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; MATOS, A. L. I. A.; MAGELA, M. L. M. Organic matter sources in the composition of pelletized organomineral fertilizers used in sorghum crops. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 32, p. 2574-2581, 2017.

OLIVEIRA-LONGATTI, S. M.; MARRA, L. M.; SOARES, B. L.; BOMFETI, C. A.; DA SILVA, K.; FERREIRA, P. A. A.; DE SOUZA MOREIRA, F. M. Bacteria isolated from soils of the western Amazon and from rehabilitated bauxite-mining areas have potential as plant growth promoters. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 30, n. 4, p. 1239-1250, 2014.

ROYO, J. **Fertilizante proveniente da mistura de composto orgânico e fontes minerais mantém a mesma produtividade dos adubos comerciais**. 2010. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21891&secao=Agronomias>. Acesso em: 18 jan. 2018.

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. **Fixação biológica de nitrogênio**. In: FREIRE FILHO, F. R.; ARAUJO LIMA, J. A.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 279-335.

SÁ, F. V. D. S.; FERREIRA NETO, M.; LIMA, Y. B. D.; PAIVA, E. P. D.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. D. S. Initial development of cowpea plants under salt stress and phosphate fertilization. **Revista Ambiente e Água**, v. 12, n. 3, p. 405-415, 2017.

SELVI, K. B.; PAUL, J. J. A.; VIJAYA, V.; SARASWATHI, K. Analyzing the efficacy of phosphate solubilizing microorganisms by enrichment culture techniques. **Biochemistry and Molecular Biology Journal**, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2017.

SILVA, A. J. **Efeito residual das adubações orgânica e mineral na cultura do gergelim (*Sesamum indicum*, L) em segundo ano de cultivo**. 2006. 48f. Dissertação

(Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, Rio de Janeiro-RJ: Embrapa Solos. 2009.

SILVA, J. A. N.; CECCON, G.; ROCHA, E. C.; SOUZA, C. M. A. Produtividade de feijão-caupi e braquiária com inoculação nas sementes, em cultivo solteiro e consorciado. **Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 44-46, 2017.

SOARES, E. A. C.; PAIVA, C.; MATTOS, B.; TEIXEIRA, J.; MARRIEL, I.; SCHAFFERT, R. Resposta de genótipos de sorgo à inoculação com micro-organismos solubilizadores de fósforo. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**, Florianópolis: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013.

SOUSA, W. S.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; BRITO, D. R. S.; MOREIRA, F. M. S. Fontes de nitrogênio e caule decomposto de *Mauritia flexuosa* na nodulação e crescimento de *Enterolobium contortsiliquum*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 969-979, 2013.

SOUSA, W. N.; BRITO, N. F.; SANTOS, F. C.; BARROS, I. B.; SOUSA, J. T. R.; FREITAS SIA, E.; REIS, I. M. S. Resposta do feijão-caupi à inoculação de *Bradyrhizobium japonicum*, adubação nitrogenada e nitrogênio do solo. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 298-308, 2018.

VIEIRA, C. R.; MAAS, K. D. B.; WEBER, O. L. S. Influência do substrato orgânico no desenvolvimento inicial de *Combretum imberbe*. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 19 a 22/11/2012. **Anais...** Goiânia: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, p. 1-5, 2012.

ZHANG, W. T.; YANG, J. K.; YUAN, T. Y.; ZHOU, J. C. Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Biology and Fertility of Soils**, v. 44, p. 201-210, 2007.

ZUCARELI, C.; BARZAN, R. R.; SILVA, J. B. D.; CHAVES, D. P. Association of phosphates and inoculation with *Bacillus subtilis* and its effect on the growth and productive performance of common bean. **Revista Ceres**, v. 65, n. 2, p. 189-195, 2018.

CONCLUSÃO GERAL

Fertilizantes organominerais formados por cama de aviário, dejetos suínos, torta de filtro ou fuligem favorecem a nutrição, o crescimento e a produtividade de feijão-caupi em solo de Cerrado.

A inoculação com *Bradyrhizobium* spp. e com o solubilizador de fosfato MBSF2, aliada ao uso de organominerais, favorece o crescimento e a produtividade de feijão-caupi.

O isolado solubilizador de fosfato MBSF2, aliado ao fertilizante superfosfato triplo, favorece a produtividade de feijão-caupi.