

LAÍS VELOSO FEBRONI

**USO DE AMINOÁCIDOS E BIOSSÓLIDO NA SUBSTITUIÇÃO DO NITROGÊNIO
NA CULTURA DO FEIJOEIRO**

Botucatu

2022

LAÍS VELOSO FEBRONI

**USO DE AMINOÁCIDOS E BIOSSÓLIDO NA SUBSTITUIÇÃO DO NITROGÊNIO
NA CULTURA DO FEIJOEIRO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Irrigação e Drenagem.

Orientador(a): Hélio Grassi Filho

Botucatu

2022

F289u

Febroni, Laís Veloso

Uso de aminoácidos e biossólido na substituição do nitrogênio na cultura do feijoeiro / Laís Veloso Febroni. — Botucatu, 2022

75 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Hélio Grassi Filho

1. adubação nitrogenada. 2. subprodutos na agricultura. 3. nutrição de plantas. 4. feijão-comum. 5. fertirrigação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

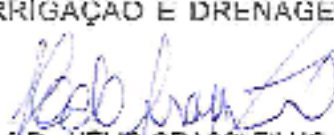
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: USO DE AMINOÁCIDOS E BIOSSÓLIDO NA SUBSTITUIÇÃO DO NITROGÊNIO NA CULTURA DO FEJOEIRO

AUTORA: LAÍS VELOSO FEBRONI

ORIENTADOR: HÉLIO GRASSI FILHO

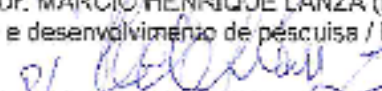
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO (Participação Virtual)
Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. MÁRCIO HENRIQUE LANZA (Participação Virtual)
Solos e desenvolvimento de pesquisa / Faculdade Eduvale de Avaré



Prof. Dr. THOMAZ FIGUEIREDO LOBO (Participação Virtual)
Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas / Universidade Sagrado Coração

Botucatu, 23 de fevereiro de 2022

*Aos meus amados pais,
Regina e Luiz Gonzaga,
por acreditarem nos meus sonhos
dedico*

AGRADECIMENTOS

Ao bondoso Deus por ser fonte inesgotável de amor, força e misericórdia e por me manter firme em meu propósito.

Aos meus pais, Luiz Gonzaga e Regina Maria, por nunca medirem esforços para me proporcionar uma boa educação, a vocês todo meu amor e gratidão.

Aos meus sobrinhos/afilhados, Dafny e Luis Pedro, por serem fonte de amor que me ensinam a ser melhor todos os dias, que mesmo na distância e ainda tão pequenos, me mostraram que o amor supera qualquer quilometragem, a vocês todo meu amor.

Ao meu irmão, Luiz Carlos, e minha cunhada, Franciely, por todo acolhimento e compreensão e por terem confiado a mim a dádiva de ser madrinha de seus filhos, a vocês toda minha gratidão.

Aos meus demais familiares, em especial a Paola, por sempre partilharem a vida comigo, a vocês todo meu amor.

À UNESP, por meio do programa de pós-graduação em agronomia: irrigação e drenagem pela oportunidade de me qualificar e me tornar uma profissional melhor.

Ao meu orientador, professor Dr. Hélio Grassi Filho, por todo acolhimento, conhecimento e toda compreensão, a você minha gratidão.

As minhas amigas Alana, Letícia e Nathalie, que se tornaram minha família em Botucatu, por todo acolhimento e por tornarem a vida mais leve, a vocês toda minha gratidão.

Ao meu amigo Anderson por todo companheirismo, acolhimento e amor, obrigada por tornar a caminhada mais leve e segura, a você minha admiração e gratidão.

A todos meus colegas da FCA, em especial a Ana Paula, por toda sua paz, compreensão e conhecimento, a você toda minha admiração e gratidão.

Ao meu estagiário Matheus, por sempre está disponível e me ajudar na condução do experimento.

À Ane, por me ensinar o dom de se acolher, sendo uma pessoa fundamental para minha evolução quanto ser humano nesses últimos dois anos, a você toda minha gratidão.

Aos meus amigos da UFV, em especial a Elisa, Larissa e Matheus por toda troca durante esses anos, a vocês meu amor.

Aos funcionários do departamento de Ciência Florestais, Solo e Ambiente, em especial a Adriana e o Antônio, por toda ajuda e cuidado durante esses dois anos.

Ao professor Márcio Lanza pela disponibilidade em ajudar, sempre que necessário, o meu muito obrigada.

Aos professores Luís Roberto por me ajudar no desenvolvimento estatístico do trabalho, o meu muito obrigada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

“[...] a coragem começa a abrir caminho quando nos mostramos e nos permitimos ser vistos”.

BROWN, B. **A coragem de ser imperfeito**. Tradução de Joel Macedo. Rio de Janeiro: Sextante, 2016. p. 26.

RESUMO

O uso de diferentes fontes de adubação nitrogenada é, historicamente, importante na agricultura. Atualmente com a necessidade de aumento de produtividade, junto a busca por maior autonomia na fabricação de fertilizantes no Brasil e a necessidade preservação dos recursos ambientais, investigar o uso de fontes alternativas e sua eficácia na produção, bem como mensurar os seus impactos no solo possuem relevância no cenário agrícola. À vista disso, no presente trabalho objetivou-se utilizar fertilizante à base de aminoácidos e biossólido na adubação nitrogenada do feijão comum carioca IAC Imperador, sob diferentes doses de adubação de cobertura. A pesquisa foi conduzida em ambiente protegido, túnel plástico, na FCA/UNESP de Botucatu SP, sob o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2 com dois adicionais (controles positivo e negativo), sendo os tratamentos: T1: dose de 100% N, suprida por aminoácidos; T2: dose de 100%, suprida por metade aminoácidos, metade biossólido; T3: dose de 125% N, suprida por aminoácidos; T4: dose de 125%, suprida por metade aminoácidos, metade biossólido; T5: dose de 150% N, suprida por aminoácidos; T6: dose de 150%, suprida por metade aminoácidos, metade biossólido; T7: dose de 100% N, suprida por ureia; T8: sem adubação nitrogenada. A aplicação dos aminoácidos e da ureia foi por fertirrigação, tanto na adubação de plantio, como na de cobertura, sendo as doses de cobertura dividida em três aplicações, nos estádios fisiológicos V3, V4 e R5 do feijoeiro. Já o biossólido foi aplicado no solo, junto com P e K, antes do plantio. Foram avaliadas as variáveis biométricas (altura da planta, diâmetro do caule, números de folhas, área foliar e matéria seca da parte área) e a diagnose foliar (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) no início do florescimento pleno, já no fim do experimento avaliou-se as variáveis de produção (número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos), produtividade e análise química do solo (P, K, Na, Ca, Mg, Al, H+Al, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, pH, MO, CE, do SB, V%, CTC). Conclui-se, que a aplicação de aminoácido via solo foi eficiente na nutrição das plantas, sobretudo quando utilizada junto ao biossólido, mostrando-se um potencial fonte de adubação nitrogenada na agricultura, com resultados equivalentes a adubação mineral com ureia e, ainda não foi observado efeitos deletérios ao solo.

Palavras-chave: adubação nitrogenada; subprodutos na agricultura; nutrição de plantas; feijão-comum; fertirrigação.

ABSTRACT

The use of different sources of nitrogen fertilization is historically important in agriculture. Currently, with the need to increase productivity, together with the search for greater autonomy in the manufacture of fertilizers in Brazil and the need to preserve environmental resources, investigating the use of alternative sources and their effectiveness in production, as well as measuring their impacts on the soil have relevance in the agricultural scenario. In view of this, the present work aimed to use fertilizer based on amino acids and biosolid in nitrogen fertilization in common bean carioca IAC Imperador, under different doses of topdressing fertilization. The research was carried out in a protected environment, in a plastic tunnel, at the FCA/UNESP in Botucatu-SP, under a completely randomized design in a 3 x 2 factorial scheme with two additional ones (positive and negative controls), being the treatments: T1: dose of 100% N, supplied by amino acids; T2: 100% dose, supplied by half amino acids, half biosolid; T3: 125% N dose, supplied by amino acids; T4: 125% dose, supplied by half amino acids, half biosolid; T5: 150% N dose, supplied by amino acids; T6: 150% dose, supplied by half amino acids, half biosolid; T7: dose of 100% N, supplied by urea; T8: without nitrogen fertilization. The application of amino acids and urea was carried out by fertigation, both in the planting fertilization and in the coverage, with the coverage rates divided into three applications, in the physiological stages V3, V4 and R5 of the common bean. The biosolid was applied in the soil, along with P and K, before planting. The biometric variables (plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area and dry matter of the part area) and the leaf diagnosis (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) at the beginning of full flowering were evaluated, at the end of the experiment the production variables were evaluated (number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains), yield and soil chemical analysis (P, K, Na, Ca, Mg, Al, H+Al, S, B, Cu, Fe, Mn , Zn, pH, MO, EC, of SB, V%, CTC). It is concluded that the application of amino acid in soil was efficient in plant nutrition, especially when used with biosolids, showing a potential source of nitrogen fertilization in agriculture, with results equivalent to mineral fertilization with urea, and it has not yet been deleterious effects on the soil were observed.

Keywords: nitrogen fertilization; by-products in agriculture; plant nutrition; common bean; fertigation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área experimental	33
Figura 2 - Croqui área da área experimental.....	35
Figura 3 – Teste de uniformidade do sistema de irrigação.....	36
Figura 4 – Medidor digital de temperatura e Umidade relativa do ar.....	37
Figura 5 – Variáveis climáticas no período experimental.....	38
Figura 6 – Desbaste do ensaio no 7° DAE.....	42
Quadro 1 – Caracterização das propriedades físicas do solo	34
Quadro 2 - Tratamentos experimentais.....	34
Quadro 3 – Análise química e de condutividade elétrica do solo antes do período experimental.....	39
Quadro 4 – Características químicas do bio sólido (BIO)	41
Quadro 5 – Caracterização dos aminoácidos	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Altura foliar (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) do feijão- comum sob diferentes doses e fontes de N.....	49
Tabela 2 – Médias de número de vagens por planta (NVPP), número de grãos por vagens (NGPV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade (PROD.) do feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N.....	51
Tabela 3 – Médias de produtividade (PROD.) do feijão- comum sob diferentes doses e fontes de N.....	52
Tabela 4 – Teores médios dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S para as folhas do feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N.....	54
Tabela 5 – Teores médios dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn para as folhas do feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N).....	55
Tabela 6 – Desdobramento das interações para exportação de macronutrientes para N, P, K, Mg, S e Ca em feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N.....	57
Tabela 7 – Desdobramento das interações para exportação de micronutrientes para B, Cu, Fe, Mn e Zn em feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N.....	59
Tabela 8 – Desdobramento das interações dos teores no solo de macronutrientes para P, K, Mg, S e Ca em feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N...	61
Tabela 9 – Desdobramento das interações dos teores no solo de macronutrientes para B, Cu, Fe, Mn e Zn em feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N.....	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Objetivos	23
1.1.1	Objetivo Geral	23
1.1.2	Objetivos Específicos.....	23
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	24
2.1	Importância do cultivo do feijão-comum	24
2.1.1	Feijão-comum carioca IAC Imperador	26
2.2	Adubação Nitrogenada.....	27
2.3	Aplicação de aminoácidos na agricultura	28
2.4	Aplicação de biossólido na agricultura	30
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1	Localização e descrição da área experimental	33
3.2	Delineamento e caracterização do experimento	34
3.3	Sistema e manejo da irrigação	35
3.4	Instalação e condução do experimento.....	38
3.5	Parâmetros avaliados.....	44
3.5.1	Análises de biométricas.....	44
3.5.2	Diagnose foliar	45
3.5.3	Componentes de produção	45
3.5.4	Parâmetros nutricionais dos grãos.....	46
3.5.5	Análise química do solo.....	46
3.5.6	Análises estatísticas.....	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1	Variáveis de biométricas.....	48
4.2	Variáveis de produção e produtividade	49
4.3	Diagnose foliar	53
4.3.1	Macronutrientes.....	53
4.3.2	Micronutrientes.....	55
4.4	Exportação de nutrientes nos grãos.....	56
4.4.1	Macronutrientes.....	56
4.4.2	Micronutrientes.....	58
4.5	Análise química do solo.....	60
4.5.1	Macronutrientes.....	61
4.5.2	Micronutrientes.....	62
4.6	Considerações Finais.....	64
5	CONCLUSÕES	66
	REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

O uso de fertilizantes na agricultura é uma prática essencial para a manutenção da atividade agrícola no mundo, uma vez que melhora a fertilidade do solo e a nutrição das plantas, o que possibilita obter elevada produtividade para suprir a crescente demanda por alimentos. Nesse contexto, o Brasil, que é uma potência agrícola, é o quarto maior consumidor de fertilizante do mundo, estando atrás apenas da China, Índia e Espanha (SAE, 2021), o que se deve a elevada área agricultável no país, bem como a baixa eficiência no uso de fertilizantes pelas culturas (FRAZÃO et al., 2014).

Os macronutrientes NPK são os mais aplicados, dentre eles o N é o nutriente mais requerido pelas plantas, pois é constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, coenzimas, ácidos nucléicos, citocromos e clorofila, o que torna tal elemento limitante para o crescimento e desenvolvimento vegetal (TAIZ et al., 2017). Além de ser um nutriente essencial à planta, o N é encontrado naturalmente em baixos teores no solo, o que torna indispensável o uso de adubos nitrogenados.

Os adubos nitrogenados de origem mineral são largamente empregados no mundo, dentre esses destaca-se o uso da ureia (DIAS, 2018). No entanto, a produção desses fertilizantes envolve grandes custos, pois cerca de 50% da energia utilizada na agricultura está atrelada a sua produção, distribuição e aplicação. Atrelado ao consumo energético, outra preocupação é a emissão de gases de efeito estufa na produção desses fertilizantes, como o CO₂, uma vez que compostos nitrogenados minerais resultam da amônia, gerada no processo Haber-Bosch, o qual utiliza o N₂ do ar e o H proveniente da queima de combustíveis fósseis (TAIZ et al., 2017; RAVEN et al., 2007; VIEIRA, R., 2017).

Além da questão ambiental envolvida, no Brasil há dependência da importação de mais de 80% dos fertilizantes (NPK) consumidos no país. Esse aumento de importação acompanha a expansão agrícola do país, assim para suprir tal demanda espera-se que as inovações tecnológicas das indústrias, bem como uso fertilizantes de origem biológica e de micronutrientes, devem impulsionar o mercado bilionário dos fertilizantes (SAE, 2021). Nesse cenário, o Brasil implementou o Plano Nacional de Fertilizantes por meio do Decreto 10.991 de 2022, visando aumentar a produção nacional desses compostos e, com isso, diminuir a importação e aumentar a competitividade do agronegócio do país.

O relatório da FAO (2018) enfatiza a limitação do crescimento da produção agrícola pela qualidade dos recursos ambientais, como solo e água, investir em alternativas de aumento de produção, que sejam mais sustentáveis é de suma importância para o desenvolvimento agropecuário. Assim, variar a fonte de adubação nitrogenada buscando alternativas sustentáveis, através de subprodutos de processos de potencial agrícola como o bio sólido, subproduto de tratamento de esgotos; e os aminoácidos, gerados a partir de restos animais, se torna importante para o cenário atual.

O bio sólido possui características interessantes para fertilização e condicionamento do solo, destacando-se à presença de N no bio sólido advindo de efluente doméstico, o qual é muito utilizado no meio científico. No entanto, ao trabalhar com esse tipo de material deve-se atentar a presença de patógenos e aos metais pesados, sendo necessário análises antes de sua aplicação no solo e monitoramento (CONAMA 498, 2020). A presença de patógeno implica na contaminação do usuário dos alimentos, sobretudo nos ingeridos crus, já com os metais pesados deve-se atentar com a possibilidade de entrarem na cadeia trófica (BETTIOL; CAMARGO, 2006; GALDOS et al., 2004; SILVA et al., 2006).

Já os fertilizantes a base de aminoácidos, embora sejam cada vez mais encontrados no mercado, geralmente, são usados com outros compostos, desse modo há poucos dados científicos sobre os efeitos desses aminoácidos nas plantas. Além disso, normalmente, utiliza-se tais fertilizantes via foliar, a fim de obter uma fertilização auxiliar à planta. Tal prática, faz com que os dados de aplicação destes compostos via solo, seja ainda mais carente na comunidade científica (CASTRO e CARVALHO, 2014; SOURI, 2016).

Diante da necessidade de variar as fontes nitrogenadas na adubação, dados científicos com a utilização de aminoácidos via solo na nutrição das plantas, junto a aplicação de bio sólido, possibilita uma nova alternativa para fertilização do solo e nutrição de plantas. À vista disso, o presente estudo utilizou o feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) carioca IAC Imperador, a escolha da cultura pela sua importância na alimentação dos brasileiros e a cultivar por ser de ciclo precoce, sob adubação com aminoácidos e aminoácidos junto bio sólido, utilizando como nutriente limitante o nitrogênio.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho agronômico do feijão-comum carioca IAC Imperador sob diferentes doses de aminoácidos ou de aminoácidos junto ao biossólido, na substituição da adubação de cobertura nitrogenada mineral (convencional), bem como comparar tal desempenho com a adubação convencional e com a não aplicação de nitrogênio.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar variáveis biométricas e nutrição do feijoeiro no estágio de florescimento pleno (R6);
- Avaliar os componentes de produção e produtividade dos grãos ao fim do ciclo da cultura;
- Avaliar a exportação de nutrientes nos grãos;
- Avaliar as alterações nas características químicas do solo após os tratamentos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância do cultivo do feijão-comum

O feijão-comum é um dos principais alimentos na dieta dos brasileiros, principalmente por ser fonte de proteína vegetal, carboidratos, fibra, potássio, tiamina, vitamina B6 e ácido fólico, os quais são importantes na alimentação humana (BORÉM; CARNEIRO, 2006; GARDEN-ROBINSON; MCNEAL, 2013). Os subprodutos do feijoeiro, como caule, vagens secas e folhas possuem valor agregado, podendo ser usados na alimentação animal (PIELTAIN et al., 1996).

À vista disso, essa leguminosa possui grande relevância no cenário agrícola do país, onde a demanda por feijão do tipo comum e Caupi, segundo a CONAB (2021), na safra 2020/2021, foi de 2.900 toneladas, enquanto a produção foi de 2.856,1 toneladas em uma área de 2.923,3 hectares. Tal área está espalhada em todas os biomas brasileiros, de norte a sul (SNAK; SALINAS, 2020), com destaque para os estados São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso na produção do feijoeiro-comum (CONAB, 2021). O que confere ao Brasil a quarta colocação na produção mundial de feijão, estando atrás da China, Índia e Myanmar (ARAGÃO; CONTINI, 2021).

O feijoeiro é uma cultura de ciclo curto, o qual possui no Brasil um ano-safra dividido em 3 épocas distintas de plantio, sendo elas: primeira safra, plantio entre agosto e dezembro (águas); segunda safra, entre janeiro e abril (seca); e terceira safra, de maio a julho (inverno) (CONAB, 2021). Atrelado a época de plantio deve-se buscar condições climáticas adequadas de temperatura e pluviosidade, considerando-se como faixa ideal de temperatura durante o ciclo vegetativo do feijão, na América Latina, entre 17,5 a 25 °C, com a temperatura em torno de 21 °C no período de floração (MARIOT et al., 2006).

A preocupação com a temperatura está atrelada ao fato de que elevadas temperaturas (30 a 40°C) afeta o pegamento das vagens, provocando baixa produtividade, enquanto baixas temperaturas podem causar o retardamento do desenvolvimento do ciclo vegetativo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2005). Já, no que diz respeito a demanda hídrica, para um ciclo entre 60 a 120 dias, a cultura demandará entre 300 a 500 mm de água para obter elevada produtividade (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

A planta de feijão possui partes distintas, que são melhor observadas nos últimos estádios fenológicos, como raiz, caule (haste principal), folhas e hastes auxiliares, flores, frutos e sementes (GAVILANES, 1995). As raízes não são profundas, localizadas, geralmente, nos primeiros 20 cm do solo, de modo que 62 a 87% das raízes estão em uma camada ainda mais superficial do solo, a 10 cm de profundidade (VIEIRA, C., 1967). O que torna a planta muito sensível a falta de água, assim um manejo da irrigação com menor turno de rega é interessante no cultivo do feijoeiro irrigado (SANTOS; GALVILANES, 2006).

O feijão-comum é uma das espécies de maior variabilidade no que diz respeito as características agrônômicas, como hábito de crescimento, tamanho e cor dos grãos e duração do ciclo (SANTOS; GALVILANES, 2006). Desses, o hábito de crescimento é determinante na caracterização das diferentes cultivares, os quais podem ser de crescimento determinado, plantas com inflorescência no ápice da haste principal e laterais; e indeterminado, plantas que possuem meristema vegetativo no ápice da planta (haste principal e laterais), o que permite o seu crescimento após o florescimento. Assim, o feijoeiro é classificado em 4 grandes tipos de hábitos crescimento: tipo I, determinado arbustivo; tipo II, indeterminado arbustivo; tipo III, indeterminado prostado; e tipo IV, indeterminado trepador (SANTOS et al., 2015).

A escala de desenvolvimento do feijoeiro é dividida nas fases vegetativas e reprodutivas, essas são subdivididas em dez estádios fenológicos (OLIVEIRA et al., 2018). A fase vegetativa é constituída pelos estádios:

- V0 – germinação, se dá do dia da semeadura em solo úmido até o surgimento dos cotilédones no solo;
- V1 – emergência, quando 50% dos cotilédones são visíveis no solo, terminando no surgimento e separação das folhas primárias;
- V2 – folhas primárias, ocorre quando há abertura e crescimento das folhas primárias, tendo seu fim quando a primeira folha trifoliada se abre;
- V3 – primeira folha composta aberta, quando a primeira folha trifoliada se encontra plenamente expandida, terminando quando ocorre a abertura da terceira folha trifoliada;
- V4 – terceira folha trifoliada aberta, início quando a terceira trifoliada se encontra completamente expandida até o surgimento dos primeiros botões florais.

Já a fase reprodutiva, divide-se em:

- R5 – pré-floração, quando os primeiros botões florais surgem, se dando até o início do florescimento;
- R6 – florescimento, quando 50% das plantas possuem as flores abertas até a 100% das plantas estiverem com as flores abertas;
- R7 – formação de vagens, quando as vagens começam a crescer até atingirem seu comprimento máximo;
- R8 – enchimento de vagens – se inicia com o enchimento dos grãos, sendo que no fim de sua fase as folhas começam a cair e as vagens mudam de cor;
- R9 – maturação, quando as vagens começam a secar.

As diversas cultivares buscam aumento da produtividade sob as diferentes condições climáticas e solos em diversos países, e no caso do Brasil nas diferentes regiões, a fim de garantir a segurança alimentar mundial. Além das condições climáticas, outro fator importantíssimo para garantir boa produtividade é a adubação, uma vez que a baixa fertilidade do solo, característica dos solos brasileiros, e a falta de adubação adequada, causam baixo rendimento da cultura (SILVA et al., 2016). Destaca-se, ainda, que a necessidade de nutrientes prontamente disponíveis em culturas de ciclo curto, como o feijoeiro, o que demanda atenção e conhecimento das necessidades nutricionais da planta para elevadas produtividades (LACERDA et al., 2019).

2.1.1 Feijão-comum carioca IAC Imperador

O feijão-comum carioca IAC Imperador é uma cultivar desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a qual se caracteriza por ser uma planta de ciclo precoce, em torno de 75 dias, com elevado potencial produtivo de 4.600 kg ha⁻¹. Além disso, possui resistência ao *Fusarium oxysporum* e antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*).

Nos ensaios de Validade de Cultivo e Uso (VCU), realizados no estado de São Paulo, as produtividades médias foram de 2.132 kg ha⁻¹, 2.146 kg ha⁻¹ e 2.521 kg ha⁻¹ para os períodos das águas, da seca e de inverno, respectivamente (IAC, 2021). Em estudos realizados por Aires (2014) com diferentes doses de N, encontrou-se produtividade de 2.653 a 3.242 kg ha⁻¹ para o período de seca, já para o período das

águas tal produção foi de 3.309 a 3.552 kg ha⁻¹. Enquanto, Guidorizzi (2019) obteve produtividade em torno de 2.200 e 2.500 kg ha⁻¹ na safra das águas dos anos de 2016 e 2017, respectivamente.

2.2 Adubação Nitrogenada

O solo, predominantemente, é o local de onde as plantas absorvem os nutrientes essenciais, dentre esses destaca-se o nitrogênio que é considerado o mais requerido por elas. E, que, apesar de ser encontrado em grandes quantidades na atmosfera terrestre, no solo encontra-se em baixos teores, o que o torna um fator limitante para o crescimento das plantas, uma vez que é componente de aminoácidos, amidas, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, citocromos e da clorofila (TAIZ et al., 2017; RAVEN et al., 2007). Por isso, a adubação nitrogenada é de suma importância na agricultura.

O N é um nutriente de grande mobilidade, além de possuir um ciclo biogeoquímico dinâmico, o qual possibilita perdas seja na forma de gás (volatilização e desnitrificação), lixiviação, escoamento superficial e erosão. Devido a essa característica, dificilmente, as plantas aproveitam mais do que 60% do N adicionado ao solo (HAUCK, 1985; VIEIRA, R., 2006.). Desse modo, as plantas podem sofrer déficit desse nutriente e ter suas funções fisiológicas como divisão e expansão celular, área foliar e taxa de fotossíntese comprometidas (TAIZ et al., 2017), bem como a difusão de CO₂, uma vez que há aumento da resistência do mesófilo e diminuição da resistência dos estômatos em plantas sob déficit de N (RYLE; HESKETH, 1969). A reposição de N no solo pode ser através de matéria orgânica, adubos nitrogenados orgânicos ou minerais, resíduos de culturas antecessoras, além da reposição via fixação de N atmosférico mediante a simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* no sistema radicular de leguminosas (KLUTHCOUSKI et al., 2006; SOUZA et al., 2011). Tal reposição de N deve ser adequada, para promover o pleno crescimento da área foliar e sementes com um alto teor de proteína (MALAVOLTA et al., 1997), destaca-se ainda que em desequilíbrio, em relação aos demais nutrientes, as plantas estão suscetíveis ao ataque de pragas e doenças (MALAVOLTA, 2006), o que pode atrasar o ciclo vegetativo.

O feijão-comum é exigente em nutrientes, uma vez que é uma planta de ciclo curto e raízes presentes nas primeiras camadas do solo, o que torna necessário a

presença de nutrientes prontamente disponíveis nos estádios fisiológicos de maior demanda (SILVA; SILVEIRA, 2000). O N, em especial, é requerido pelo feijoeiro durante todo o ciclo vegetativo, porém sua maior demanda é nas fases de florescimento e enchimento de grãos, uma vez que possui vagens e grãos se desenvolvendo simultaneamente (PORTES, 1996; SORATTO et al., 2013).

O feijoeiro se caracteriza por ser uma planta leguminosa, sendo assim parte de sua demanda de nitrogênio é suprida por simbiose com bactérias *Rhizobium*, porém para alcançar elevadas produtividades há necessidade de adubação complementar de N (SILVEIRA et al., 2003; BRITO et al., 2011). Além disso, aproximadamente, 50% do N absorvido pela planta é exportado para o grão, o que torna a deficiência desse nutriente frequente (OLIVEIRA et al., 1996; SORATTO et al., 2013).

A adubação nitrogenada de cobertura é considerada a forma mais eficaz de fornecer N complementar ao feijoeiro, porém é importante ressaltar que as respostas das doses de tal adubação, no feijoeiro-comum, está atrelada a fatores como condições químicas, físicas e biológicas do solo, da fonte e forma de aplicação, bem como a variedade utilizada (AIRES, 2014).

À vista disso, muitos trabalhos na literatura destacam a importância da adubação nitrogenada de cobertura no feijão, como Oliveira et al. (2010), que alcançaram maior produtividade aplicando 100 kgN ha^{-1} ; Cunha et al. (2011), com maior produção de grãos com doses entre 150 e 160 kgN ha^{-1} ; Aires (2014), que obteve maior produtividade em diferentes cultivares de feijão comum na safra das águas com 140 kgN ha^{-1} ; e Rosa et al. (2020) que obtiveram maiores produtividades com as doses de 120 e 240 kgN ha^{-1} .

2.3 Aplicação de aminoácidos na agricultura

Os aminoácidos são moléculas orgânicas, que possuem a estrutura de um carbono central ligado a um grupamento carboxila, amino e a um átomo de hidrogênio, bem como a um radical "R", o que diferencia os aminoácidos entre si. Nas plantas, as funções desses compostos estão relacionadas com a síntese de proteínas, precursores hormonais, efeito complexante em nutrientes e em outros agroquímicos e maior resistência ao estresse hídrico, térmico e ao ataque de pragas e doenças (CASTRO; CARVALHO, 2014).

Devido ao efeito complexante dos aminoácidos, há no mercado alguns fertilizantes a base desses, os quais possuem micronutrientes e as vezes macronutrientes (SOURI, 2016). Considera-se, que esse tipo de fertilizante pode facilitar a absorção e translocação dos nutrientes na planta (ATILIO; CAUSIN, 1996), sendo considerando uma forma mais adequada de absorção e assimilação de nitrogênio nas plantas (GE et al., 2009). Além disso, a absorção de aminoácidos melhora a eficiência do nitrogênio e de macronutrientes (MARSCHNER, 1995; MILLER; CRAMER, 2005) sendo estes absorvidos pelo sistema radicular ou foliar.

Alguns estudos evidenciam uma melhor absorção de nutrientes nas plantas, através da aplicação de fertilizantes a base de aminoácidos via foliar ou via solo, quando comparado aos fertilizantes químicos convencionais (GHASEMI et al., 2012; GHONAME et al., 2012; GARCIA et al., 2011). Além disso, outros trabalhos destacam melhor crescimento, rendimento e qualidade em plantas que utilizam aminoácidos na sua nutrição, até mesmo quando se comparado com os quelatos sintéticos, como EDTA - Ethylenediamine tetraacetic acid- (MU JIE et al., 2008; GHASEMI et al., 2014).

Dentre os macronutrientes presente nos aminoácidos, destaca-se o nitrogênio, o qual é de suma importância para o desenvolvimento agrícola, ainda mais em solos de baixa fertilidade como os solos brasileiros. Assim, os fertilizantes a base de aminoácidos, que possuem entre 2 a 20% de nitrogênio, são uma alternativa de suplementação da necessidade deste macronutriente à planta (SOURI, 2016). Ainda, de acordo com Raven et al. (2007) fontes de nitrogênio orgânico podem ser prontamente absorvidas pelas plantas na forma de aminoácidos, crescendo de forma mais rápida do que na presença de N inorgânico, como ocorre no Ártico. Os autores, ainda destacam, que aminoácidos podem ser absorvidos e incorporados ao metabolismo da planta, de modo a reduzir a transformação de nitrogênio nítrico e amoniacal em aminoácidos.

A maioria dos estudos envolvendo aminoácidos são com aplicação foliar, por ser considerado uma forma de recuperação rápida e eficiente da folha (SOURI, 2015), melhor composição mineral das folhas (SOURI, 2015; SHAHEEN et al., 2010; GHONAME et al., 2012), aumentando a concentração de clorofila, além de retardar a senescência das folhas (GARCIA et al., 2011). Pelo fato de serem precursores para síntese de proteínas, os aminoácidos são considerados importantes no crescimento celular, bem como agem como um agente tamponante nas células vegetais, mantendo

o pH favorável para o funcionamento das células, isso se deve aos grupos carboxílicos e amina dos aminoácidos (SOURI, 2016).

Apesar da crescente disponibilidade de fertilizantes a base de aminoácidos no mercado, ainda falta dados científicos sobre a utilização destes na agricultura (CASTRO; CARVALHO, 2014; SOURI, 2016), nota-se uma carência ainda maior de dados na literatura sobre os efeitos da aplicação destes via solo. Com poucos trabalhos na literatura, como o de Souri et al. (2017) com as culturas do tomate, pepino e feijão, que encontraram melhor crescimento e produção nos tratamentos com fertilizantes a base de aminoácidos via solo, do que aplicação de fertilizantes químicos, atribuindo essa superioridade ao efeito quelatante/complexante dos aminoácidos.

2.4 Aplicação de biossólido na agricultura

O lodo é um dos resíduos gerados no tratamento de esgoto, sendo seu volume e características atrelados a tipologia do efluente e ao sistema de tratamento, todavia, em média, o lodo contém 40% de matéria orgânica. A busca por uma disposição final adequada de lodo é uma preocupação ambiental e econômica, para tal as alternativas que se destacam são a disposição em aterros sanitários (destinados a receber esse tipo de resíduo), incineração e aplicação no solo (BETTIOL; CAMARGO, 2006; JUNIO, 2019). Segundo Lobo et al. (2013) o aterro é a forma mais comum de disposição de lodo no Brasil, apesar do alto custo.

A resolução CONAMA 498/2020 estabelece procedimentos para estabilização do lodo, o qual passa a ser denominado biossólido, e estabelece critérios para aplicação desse material no solo, a fim de fornecer macro e micronutrientes aos solos de baixa fertilidade do Brasil, reduzindo custos de produção agrícola (BETTIOL; CAMARGO, 2006; GALDOS et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2020). Além de sua ação como fertilizante, o biossólido também é usado como condicionante do solo, melhorando suas características físicas, como aumento de retenção de água em solos arenosos, bem como maior permeabilidade e infiltração em solos argilosos (BETTIOL; CAMARGO, 2006; GALDO et al., 2004).

Para aplicação de biossólido no solo, calcula-se a dose considerando o N como nutriente limitante. Isso se deve ao fato de que, em excesso, o nitrogênio na forma de nitrato é facilmente lixiviado, podendo causar contaminação do lençol freático

(BETTIOL; CAMARGO, 2006). Assim, para o cálculo da dose considera-se o nitrogênio disponível no biossólido na forma inorgânica, prontamente disponível à cultura; e orgânica, que sofrerá mineralização, e por fim o N disponível é relacionado com a demanda de nitrogênio da cultura (DYNIA et al., 2006). Além disso, considera-se apenas uma fração nitrogênio orgânico será mineralizado, a CONAMA 498/2020 estabelece que tal fração deve ser adotada segundo pesquisas, tem-se que Andrade (2010) considera uma fração de mineralização de 30% para solos tropicais.

O biossólido pode conter metais pesados e patógenos, os quais podem limitar seu uso agrícola. A preocupação está à cerca dos metais pesados, pois podem entrar na cadeia alimentar, trazendo sérios riscos à saúde. Por conta disso, quantificar o teor de metais pesados no biossólido é de suma importância, de modo a compará-los com os teores da resolução vigente e, assim, seguir suas recomendações de monitoramento do solo. Porém, em biossólido advindo de efluente doméstico espera-se baixas concentrações de metais pesados, salvo em casos que há ligações clandestinas de efluente industrial na rede doméstica da cidade.

Para o controle de patógenos realiza-se tratamentos, diante disso a resolução CONAMA 498/2020 classifica os biossólidos em classe A, aqueles que contém até 10^3 *Escherichia coli* por grama de sólidos totais e são oriundos de processos de redução de patógenos; e como classe B, aqueles que contém até 10^6 *Escherichia coli* por grama de sólidos totais ou são provenientes de um processo de redução de patógenos. Dentre os processos de redução de patógenos se encontra a compostagem, que através de processos químicos, físico e biológicos transforma o lodo em um composto orgânico estabilizado e com redução de patógenos (BARROS, 2012).

Em relação aos metais pesados, a CONAMA 498/2020 classifica o biossólido em classe 1 e 2 de acordo com o limite máximo permitido de algumas substâncias químicas como: arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco, destacando o monitoramento dessas substâncias. Alguns estudos não obtiveram contaminação por metais pesados devido aos seus baixos teores no biossólido nas culturas da batata-doce (ALVES, 2018), laranja (MOREIRA, 2013; LANZA, 2018) e abacaxizeiro (JUNIO, 2019).

Em suma, a eficiência do uso agrícola do biossólido é destacada por vários estudos, que obtiveram nutrição das plantas satisfatória nas culturas do girassol (LOBO et al., 2013), do milho (GALDOS et al., 2004), pinhão manso (SANTOS, 2014),

abacaxizeiro (JUNIO, 2019), laranjas (LANZA, 2018) e da batata-doce (ALVES, 2018). Os bons resultados se devem a presença de nitrogênio e fósforo, que são nutrientes muito requeridos na fertilização do solo ao lado do potássio. Entretanto, o potássio é encontrado em baixos teores no biossólido (BETTIOL; CAMARGO, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e descrição da área experimental

O estudo foi desenvolvido em ambiente protegido, túnel plástico, situada no Departamento de Ciências Florestais, Solo e Ambiente da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, no município de Botucatu – SP, sob às coordenadas 22°50'50"S e 48°26'06"O de latitude e longitude respectivamente e altitude de 817 m (Figura 1).

O clima da região de Botucatu é definido, de acordo com o método de Köppen, como Cfa - clima temperado quente (mesotérmico), úmido e de verão quente. Apresenta temperatura e precipitação média anual de 23,1 °C e de 1428,4 mm, respectivamente (CUNHA; MARTINS, 2009).

Figura 1 – Localização da área experimental



Fonte: Autora, 2021.

Conduziu-se o experimento em vasos de 50x30x27 cm, volume útil de 40 L, preenchidos com solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de acordo com EMBRAPA (2006), de textura franca (Quadro 1).

Quadro 1 – Caracterização das propriedades físicas do solo

Densidade do solo ¹ (g cm ⁻³)	Densidade de partículas ² (g cm ⁻³)	Granulometria %			Textura do solo
		Areia	Silte	Argila	
1,18	2,50	64,8	6,20	29,0	Franca

¹Densidade do solo obtida pelo método do anel (EMBRAPA, 2011);

²Densidade de partículas obtida pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 2011).

Fonte: Santos, 2021.

3.2 Delineamento e caracterização do experimento

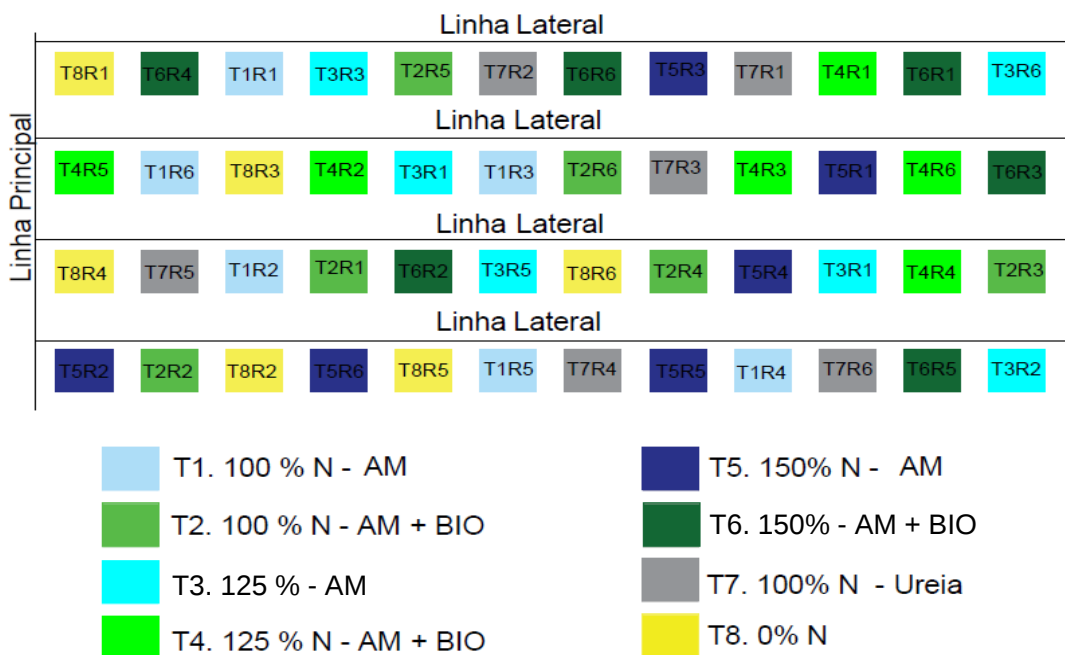
O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2 e dois tratamentos adicionais, com 6 repetições, composto por 48 parcelas experimentais, sendo cada parcela composta por um vaso (Figura 2). Os tratamentos foram caracterizados por diferentes doses e fontes de nitrogênio, sendo as doses de 100 (90 kg ha⁻¹), 125 (112,5 kg ha⁻¹) e 150% (135 kg ha⁻¹) da recomendação de N em cobertura para o feijoeiro comum, supridas totalmente por AM (aminoácidos) com ausência de BIO (biossólido) ou supridas metade por AM e metade por BIO (Quadro 2). Já os tratamentos adicionais, foram de 0% de adubação nitrogenada e 100% de adubação nitrogenada, utilizando ureia como fonte (Quadro 2).

Quadro 2 - Tratamentos experimentais

Tratamentos	Doses de N (%)	Fonte	
		Aminoácidos	Biossólido
1	100	presente	ausente
2	100	metade	metade
3	125	presente	ausente
4	125	metade	metade
5	150	presente	ausente
6	150	metade	metade
Adicionais		Ureia	
7	100	presente	
8	0	-	

Fonte: Autora, 2021.

Figura 2 – Croqui área experimental



Fonte: Autora, 2021.

Para tanto, utilizou-se o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) carioca IAC Imperador. As sementes dessa cultivar foram de categoria S2, lote FE/AV 100/19, peneira 12, com pureza e germinação mínimas de 95 e 80%, respectivamente. O tratamento das sementes se deu com Bioma **Rhyzo**® líquido.

3.3 Sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o localizada por gotejamento, composto por mangueiras cegas com botões gotejadores, esses conectados a mangueiras de polietileno (“espaguete”) acoplados a estacas gotejadoras nos vasos, para evitar entupimento dos “espaguete” e não alterar a lâmina aplicada nas parcelas. Cada vaso recebeu lâmina de irrigação de um botão gotejador autocompensante de 4 L h⁻¹, com pressão de trabalho de 0,7 kgf.cm⁻².

Antes de iniciar o ensaio, realizou-se o teste de uniformidade de vazão seguindo a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975) (Figura 3), observando-se o Coeficiente de Christiansen (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), ambos foram classificados como excelentes de acordo com Mantovani (2001), sendo CUC de 99,9% e CUD de 90,1%. Para a estimativa da Eficiência de Aplicação (Ea) seguiu-se a recomendação de Vermeiren e Jobling (1986), onde Ea foi de 90%.

Figura 3 – Teste de uniformidade do sistema de irrigação



Foto: Laís Veloso Febroni, 2021.

A lâmina de irrigação diária foi baseada na evapotranspiração da cultura (ET_c), obtida pelo método do Tanque Classe A e corrigida pelo coeficiente da cultura ($K_{c_{\text{feijão}}}$), visando manter a umidade do solo próximo a sua capacidade de campo de $0,211 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, de acordo com estudos realizados na área experimental por Santos (2021). Para tal, primeiro calculou-se a Etc através da Equação 1.

$$ET_c = (ET_o \times K_c) \quad (1)$$

Onde:

ET_c – Evapotranspiração da Cultura (mm);

ET_o – Evapotranspiração de Referência (mm), sendo obtida pela leitura direta da evaporação diária do Tanque Classe A (ET) e corrigida pelo Coeficiente do Tanque (K_p), este determinado pela metodologia de Snyder (1992);

K_c – Coeficiente da cultura (adimensional), o qual variou de acordo com os estádios fenológicos do feijão: estabelecimento 0,35, desenvolvimento vegetativo 0,75, florescimento 1,1, frutificação 0,70 e maturação 0,3 (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

A partir da ET_c , da área do vaso e da eficiência de aplicação (E_a) estimada, calculou-se a lâmina de irrigação aplicada (Lap). Como é apresentado na Equação 2.

$$Lap = \frac{ET_c \times A}{E_a} \quad (2)$$

Onde:

Lap – Lâmina aplicada (L);

A - Área do vaso (m^2)

E_a – Eficiência de aplicação do sistema de irrigação.

Já para obter o tempo de irrigação (T_i), utilizou-se a Equação 3.

$$T_i = \frac{Lap}{Q_g} * 60 \quad (3)$$

Onde:

Ti – Tempo de Irrigação (min);

Q_g – Vazão nominal do gotejador ($L\ h^{-1}$).

As variáveis climáticas, importantes para o manejo da irrigação, foram aferidas dentro da casa de vegetação por um medidor digital de temperatura e umidade relativa do ar (Figura 4). As aferições foram realizadas durante todo período experimental, que foi de 20 de maio a 07 de setembro de 2021 (Figura 5).

Figura 4 – Medidor digital de temperatura e umidade relativa do ar

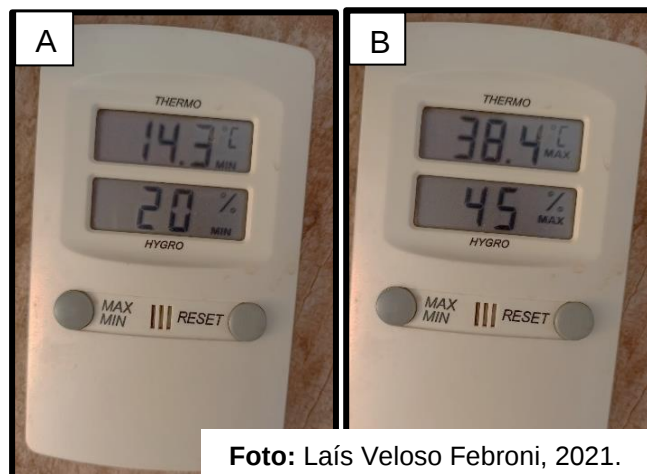
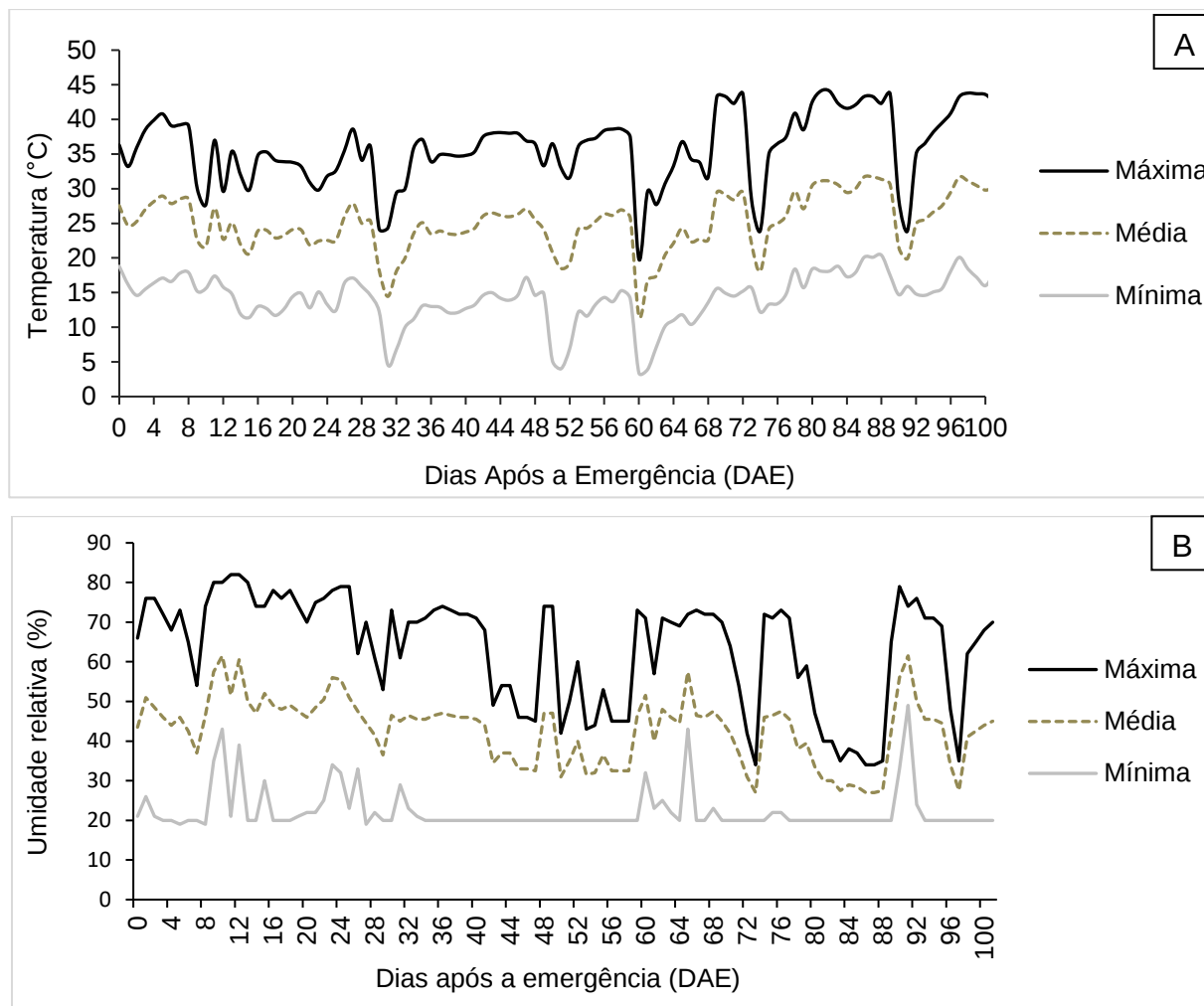


Foto: Laís Veloso Febroni, 2021.

A – Temperatura ($^{\circ}C$) e umidade relativa (%) mínimas;
B - Temperatura ($^{\circ}C$) e umidade relativa (%) máxima.

Figura 5 – Variáveis climáticas no período experimental (30/05 a 08/09)

Fonte: Autora, 2021.

A – Temperatura máxima, mínima e média; B – Umidade relativa do ar máxima, mínima e média.

3.4 Instalação e condução do experimento

Antes da instalação do presente projeto, a área experimental foi utilizada por Santos (2021) para o cultivo de feijão sob déficit hídrico, onde os resíduos não permaneceram no solo, bem como não houve variação da adubação entre os tratamentos. À vista disso, para a caracterização química do solo utilizou-se a técnica de amostragem composta, coletando-se uma amostra de cada parcela experimental na camada de 0 - 20 cm de profundidade, utilizando um trado holandês. Após coleta as amostras de todas as parcelas foram homogeneizadas formando uma amostra composta, a qual foi seca em estufa a 45°C e encaminhada ao Laboratório de Solos e Recursos Ambientais da UNESP – Campus Botucatu, para análises seguindo a metodologia de Raij et al. (2001) (Quadro 3).

Quadro 3 – Análise química e de condutividade elétrica do solo antes do período experimental

pH	pH	P _{resina}	M.O. ⁽¹⁾	Ca	Mg	H+Al	K	SB	CTC
CaCl ₂	H ₂ O	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----					
5,2	6,0	116	18	50	14	22	5,3	69	91

S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V%	CE ⁽²⁾
-----mg dm ⁻³ -----						μs cm ⁻¹ a 25°C	
115	0,57	0,9	32	4,4	4,3	76	1539

Fonte: Laboratório de Solos e Recursos Ambientais/FCA, 2021.

⁽¹⁾ Matéria Orgânica (MO); ⁽²⁾ Condutividade Elétrica (CE), medida no extrato 2:1.

A partir da caracterização química do solo, realizou-se sua adubação e correção nutricional, de acordo com as recomendações de Ambrosano et al. (1997). No dia 14 de maio de 2021 foi aplicado a adubação de plantio para P e K e, devido aos altos teores destes nutrientes no solo, optou-se pela dose mínima de fósforo e potássio (20 kg/ha) para feijão de inverno irrigado, sendo o superfosfato triplo (SPT) com 46% de P₂O₅, a fonte de fósforo, e o cloreto de potássio (KCL) com 60% de K₂O, a fonte de potássio. As doses aplicadas por vaso foram calculadas de acordo com a recomendação de Ambrosano et al. (1997), a porcentagem do nutriente de interesse e o volume do vaso de 37,5 kg.

No dia 14 de maio, além da adubação de P e K, as doses de biofertilizante (BIO) foram aplicadas nos tratamentos com metade de sua adubação nitrogenada de cobertura suprida por BIO. Tal material orgânico compostado é procedente da Estação de Tratamento de Esgoto da SABESP, localizada na Fazenda Lageado.

Para verificar a qualidade microbiológica do BIO, de acordo com a CONAMA 498 de 2020, realizou-se análise de *E. Coli*, a qual apresentou uma concentração abaixo das 10³ *E. Coli* g⁻¹ST⁻¹ estabelecido para Classe A nesta resolução. Para tanto, realizou-se uma amostragem composta, diluindo-se 2,5 g da amostra em um recipiente com 100 ml de água esterilizada, o qual foi agitado até homogeneização e mantido em repouso por 15 min. Após o período de repouso, 10 ml do sobrenadante foi inserido em um frasco com 90 ml de água destilada, adicionou-se o Colilert e,

então, o frasco foi agitado e mantido em repouso por 10 min. E por fim, inserido na cartela e mantido na incubadora por 24h até a leitura.

Já para a caracterização química do bio sólido, coletou-se uma amostra simples em 4 pontos do monte, as quais foram homogeneizadas formando uma amostra composta, que foi encaminhada ao laboratório de solos e recursos ambientais para análise seguindo a metodologia descrita por Lanarv (1988) (Quadro 4). A partir da caracterização dos dados de nitrogênio disponível ($N_{\text{disponível}}$) no bio sólido (N_{total} , NH_3 e NO_3^-), a taxa de mineralização de 30% para regiões tropicais de acordo Andrade (2010) e na quantidade de N para cada tratamento, foi possível calcular a dose de BIO seguindo a metodologia da Resolução CONAMA 498 de 2020, utilizando-se as equações 4 e 5.

$$N_{\text{Disponível}} = \left(\frac{FM}{100}\right) \times (N_{\text{total}} - (NH_3 + NO_3 + NO_2)) + 0,5 \times ((NH_3) + (NO_3 + NO_2)) \quad (4)$$

Onde:

$N_{\text{Disponível}}$ – Nitrogênio disponível no bio sólido ($kg\ t^{-1}$);

FM – Fração de mineralização (%);

N_{total} – Nitrogênio total ($g\ Kg^{-1}$);

NH_3 – Nitrogênio amoniacal ($g\ Kg^{-1}$);

NO_3 – Nitrato ($g\ Kg^{-1}$);

NO_2 – Nitrito ($g\ Kg^{-1}$).

Devido as baixas concentrações de Nitrito e dificuldade de sua caracterização, o mesmo foi desconsiderado nos cálculos. A partir do $N_{\text{disponível}}$, determinou-se a dose de bio sólido através da Equação 5, de modo que as doses aplicas em cada parcela experimental dos tratamentos 2, 4 e 6 foram de $170\ g\ vaso^{-1}$, $212\ g\ vaso^{-1}$ e $255\ g\ vaso^{-1}$, respectivamente.

$$DA = \frac{N_{\text{Recomendado}}}{N_{\text{disponível}}} \quad (5)$$

Onde:

DA – Dose de aplicação ($t\ ha^{-1}$);

$N_{\text{recomendado}}$ – Nitrogênio recomendado ($kg\ ha^{-1}$), sendo no presente ensaio metade das doses de 90, 112,5 e $135\ kg\ ha^{-1}$.

Quadro 4 – Características químicas do biossólido (BIO)

Parâmetros	Unidade	Concentração	VMP ⁽¹⁾	
			Classe A	Classe B
N_{Total}	%	1,33	-	-
N-NH₄	%	0,42	-	-
N-NO₃	%	0,07	-	-
P₂O₅	%	2,48	-	-
K₂O	%	0,05	-	-
Ca	%	0,93	-	-
Mg	%	0,11	-	-
S	%	0,73	-	-
Umidade	%	37	-	-
M.O.⁽²⁾	%	26	-	-
C.O.⁽³⁾	%	23	-	-
Na	mg kg ⁻¹	668	-	-
B	mg kg ⁻¹	91	-	-
Cu	mg kg ⁻¹	158	-	-
Fe	mg kg ⁻¹	31872	-	-
Mn	mg kg ⁻¹	224	-	-
Zn	mg kg ⁻¹	537	2800	7500
Relação C/N	-	11	-	-
pH	-	5	-	-
As	mg kg ⁻¹	< 6,5	41	75
Ba	mg kg ⁻¹	338	1300	1300
Cd	mg kg ⁻¹	< 0,4	39	85
Pb	mg kg ⁻¹	129	300	840
Cu	mg kg ⁻¹	272	1500	4300
Cr	mg kg ⁻¹	129	1000	3000
Hg	mg kg ⁻¹	< 3	17	57
Mo	mg kg ⁻¹	12,5	50	75
Ni	mg kg ⁻¹	24	420	420
Se	mg kg ⁻¹	< 5	36	100

Fonte: Laboratório de de Solos e Recursos Ambientais/FCA, 2021.

⁽¹⁾ Valor Máximo Permitido, sendo especificado em Classe A e B de acordo com CONAMA 498/2020;

⁽²⁾ Matéria Orgânica; ⁽³⁾ Carbono Orgânico.

A semeadura foi realizada no dia 20 de maio de 2021, semeando-se uma semente por cova, sendo 6 covas por vaso/parcela experimental. Nesse mesmo dia, aplicou-se a adubação nitrogenada de plantio (20 kg ha^{-1}) para todos os tratamentos, com as diferentes fontes de N - aminoácido e ureia. A ureia utilizada possuía 45% N, já o aminoácido 14,4% de N (Quadro 5).

Para adubação nitrogenada de plantio, 1 g de ureia foi diluída em 1 L de água e aplicado com auxílio de um regador nas parcelas experimentais do tratamento 8, já os tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 receberam 2,60 ml de aminoácidos (AM), também diluídos em 1 L de água. A padronização da diluição dos fertilizantes em 1 L de água, se deu a fim de garantir homogeneidade de N ao longo do perfil do vaso, uma vez que o líquido (água + fertilizante) foi espalhado em toda área superficial da parcela experimental, além de visar manter a mesma umidade do solo nos diferentes tratamentos.

O desbaste ocorreu no 7º DAE (dias após a emergência), removendo-se 3 plantas por vaso, assim o experimento foi conduzido com 3 plantas por vaso, espaçadas em 10 cm entre linhas, totalizando 144 plantas (Figura 6). Contudo, no estágio R6, aos 47 DAE, removeu-se a planta localizada no centro de cada vaso para as análises de crescimento e de massa seca.

Figura 6 – Desbaste do ensaio ao 7º DAE



Foto: Laís Veloso Febroni, 2021.

Quadro 5 – Caracterização dos aminoácidos

Parâmetros	Unidade	Concentração	Metodologia
Proteína	%	92,17	036/IV Adolfo Luiz
Nitrogênio	%	14,44	41 Comp. Bra.
pH	-	6,0 – 7,0	Tecnape
Cálcio	%	0,16	ICP OES
Fósforo	mg kg ⁻¹	105,70	ICP OES
Sódio	mg kg ⁻¹	31060,00	ICP OES
Potássio	mg kg ⁻¹	2578,00	ICP OES
Magnésio	mg kg ⁻¹	80,75	ICP OES
Ferro	mg kg ⁻¹	121,10	ICP OES
Cromo	ppm	≤ 5,00	GME
Arsênio	ppm	≤ 1,00	GME
Sulfito	Ppm	≤ 4,00	GME
Cinzas	%	≤ 2,00	GME
Alanina	%	8,09	H.P.L.C
Ácido aspártico	%	5,32	H.P.L.C
Glicina	%	22,90	H.P.L.C
Isoleucina	%	1,30	H.P.L.C
Ácido glutâmico	%	2,66	H.P.L.C
Lisina	%	3,37	H.P.L.C
Metionina	%	1,41	H.P.L.C
Fenilalanina	%	1,69	H.P.L.C
Tirosina	%	0,53	H.P.L.C
Treonina	%	1,16	H.P.L.C
Prolina	%	12,85	H.P.L.C
Valina	%	1,88	H.P.L.C
Histidina	%	0,53	H.P.L.C
Serina	%	2,66	H.P.L.C
Coliformes	-	Ausente em 1 g	GME
E.Coli	-	Ausente em 1 g	GME
Salmonella	-	Ausente em 1 g	GME

Fonte: Empresa responsável pelo produto

Na adubação nitrogenada de cobertura, aplicou-se 11,70 ml, 5,85 ml, 14,60 ml, 7,30 ml, 17,55 ml e de 8,75 ml de AM nos tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente, enquanto 3,75 g de ureia foram adicionadas no tratamento 8. Para tanto, as doses foram divididas em 3 aplicações, que se deram no estágio V3 (15° DAE), V4 (28° DAE) e R5 (33° DAE) e, assim como na adubação de plantio, as doses AM e a ureia de cada aplicação foram diluídas em 1 L de água.

A remoção de plantas daninhas se deu ao longo do ciclo, de forma manual, visando manter a cultura isenta de competição. Já o controle de pragas e doenças, se deu pelo monitoramento da cultura, aplicando-se durante o ensaio, através de pulverizador manual com pressurização e válvula de alívio, os inseticidas orthene 750 BR e Acefato Nortox para o controle de Tripes (*Caliothrips phaseoli*) e para larva minadora (*Liriomyza spp.*), respectivamente.

A colheita do feijão foi realizada em 08 de setembro de 2021, aos 101 DAE, com atraso de 25 dias no ciclo da cultura. Uma vez que a emergência da cultura, quando 50% das parcelas estavam nesse estágio fisiológico, se deu no dia 30 de maio de 2021, assim o ciclo que deveria ser de 75 foi de 101 dias, sendo tal atraso associado as baixas temperaturas encontradas no inverno em Botucatu - SP, como pode ser observado na Figura 6 do item sistema e manejo da irrigação.

3.5 Parâmetros avaliados

3.5.1 Análises de biométricas

As análises biométricas ocorreu de forma destrutiva, onde a planta central de cada parcela experimental foi removida aos 47 DAE (estádio R6), avaliando-se 4 plantas por tratamento.

3.5.1.1 Altura das plantas

Antes da remoção das plantas a altura de cada planta foi aferida com auxílio de uma trena graduada (cm), medindo-se a distância entre a base e o ápice da haste principal.

3.5.1.2 Diâmetro do caule

Após a remoção das plantas o diâmetro foi medido na região compreendida entre o colo e a inserção das folhas cotiledonares no caule da planta, sendo mensurado com auxílio de um paquímetro digital (mm).

3.5.1.3 Número de folhas e área foliar

O número de folhas foi contabilizado de forma manual, onde as folhas foram separadas da parte área e contadas. Após a contagem, a leitura da área foliar se deu por um integrador de área foliar de bancada (LI-3100C, LI-COR Biosciences, Inc.).

3.5.1.4 Matéria seca da parte aérea (MSPA)

Após determinação da área foliar as folhas e as demais estruturas da parte aérea foram secas em estufa de circulação forçada de 65°C por 72 h e, em seguida, pesadas em balança analítica determinando a massa da matéria seca da parte aérea (g planta⁻¹).

3.5.2 Diagnose foliar

Para análise de diagnose, utilizou-se a terceira folha trifoliada expandida a partir do ápice no estágio R6 (florescimento pleno) aos 47 DAE. Para tanto, tais folhas foram marcadas das plantas removidas para as análises biométricas, onde após pesagem da matéria seca, as folhas marcadas foram moídas em moinho tipo Willey e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, para determinar os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

3.5.3 Componentes de produção

Os componentes de produção foram avaliados no fim do ciclo, aos 101 DAE, avaliando-se 4 parcelas experimentais por tratamento. Sendo os componentes apresentados, resultantes da média das duas plantas de cada parcela avaliada.

a) Número de vagens por planta: contabilizados de forma manual.

b) Número de grãos por vagem: as vagens foram debulhadas, sendo os grãos contabilizados de forma manual, assim dividiu-se o número de grãos de cada planta pelo número de vagens.

c) Massa de 100 grãos: a massa foi determinada por 100 grãos para cada parcela experimental, a partir de balança analítica, seguindo as recomendações de análise de sementes (BRASIL, 2009), onde os dados foram corrigidos a 13% da base úmida.

d) Produtividade de grãos: foi determinada pela massa de grãos presente em cada unidade experimental, corrigida para 13% da base úmida, sendo expresso g planta⁻¹.

3.5.4 Parâmetros nutricionais dos grãos

3.5.4.1 Exportação dos grãos

Após as avaliações de produção, os grãos das 4 parcelas experimentais por tratamento foram secos em estufa com ventilação forçada de ar à 65°C até peso constante, por 72 h, moídos em moinho tipo Willey e encaminhados ao Laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP - FCA, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, de acordo com a metodologia de Malavolta et al. (1997).

A exportação de nutrientes nos grãos, seu deu pela multiplicação da massa dos grãos por planta com os teores de nutrientes destes grãos.

3.5.5 Análise química do solo

Ao fim do ensaio, amostras de solo de 4 parcelas experimentais foram coletadas para determinação de: P, K, Na, Ca, Mg, Al, acidez potencial (H+Al), S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, pH, matéria orgânica (MO) e de condutividade elétrica (CE) do solo, bem como calculou-se a soma de bases (SB), saturação por bases (V%), Capacidade de troca catiônica (CTC) do solo. Para tanto, utilizou-se amostras simples da camada de 0-20 cm de profundidade do solo, as quais foram coletadas com auxílio de um trado holandês, secas em estufa a 45°C e encaminhadas ao Laboratório do Departamento de Solos e Recurso Ambientais da UNESP – FCA, onde foram analisadas seguindo a metodologia proposta por Raij et al. (2001).

3.5.6 Análises estatísticas

Os testes estatísticos foram realizados pelo software R (R Core Team, 2021), sendo os dados submetidos as pressuposições de normalidade e homogeneidade de Shapiro-Wilk e Barlett, respectivamente. Os fatores foram avaliados como qualitativos, em um esquema fatorial 3 x 2 com duas testemunhas, para tanto realizou-se a análise de variância, aplicando-se o teste de médias de Tukey para os fatores e o teste de Dunnett para comparar as duas testemunhas com as médias dos fatores isolados, bem como de suas interações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis de biométricas

Para as variáveis biométricas altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF) e matéria seca da parte aérea (MSPA) não houve interação significativa entre os tratamentos, dose e fonte (Tabela 1).

O fator dose também não influenciou estatisticamente nenhuma das variáveis, o que corrobora com estudos de Meire et al. (2005) e Soratto et al. (2006), que não encontraram diferença significativa, com aumento das doses de N no feijoeiro, na altura da planta e na matéria seca da parte aérea, respectivamente. Contudo, observa-se (Tabela 1), que as maiores médias para AP, NF, AF e MSPA foram encontradas na dose de 100%, onde as três primeiras apresentaram diferença significativamente do controle sem N, o que era esperado visto que o N está ligado as funções fisiológicas de divisão e expansão celular na planta (TAIZ et al., 2017). Já a maior média de DC, embora não significativa, foi encontrada na dose de 150%, a qual também diferiu do tratamento sem adição de N (Tabela 1).

Para o fator fonte, ocorreu diferença significativa nas variáveis AF e AP (Tabela 1), esta com efeito positivo sob adubação AM+BIO. Já para AF, o incremento positivo se deu com o uso de AM, além disso as maiores médias para DC, NF, MSPA também foram encontradas em AM, embora não significativas. O bom desempenho dos aminoácidos nas variáveis de crescimento deste projeto, corrobora com estudos de Souri (2016) no feijão-vagem, com aplicação de AM via solo e foliar, o de Vieira et al. (2021) no feijoeiro, com aplicação complementar de AM via foliar e o de Alves et al. (2018), com o uso de AM no tratamento de sementes de soja.

As variáveis não diferiram significativamente do tratamento controle 100% Ureia, o que indica que as fontes AM e AM+BIO se mostraram tão eficientes quanto a adubação convencional para as variáveis de crescimento do feijoeiro-comum. Sendo que, de acordo Souri (2016), o bom desempenho dos aminoácidos sobre o crescimento das plantas, está atrelado ao efeito quelante dos aminoácidos nos micronutrientes, bem como a eficiência de absorção desses compostos.

De modo geral, nas variáveis biométricas a maioria dos tratamentos não diferenciaram do tratamento sem N, o que pode estar atrelado a fixação biológica de nitrogênio por simbiose das plantas com bactérias do gênero *Rhizobium* nativas e a

baixa mineralização do biossólido até o início do florescimento pleno, quando as variáveis de crescimento foram analisadas. Sabe-se, que é no florescimento pleno e no enchimento de grãos que o feijoeiro demanda mais nitrogênio (PORTES, 1996; SORATTO et al., 2013), ou seja, possui absorção de nitrogênio mais rápida. Assim, até o início do florescimento o nitrogênio requerido pela planta pode ter sido suprido por fixação sem causar diferença em relação às plantas com os tratamentos nitrogenados.

Tabela 1 – Altura foliar (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) do feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N

Tratamentos	AP	DC	NF	AF	MSPA
	cm pl ⁻¹	mm	folhas pl ⁻¹	cm ² pl ⁻¹	g pl ⁻¹
Dose de N					
100%	33,0*	4,2	39,9*	1221,5*	5,7
125%	32,7	4,2	32,4	1153,0	5,0
150%	30,9	4,7*	31,6	864,5	4,3
Fonte de N					
AM	30,0 b	4,5*	38,2*	1281,5 a	5,4
AM + BIO	34,5 a*	4,2*	31,1	877,8 b	4,5
Controle de N					
100% Ureia (+)	31,3	4,6	34,3	1045,5	5,1
Sem N (*)	25,5	3,3	22,3	618,2	2,9
CV (%)	15,6	14,2	25,6	37,1	51,1

AM – Aminoácidos; AM + BIO – metade aminoácido e metade biossólido; 100% - dose de 90 kg ha⁻¹; 125% - dose de 112,5 kg ha⁻¹; 150% - dose de 135 kg ha⁻¹;

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, dentro do mesmo fator, diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey; Médias seguidas de + e * diferem significativamente, ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnet, do controle 100% ureia e sem N, respectivamente.

4.2 Variáveis de produção e produtividade

As variáveis número de vagens por planta (NVPP) e produtividade (PROD.) tiveram interação significativa entre dose x fonte, já as variáveis número grãos por vagem (NGPV) e massa dos 100 grãos (M100G) não apresentaram significância em sua interação (Tabela 2).

Para NVPP a maior média foi a do tratamento de 150% AM+BIO (Tabela 2), demonstrando nesse fator um acréscimo de vagens com a maior dose, o que corrobora com estudos de Lobo (2010) na cultura do feijão em que houve um acréscimo do

número de vagens com o aumento da dose de biossólido e de Soratto (2006) com aumento do número de vagens junto com a dose de N. Tal comportamento era esperado, visto que o número de vagens é um dos componentes de produção mais afetados pela adubação, por isso recomenda-se a adubação de cobertura antes do florescimento (Rosolem, 1996; Ambrosano et al. 1997).

De modo geral, o número de vagens por planta foi elevado em todas as interações, destacando-se os tratamentos 125% AM, 100% AM+BIO e 150% AM+BIO, que diferiram de forma positiva do controle sem adição de nitrogênio (Tabela 2), uma vez que a boa nutrição feijoeiro promove maior florescimento nas plantas e, por conseguinte, aumento no número de vagens (PORTES, 1996). Já para o tratamento 125% AM+BIO, o efeito significativo foi negativo tanto entre as doses nessa mesma fonte, quanto para o tratamento controle com 100% ureia, o que diverge do comportamento esperado para tal tratamento e de estudos como o de Kummer (2013) em que a adubação com biossólido promoveu maior número de vagens por planta do que a adubação convencional (100% ureia).

As variáveis de produção número de grãos por vagem (NGPV) e massa de 100 grãos (M100G) não apresentaram efeito significativo entre os tratamentos (Tabela 2), o que corrobora com estudos de Meire et al. (2005) e Aires (2014) com aumento das doses de N no feijão, bem como o de Soratto (2006) que não encontraram incremento positivo da M100G com o aumento das doses de N para o feijão-comum. Contudo, observa-se uma queda do número de grãos por vagem em relação ao aumento da dose de AM+BIO, estudos de Meire et al. (2005) apresentam o mesmo comportamento para aumento de N, bem como o de Kummer (2013), porém com efeito significativo, no aumento das doses de biossólido na soja irrigada com água potável.

A variável PROD. na fonte AM apresentou incremento positivo com o aumento das doses de N (Tabela 2), o que corrobora com estudos de AIRES (2014) com aumento da produtividade junto as doses de N no feijão IAC Imperador. No entanto, para a fonte AM+BIO o aumento das doses não teve efeito positivo, sobretudo na dose de 125%, que apresentou, assim como no NVPP, o pior desempenho na produtividade entre as interações, bem como foi a única média que além de não diferir do controle sem N, foi diferente do tratamento 100% ureia, resultado semelhante foi encontrado por Kummer (2013) na cultura da soja, em que o acréscimo das doses de biossólido causou um decréscimo da produtividade, seguido de um aumento.

A variável produtividade está intimamente ligada ao número de vagens e grãos por vagem, sendo que apesar da variável NVPP conter a maior média de interação no tratamento 150% AM+BIO, a variável NGPV, para esse tratamento, apresentou a menor média (3,6 grãos vagem⁻¹). Indicando que o comportamento apresentado em NGPV, embora não significativo estatisticamente, foi capaz de influenciar de forma direta o rendimento agrônomo da produtividade de grãos, visto que a dose de 100 AM+BIO apresentou melhor desempenho dessa variável, que junto ao bom desempenho do NVPP, foi capaz de obter a maior média de produtividade.

Tabela 2 – Médias de número de vagens por planta (NVPP), número de grãos por vagens (NGPV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade (PROD.) do feijão- comum sob diferentes doses e fontes de N

Dose de N	NVPP		NGPV	
	Fonte de N			
	AM	AM+BIO	AM	AM+BIO
100%	17,3 Aa	19,6 Aab*	5,2	5,3
125%	19,5 Aa*	15,3 Ab ⁺	4,4	4,8
150%	17,6 Aa	21,6 Aa*	5,1	3,6
Testemunhas				
100% Ureia (+)		22,4		4,6
Sem N (*)		13,1		4,5
C.V. (%)		17,4%		21,6%
Dose de N	M100G		PROD	
	----- g -----		----- g pl ⁻¹ -----	
100%	28,8	27,1	23,9 Ba*	27,9 Aa*
125%	28,8	28,7	25,9 Aa*	20,6 Bb ⁺
150%	29,5	27,7	24,9 Aa*	26,0 Aa*
Testemunhas				
100% Ureia (+)		27,1		26,9
Sem N (*)		28,9		16,7
C.V. (%)		12,4%		11,0%

AM – Aminoácidos; AM + BIO – metade aminoácido e metade biofertilizante; 100% - dose de 90 kg ha⁻¹; 125% - dose de 112,5 kg ha⁻¹; 150% - dose de 135 kg ha⁻¹;

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula linha e minúsculas na coluna, diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey; Médias seguidas de + e * diferem ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnett, do controle 100% ureia e sem N, respectivamente.

Assim, observa-se, que a maioria das interações diferiram positivamente do tratamento controle sem N, enfatizando a importância da adubação de cobertura para elevada produtividade, bem como não houve diferença significativa com o tratamento 100% ureia (Tabela 2). Logo, para uma mesma dose de N, o uso de aminoácidos com

biossólido, se mostrou tão eficiente quanto a adubação mineral na produtividade do feijão-comum, indicando que essas fontes de adubação nitrogenada podem substituir à mineral sem prejuízos à produtividade da cultura. Resultados semelhantes foram observados por Kummer (2013) e por Lobo (2010) que ao substituírem, metade ou integralmente, a adubação mineral por biossólido obtiveram bons resultados de produção para a soja e feijão, respectivamente.

Os dados de produtividade de g pl^{-1} foram extrapolados (Tabela 3), para tanto seguiu-se a recomendação de IAC (2021) para a cultivar IAC Imperador, com espaçamento entre linhas de 0,5 m e 10 plantas por m linear, o que totalizou 200.000 plantas ha^{-1} . Como pode ser observado a produtividade foi elevada, acima da encontrada em experimentos de campo por Aires (2014) 3.552 kg ha^{-1} e Guidorizzi (2019) de 2.500 kg ha^{-1} ; e próximo ao potencial produtivo da Cultura de 4.600 kg ha^{-1} (IAC, 2021). Estatisticamente, o comportamento foi o mesmo da produtividade em g pl^{-1} (Tabela 2), assim destaca-se o potencial de elevadas produtividades no feijão-comum irrigado com o uso de aminoácidos e biossólido quando extrapolados.

Tabela 3 – Médias de produtividade (PROD.) do feijão- comum sob diferentes doses e fontes de N

Dose de N	PROD	
	-----kg ha^{-1} -----	
	Fonte de N	
	AM	AM + BIO
100%	4774,6 Ba*	5579,7 Aa*
125%	5171,9 Aa*	4129,7 Bb+
150%	4988,2 Aa*	5203,6 Aa*
Testemunhas		
100% Ureia (+)		5371,2
Sem N (*)		3330,5
C.V. (%)	11,00%	

AM – Aminoácidos; AM + BIO – metade aminoácido e metade biossólido; 100% - dose de 90 kg ha^{-1} ; 125% - dose de 112,5 kg ha^{-1} ; 150% - dose de 135 kg ha^{-1} ;

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula linha e minúsculas na coluna, diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey; Médias seguidas de + e * diferem ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnet, do controle 100% ureia e sem N, respectivamente.

Por fim é importante evidenciar que as plantas foram conduzidas em ambiente protegido, sob irrigação e com controle eficiente de pragas e doenças, ou seja, sob condições ótimas, em campo as condições podem não ser tão favoráveis para o

desenvolvimento da planta e com isso pode haver um decréscimo na produtividade, porém o uso dos aminoácidos e biossólido como fonte de nutrientes às plantas se mostra como uma alternativa promissora à agricultura.

4.3 Diagnose foliar

4.3.1 Macronutrientes

Os teores foliares dos macronutrientes não tiveram interação significativa nos tratamentos. No entanto, ao analisar as médias dos fatores isolados, todos os tratamentos se encontram nas faixas consideradas adequadas por Ambrosano et al. (1997) de 30 a 50 g kg⁻¹, 10 a 25 g kg⁻¹ e 2,0 a 3,0 g kg⁻¹ para nitrogênio (N), cálcio (Ca) e enxofre (S), respectivamente. O mesmo autor ainda recomenda um intervalo de 20 a 24 g kg⁻¹ para o potássio (K), o qual só não é superado pela dose de 125%, enquanto para o magnésio (Mg) todas as médias dos tratamentos superaram o intervalo de 2,5 a 5,0 g kg⁻¹ (Tabela 4), o que provavelmente está relacionado ao elevado teor desses nutrientes no solo antes da implantação do experimento.

Na variável N não houve incremento significativo em seu teor foliar com o aumento das doses, o que corrobora com estudos de Soratto (2006) e Aires (2014) com aumento da adubação nitrogenada em diferentes cultivares de feijão; Lobo (2010), no feijoeiro sob adubação mineral e com biossólido; e o de Carvalho 2020, com aumento de doses de aminoácidos no tomate. O que pode estar relacionado ao efeito diluição de N, onde ele é usado para o crescimento e desenvolvimento das plantas, não causando efeito nas concentrações nas folhas entre os tratamentos.

Já para as fontes nitrogenadas, AM e AM+BIO, as doses, 100 e 150%, tiveram diferença significativa em relação ao controle sem N (Tabela 4), o que era esperado com a introdução da adubação nitrogenada. Já para o controle 100% ureia, nenhum dos fatores apresentaram diferença, o que indica a capacidade de nutrição da planta com aplicação de AM e AM+BIO no solo, tanto quanto a ureia, corroborando com estudos de Sourì et al. (2017) em feijão-vagem, comparando adubação mineral com o uso de aminoácidos via solo.

O fósforo (P) não apresentou efeito significativo com o aumento das doses de N, o mesmo foi encontrado por Aires (2014), com aumento das doses de adubação nitrogenada no feijoeiro, e por Lobo (2010), com aumento das doses de biossólido no

feijão. O intervalo recomendado por Ambrosano et al. (1997) para P é de 2,5 a 4,0 g kg⁻¹, o qual foi atendido por todos os tratamentos, com exceção dos controles, 100% ureia e sem N, indicando que o teor de P no aminoácido e no bio sólido foram capazes de suplementar a adubação fosfatada, tal comportamento corrobora com estudos de Kummer (2013) em que os teores de fósforo no lodo suplementaram a adubação fosfatada à adequando as faixas recomendadas para a soja.

Com relação as variáveis K, Ca, Mg e S observam-se que, embora esses nutrientes estejam presentes no aminoácido e no bio sólido, o teor inserido por esses nos tratamentos não influenciou nas suas concentrações de forma significativa, bem como não houve influência com o aumento das doses. Além disso, esses nutrientes apresentaram o mesmo comportamento que o nitrogênio com relação ao aumento das doses (Tabela 4), embora nenhum deles seja estatisticamente relevante, houve uma diminuição dos teores e acréscimo na dose de 150%, comportamento semelhante foi observado no feijoeiro por Lobo et al. (2015).

Tabela 4 – Teores médios dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S para as folhas do feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----						
Dose N						
100%	39,0*	2,9	30,1	22,9	6,7	2,4
125%	34,5	2,7	23,6	20,0	5,9	2,1
150%	41,6*	2,6	29,3	23,8	7,1	2,4
Fonte N						
AM	39,4*	2,7	29,7	23,5	6,9	2,3
AM + BIO	37,3*	2,8	25,6	21,0	6,3	2,3
Controle N						
100% Ureia (+)	43,5	2,1	27,6	25,0	8,0	2,3
Sem N (*)	28,4	2,3	25,7	20,4	5,7	2,0
C.V. (%)	13,2%	20,3%	20,3%	22,0%	21,0%	21,0%

AM – Aminoácidos; AM + BIO – metade aminoácido e metade bio sólido; 100% - dose de 90 kg ha⁻¹; 125% - dose de 112,5 kg ha⁻¹; 150% - dose de 135 kg ha⁻¹; Médias seguidas de letras diferentes na coluna, dentro do mesmo fator, diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey; Médias seguidas de + e * diferem significativamente, ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnet, do controle 100% ureia e sem N, respectivamente.

4.3.2 Micronutrientes

Não ocorreu interação significativa entre os teores foliares de micronutrientes, porém a variável manganês (Mn) apresentou diferença para os fatores dose e fonte (Tabela 5). Para dose, houve o efeito positivo do manganês com o aumento da dose até 125%, com a queda do teor de Mn para a dose de 150% com o pior desempenho estatístico para esse nutriente, tal comportamento corrobora com estudos desenvolvidos por Kummer (2013) e Carvalho (2020) com aumento das doses de biofósforo, na soja, e aminoácidos via solo, no tomate, respectivamente. Para o fator fonte, efeito positivo foi encontrado em AM+BIO, o que possivelmente se deve ao fornecimento de manganês pelo biofósforo, uma vez que o aminoácido não possui manganês em sua composição.

Tabela 5 – Teores médios dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn para as folhas do feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg kg ⁻¹ -----					
Dose N					
100%	39,4	6,5	189,8	27,8 ab	31,3
125%	42,5	7,3	191,5	32,2 a	31,7
150%	40,0	7,2	196,3	24,5 b	27,5
Fonte N					
AM	42,4	6,7	190,7	26,1 b	28,1
AM + BIO	39,1	7,3	194,4	30,2 a	32,2
Controle N					
100% Ureia ⁽⁺⁾	35,0	6,7	202,7	30,0	22,0
Sem N ^(*)	35,1	6,0	185,3	29,7	20,3
C.V. (%)	24,10%	12,70%	18,60%	13,30%	21,90%

AM – Aminoácidos; AM + BIO – metade aminoácido e metade biofósforo; 100% - dose de 90 kg ha⁻¹; 125% - dose de 112,5 kg ha⁻¹; 150% - dose de 135 kg ha⁻¹;

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, dentro do mesmo fator, diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey; Médias seguidas de + e * diferem significativamente, ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnett, do controle 100% ureia e sem N, respectivamente.

Apesar da diferença estatística observada em Mn, todos os tratamentos para esse nutriente se adequaram a faixa de 15 a 100 mg kg⁻¹, recomendada por Ambrosano et al. (1997), assim como os teores de cobre (Cu) - 4 a 20 mg kg⁻¹ - e zinco (Zn) - 15 a 50 mg kg⁻¹ - (Tabela 5), o que corrobora com trabalho de Lobo et al.

(2013) com doses crescentes de biossólido. Observa-se, ainda, que Cu e Zn possuem o mesmo comportamento do que Mn para o aumento das doses e fontes.

Para boro (B) e ferro (Fe) o intervalo recomendado por Ambrosano et al. (1997) é de 15 a 26 mg kg⁻¹ e 50 a 120 mg kg⁻¹, respectivamente. Assim, observa-se, que os teores médios para esses nutrientes foram superiores aos intervalos recomendados, resultado semelhante para o Fe foi observado em Aires (2014) e Soratto et al. (2014), que também obtiveram elevados teores de Fe no feijão. Os autores relacionaram tal efeito ao elevado teor de Fe no solo, o que também ocorreu no presente experimento em que os teores de Fe e B estavam elevados no solo antes de sua implantação. Além disso, apesar de não significativo, com o aumento da dose houve um acréscimo seguido de um decréscimo para o teor de B, enquanto para Fe houve um decréscimo dos teores com o aumento das doses.

Entre os macro e micronutrientes, observa-se o mesmo comportamento para os teores de Mn, Zn e Cu, o qual é inverso do apresentado por K, Ca, Mg, S e N.

4.4 Exportação de nutrientes nos grãos

4.4.1 Macronutrientes

A exportação dos macronutrientes teve interação significativa para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e magnésio (Mg), o que não ocorreu para os nutrientes enxofre e cálcio, este com interação apenas no fator dose e aquele se diferenciando positivamente do controle sem N.

Para a variável N o tratamento 125% AM+BIO se diferenciou negativamente das demais interações, bem como do controle 100% ureia, enquanto o tratamento 125% AM apresentou a maior média (Tabela 6), destaca-se que o tratamento 125% AM+BIO também teve efeito negativo na produtividade, bem como na diagnose apresentou menores teores foliares de N. No entanto, observa-se que o aumento das doses de N não foi suficiente para aumentar sua exportação para os grãos, ao ponto de diferir estatisticamente do tratamento convencional (controle 100% ureia), indicando que as fontes de aminoácidos e aminoácidos junto ao biossólido, possuem o mesmo potencial para exportação de N aos grãos de feijão do que a adubação convencional (100% ureia), o que corrobora com estudos de Kummer (2013) comparando o desempenho de adubação mineral e biossólido na exportação de nutrientes na soja.

Os nutrientes P e K apresentaram o mesmo comportamento, com efeito positivo, maior média, para o tratamento 100 AM+BIO (Tabela 6). Observa-se, que para a fonte AM o aumento da dose não foi significativo, porém para AM+BIO o aumento das doses apresentou uma tendência negativa entre os tratamentos, sobretudo para a dose de 125% AM+BIO, contrariando os resultados obtidos por Kummer (2013) e Lobo (2010), com aumento das doses de biofertilizantes para a soja e o feijão, respectivamente.

Tabela 6 – Desdobramento das interações para exportação de macronutrientes para N, P, K, Mg, S e Ca em feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N

Dose N	Fonte N					
	AM	AM + BIO	AM	AM + BIO	AM	AM + BIO
	N		P		K	
	----- g pl ⁻¹ -----					
100%	0,764 Aa*	0,812 Aa*	0,101 Ab*	0,116 Aa*	0,341 Ab*	0,406 Aa*
125%	0,829 Aa*	0,640 Bb ⁺	0,109 Aa*	0,094 Bb	0,388 Aa*	0,313 Bb
150%	0,762 Aa*	0,821 Aa*	0,107 Aa*	0,110 ABa*	0,361 Aa*	0,374 ABa*
Controle N						
100% Ureia ⁽⁺⁾	0,816		0,107		0,368	
Sem N ^(*)	0,541		0,076		0,253	
C.V. (%)	11,5%		9,5%		10,8%	
	Mg		S		Ca	
	----- g pl ⁻¹ -----					
100%	0,040 Aa*	0,042 Aa*	0,030*	0,035*	0,056 A*	
125%	0,037 Aa*	0,032 Bb	0,032*	0,025	0,045 B*	
150%	0,039 Aa*	0,040 Aa*	0,028	0,031*	0,053 AB*	
Controle N						
100% Ureia ⁽⁺⁾	0,041		0,029		0,052	
Sem N ^(*)	0,028		0,017		0,035	
C.V. (%)	11,6%		24,9%		13,3%	

AM – Aminoácidos; AM + BIO – metade aminoácido e metade biofertilizante; 100% - dose de 90kg ha⁻¹; 125% - dose de 112,5 kg ha⁻¹; 150% - dose de 135 kg ha⁻¹; Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula linha e minúsculas na coluna, diferem entre si ao nível de significância de 5 % pelo teste de Tukey; Médias seguidas de ⁺ e * diferem significativamente, ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnett, do controle 100% ureia e sem N, respectivamente.

E, assim, como ocorreu para o N, o tratamento 125% AM+BIO também apresentou efeito negativo para P e K, além de ser o único que não diferiu do controle sem N. Contudo, todos os tratamentos não apresentaram diferença do controle 100% ureia, indicando a mesma capacidade de exportação de P e K para os grãos, do que

a adubação convencional (100% ureia), porém, embora não significativo, as maiores médias foram encontradas no uso de AM+BIO.

O nutriente Mg obteve maior média com o tratamento 100% AM+BIO, não apresentando efeito positivo com o aumento das doses para ambas as fontes, sobretudo na interação 125% AM+BIO, sendo a única que não diferiu estatisticamente do controle sem N. Além disso, os tratamentos não diferiram significativamente do efeito da adubação nitrogenada convencional, indicando que, assim como encontrado na diagnose, o acréscimo de Mg no solo com o AM e BIO não foi suficiente para aumentar a exportação desses nos grãos.

Já os macronutrientes S e Ca não apresentaram interação significativa. Enquanto S somente se diferenciou significativamente com o controle sem N, como era esperado, Ca apresentou diferença entre o fator dose. Entretanto, assim como os demais macronutrientes o aumento da dose não promoveu efeito positivo sobre a exportação de Ca aos grãos de feijão, com o mesmo efeito na exportação do que o controle 100% ureia.

4.4.2 Micronutrientes

Os micronutrientes ferro (Fe) e zinco (Zn) apresentaram interação significativa, enquanto boro (B), cobre (Cu) e manganês (Mn) só apresentam efeito positivo em relação ao controle sem N (Tabela 7).

A maior média para a variável Fe foi encontrada no tratamento 100% AM+BIO, entretanto não diferiu estatisticamente das demais interações, com exceção de 125% AM+BIO com efeito negativo em relação as demais interações e ao controle 100% ureia. Assim, evidencia-se a importância da adubação nitrogenada para a exportação de Fe aos grãos, contudo apesar de existir teor de ferro no biossólido e nos aminoácidos, o acréscimo desses nutrientes não foi suficiente para aumentar a exportação desse elemento, importante à alimentação, de modo que o AM e BIO apresentou a mesma capacidade de exportação de Fe do que a adubação convencional, o que corrobora com estudos de Lobo (2010), comparando a adubação mineral de N com o biossólido.

Assim como Fe, o Zn apresentou a melhor média no tratamento 100% AM+BIO, porém a menor média é para o tratamento 100% AM. Contudo, apesar das diferenças estatísticas entre as interações todas se diferiram do tratamento controle sem N, ao

passo que todas apresentaram o mesmo potencial do que a adubação nitrogenada mineral (100% ureia) para a exportação de Zn, indicando que não há ganhos significativos para esse nutriente no grão devido ao uso de AM e BIO, o que era esperado visto que esses fertilizantes possuem Zn, o que diverge dos estudos de Kummer (2013) e Lobo (2010) com incremento de Zn com uso de biossólido em comparação à adubação mineral.

Tabela 7 – Desdobramento das interações para exportação de micronutrientes para B, Cu, Fe, Mn e Zn em feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N

Dose N	Fonte N					
	AM	AM + BIO	AM	AM + BIO	AM	AM + BIO
	B		Cu		Fe	
	----- mg pl ⁻¹ -----					
100%	0,244	0,235	0,130*	0,145 ⁺⁺	1,492 Aa	1,792 Aa*
125%	0,246	0,202	0,124*	0,115*	1,678 Aa*	1,186 Bb ⁺
150%	0,242	0,266*	0,116*	0,112*	1,666 Aa*	1,759 Aa*
Controle N						
100% Ureia ⁽⁺⁾	0,268		0,087		1,720	
Sem N ^(*)	0,174		0,056		1,059	
C.V. (%)	15,7%		20,2%		15,6%	
	Mn		Zn			
	----- mg pl ⁻¹ -----					
100%	0,242*	0,249*	0,660 Ab*	0,817 Aa*		
125%	0,239*	0,210	0,744 Aa*	0,667 Ba*		
150%	0,262*	0,235*	0,726 Aa*	0,797 Aa*		
Controle						
100% Ureia ⁽⁺⁾	0,261		0,767			
Sem N ^(*)	0,133		0,493			
C.V. (%)	21,3%		10,2%			

AM – Aminoácidos; AM + BIO – metade aminoácido e metade biossólido; 100% - dose de 90kg ha⁻¹; 125% - dose de 112,5 kg ha⁻¹; 150% - dose de 135 kg ha⁻¹;

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula linha e minúsculas na coluna, diferem entre si ao nível de significância de 5 % pelo teste de Tukey; Médias seguidas de + e * diferem significativamente, ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnet, do controle 100% ureia e sem N, respectivamente.

Para B apenas o tratamento 150% AM+BIO se diferiu significativamente do tratamento sem N, apresentando um acréscimo desse nutriente com a dose utilizando como fonte AM+BIO, corroborando com estudos de Lobo (2010) e Kummer (2013) com uso de biossólido na nutrição do feijoeiro e da soja, respectivamente, o que possivelmente se deve ao conteúdo de B no biossólido. Já em relação ao cobre (Cu), todos os tratamentos se diferiram do controle sem N, com destaque ao 100% AM+BIO,

que obteve diferença significativa ao controle 100% ureia e, apesar de não significativo, todas as interações apresentaram maior média do que o controle convencional, podendo estar relacionado ao conteúdo desse nutriente no aminoácido e no biossólido. Já o Mn, apresentou diferença significativa entre todos as interações em relação ao controle sem N, com exceção de 125% AM+BIO.

De modo geral, os micronutrientes nos tratamentos apresentaram a mesma eficiência com o controle 100% ureia, indicando que as fontes AM e AM+BIO possuem a mesma capacidade de nutrição dos grãos do feijoeiro do que a adubação convencional (100% ureia), bem como o aumento da dose não apresentou efeito significativo. Isso contraria a hipótese de que o uso de aminoácidos na nutrição do feijão melhoraria sua qualidade nutricional, uma vez que além do N tais compostos possuem micronutrientes. O que pode estar relacionado a retenção de matéria orgânica no solo, uma vez que a taxa de mineralização utilizada nos cálculos de adubação com biossólido foi de 30% ao ano, e o ciclo do feijão compreendeu em torno de 1/4 do ano. Sendo assim pode ter ocorrido baixa mineralização da matéria orgânica, visto que o cultivo do feijão foi no inverno alcançando temperatura mínima de 4 °C, o que também retarda a mineralização da matéria orgânica.

4.5 Análise química do solo

Das análises químicas realizadas no solo, somente os nutrientes apresentaram efeito positivo com os tratamentos, por isso somente os nutrientes serão discutidos neste trabalho. As variáveis que não apresentaram diferença significativa foram pH (CaCl₂), H + Al, Matéria Orgânica (M.O.), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e condutividade elétrica (CE). Estas apresentaram valores médios de 5,9; 18,2 mmol_c dm⁻³; 15,4 g dm⁻³; 46,3 mmol_c dm⁻³; 64,5 mmol_c dm⁻³; 71,7 %; e 234,5 μS cm a 25°C, respectivamente.

Observa-se, que após a colheita a saturação por bases ainda está acima do mínimo de 70% sugerido para a cultura do feijão por Ambrosano et al. (1997). Além disso, de acordo com Raij et al. (1997) o solo está com baixa acidez por apresentar média de pH (CaCl₂) entre 5,6 e 6,0.

4.5.1 Macronutrientes

Para os macronutrientes de acordo Raij et al. (1997) o teor de fósforo está muito alto ($> 80 \text{ mg dm}^{-3}$); o de potássio muito baixo ($0,0$ a $0,07$); o cálcio está alto ($> 7 \text{ mmolc dm}^{-3}$); o de magnésio, alto ($> 8 \text{ mmolc dm}^{-3}$); e o de enxofre, médio (5 a 10 mg dm^{-3}) (Tabela 8).

Tabela 8 – Desdobramento das interações dos teores no solo de macronutrientes para P, K, Mg, S e Ca em feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N

Dose N	Fonte N					
	AM	AM + BIO	AM	AM + BIO	AM	AM + BIO
	P		K		Ca	
	----- mg dm ⁻³ -----		----- mmol _c dm ⁻³ -----			
100%						
125%	93,6		0,6		35,7	
150%						
Controle N						
100%						
Ureia ⁽⁺⁾	82,6		0,6		36,1	
Sem N ^(*)	92,0		0,8		35,2	
C.V. (%)	16,9%		20,3%		8,3%	
	Mg		S			
	----- mmol _c dm ⁻³ ----		----- mg dm ⁻³ -----			
100%	8,7 Ba	10,7 Aa				
125%	11,4 Aa	9,6 Aa	7,59			
150%	9,3 ABa	9,8 Aa				
Controle N						
100% Ureia ⁽⁺⁾	10,3		7,8			
Sem N ^(*)	10,3		6,3			
C.V. (%)	26,7%		26,7%			

AM – Aminoácidos; AM + BIO – metade aminoácido e metade biofósforo; 100% - dose de 90 kg ha^{-1} ; 125% - dose de $112,5 \text{ kg ha}^{-1}$; 150% - dose de 135 kg ha^{-1} ;

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula linha e minúsculas na coluna, diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey; Médias seguidas de + e * diferem significativamente, ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnett, do controle 100% ureia e sem N, respectivamente.

Observa-se que apenas magnésio (Mg) apresentou interação significativa entre os tratamentos, a maior média foi encontrada para a interação 125% AM (Tabela 8), porém, assim como as demais interações, não diferiu estatisticamente dos controles (sem N e 100% ureia), o que indica que as doses de aminoácido e biofósforo não trouxeram incrementos para os teores de Mg no solo em relação aos controles, o que

possivelmente ocorreu devido ao elevado teor de Mg no solo antecedendo à implantação do experimento ($14 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Além disso, a dose apresentou influência somente para a fonte AM, com um aumento do teor no solo, seguido de um decréscimo, comportamento similar foi detectado por Kummer (2013) com diferentes doses de bio sólido.

Apresenta-se as médias dos demais macronutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e enxofre (S) (Tabela 8), uma vez que não foi observado diferença estatística entre nenhum dos fatores, tampouco com os tratamentos controles. Tal resultado indica que o conteúdo desses nutrientes, no aminoácido e no bio sólido, não modificam o comportamento destes nutrientes no solo, uma vez que antes da implantação do experimento estes nutrientes já estavam elevados no solo 116 mg dm^{-3} , $5,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, 115 mg dm^{-3} e $50 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para P, K, S e Ca, respectivamente.

De modo geral, pouco foi o impacto dos tratamentos nos macronutrientes no solo, isso pode estar relacionado não só as elevadas concentrações desses nutrientes nos solos antecedendo o experimento, mas também ao fato de ter realizado somente um ciclo da cultura, assim com uso contínuo desses tratamentos, a longo prazo, pode ser que haja impacto desses elementos nas propriedades do solo.

4.5.2 Micronutrientes

Para os micronutrientes, apenas cobre (Cu) apresentou interação significativa, enquanto ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) sofreram efeito positivo apenas para o fator fonte. Já o boro (B), não apresentou efeito significativo entre os tratamentos (Tabela 9). Observa-se, ainda, que de acordo Raij et al. (1997) os teores de B, Fe e Zn estão altos, com médias maiores que $0,60 \text{ mg dm}^{-3}$, 12 mg dm^{-3} e $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente; enquanto os teores de Cu e Mg são considerados médios, por estarem nas faixas de $0,3$ a $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$ e de $1,3$ a $5,0 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente.

Para Cu o aumento da dose teve efeitos significativos somente na fonte AM+BIO, isso pode estar relacionado ao fato do bio sólido conter Cu, no entanto o acréscimo se deu até a dose de 125%, a que apresentou maior teor desse nutriente no solo (Tabela 9). Além disso a interação 125% AM+BIO apresentou diferença significativa em relação aos tratamentos controles, 100% ureia e sem N, indicando que essa interação foi capaz de aumentar o teor desse nutriente no solo corroborando com estudos de Kummer (2013) e Lobo (2010), que encontraram maior teor de Cu no

solo com doses de biofóssido, quando comparado a adubação mineral de nitrogênio e sem adição de nitrogênio.

Tabela 9 – Desdobramento das interações dos teores no solo de macronutrientes para B, Cu, Fe, Mn e Zn em feijão-comum sob diferentes doses e fontes de N

Dose N	Fonte N					
	AM	AM + BIO	AM	AM + BIO	AM	AM + BIO
	B		Cu		Fe	
	----- mg dm ⁻³ -----					
100%			0,7 Aa	0,8 Ba		
125%	0,7		0,7 Ab	1,0 Aa ⁺⁺	24,4 b	27,6 a ⁺⁺
150%			0,8 Aa	0,8 Ba		
Controle N						
100% Ureia ⁽⁺⁾	0,7		0,7		22,4	
Sem N ^(*)	0,7		0,7		18,8	
C.V. (%)	27,6%		9,0%		13,1%	
	Mn		Zn			
	----- mg dm ⁻³ -----					
100%						
125%	1,6 b	1,8 a	2,0 b*	2,8 a ⁺⁺		
150%						
Controle						
100% Ureia ⁽⁺⁾	1,7		1,6			
Sem N ^(*)	1,8		1,5			
C.V. (%)	9,5%		15,5%			

AM – Aminoácidos; AM + BIO – metade aminoácido e metade biofóssido; 100% - dose de 90kg ha⁻¹; 125% - dose de 112,5 kg ha⁻¹; 150% - dose de 135 kg ha⁻¹;

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula linha e minúsculas na coluna, diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey; Médias seguidas de + e * diferem significativamente, ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnett, do controle 100% ureia e sem N, respectivamente.

As variáveis Fe e Zn apresentaram o mesmo comportamento com aumento de teores no solo para a fonte AM+BIO em relação a AM, bem como em relação aos tratamentos controle 100% ureia e sem N (Tabela 9). O incremento desses tratamentos nos fatores se deve aos teores presentes no biofóssido. Ressalta-se, ainda, que o nutriente Mn também apresentou efeito maior concentração com a fonte AM+BIO, o que era esperado devido a sua presença no biofóssido, contudo não se diferiu da média da adubação nitrogenada convencional (100% ureia) e da sem N, o que difere do encontrado por Kummer (2013) e Lobo (2010) comparando adubação nitrogenada convencional e doses de lodo.

De modo geral, os micronutrientes tiveram mais efeitos dos tratamentos do que os macro, sobretudo em relação as fonte, indicando que o uso de aminoácidos junto ao biossólido aumentou significativamente o teor desses micronutrientes no solo, isso se deve a presença desses micronutrientes tanto no aminoácido, quanto no biossólido.

4.6 Considerações Finais

As doses de nitrogênio não influenciaram as variáveis de crescimento vegetativo altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e matéria seca da parte aérea do feijão-comum carioca IAC Imperador. Já o fator dose, teve efeito significativo para altura da planta e área foliar, este com melhor desempenho com uso de aminoácido, aquele com aminoácido junto ao biossólido. Contudo, todos os fatores de crescimento tiveram o mesmo desempenho do que o controle 100% ureia, indicando que não há prejuízo para a cultura, no que diz respeito as variáveis de crescimento ao utilizar fontes alternativas de N.

As variáveis de produção número de vagens por planta e produtividade apresentaram interação significativa, contudo o aumento das doses de N também não teve efeito positivo sobre elas, destacando-se a fonte aminoácido e biossólido como a maior média de produtividade. De modo geral, as variáveis de produção apresentaram o mesmo desempenho para a dose de 100% AM+BIO e 100% ureia, indicando a possibilidade de uso desses fertilizantes manter uma boa produtividade para a cultura.

Na diagnose foliar todos os nutrientes estiveram dentro da faixa recomendada, ou acima desta, destaca-se o N que teve diferença entre o controle sem N, evidenciando a importância da adubação de cobertura. Contudo, somente o Mn apresentou ganho estatístico com o aumento da dose, com seu ponto máximo em 125% de N, enquanto o AM+BIO tiveram melhor desempenho.

O aumento das doses também não teve efeito positivo para a exportação de nutrientes nos grãos, entretanto destaca-se o efeito dos tratamentos sobre a exportação de nutrientes, onde a maioria das variáveis se diferenciaram de forma positiva do controle sem N, bem como apresentaram o mesmo desempenho estatístico do que o controle 100% ureia.

Para os teores de nutrientes no solo, somente Mg, Cu, Fe, Mn e Zn apresentaram efeitos sobre os tratamentos. Para Mg houve um aumento positivo dos teores com a dose de aminoácido, enquanto para a fonte aminoácido e biofósforo não houve incremento positivo com a dose, Cu teve um aumento dos teores no solo com a dose, enquanto Fe, Mn e Zn apresentaram maiores teores com a fonte nitrogenada aminoácido junto ao biofósforo, bem como os micronutrientes aumentaram com o uso dos tratamentos, o que era esperado devido à presença destes no biofósforo e aminoácidos.

Ressalta-se ainda, a necessidade de maiores estudos nesse âmbito a fim de avaliar não só a produtividade em diferentes culturas, bem como o comportamento do solo com o uso aminoácidos e biofósforo em curto, médio e a longo prazo.

5 CONCLUSÕES

Os aminoácidos junto ao biossólido, ou não, se mostraram eficientes tanto quanto à adubação mineral nas variáveis biométricas, bem como na nutrição das plantas, destacando-se o incremento de P utilizando AM e AM+BIO nos tratamentos em relação aos controles.

As variáveis de produção e produtividade apresentaram desempenho tão bom quanto ao controle com adubação mineral, ressaltando-se o tratamento 100% N (90 kg ha⁻¹), o tratamento AM+BIO apresentou a média mais próxima à adubação mineral com ureia na produtividade, indicando tal tratamento como uma alternativa potencial para a produção, visto à necessidade emergente de busca de aumentar a autonomia no país no uso dos fertilizantes.

Os tratamentos não incrementaram a exportação de nutrientes nos grãos, em relação à adubação nitrogenada com ureia, já em relação ao controle sem N houve incremento.

Os tratamentos não causaram impactos aos atributos químicos do solo, somente os micronutrientes Cu, Fe e Zn que apresentaram maiores teores em relação ao controle sem N, enquanto que para o controle com ureia Fe e Zn apresentaram incremento.

REFERÊNCIAS

- AIRES, B.C. **Resposta de cultivares de feijão comum à adubação nitrogenada**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia: agricultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.
- ALVES, D.A.S. **Potencial fitoextrator de metais pesados da batata-doce manejada com biossólido e água residuária em solos de diferentes classes texturais**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia: irrigação e drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2018.
- ALVES, V. M.; VALENTINI, L. S.; VALENTINI, D. H.; Maciel, C. G.; NAIBO, G.; NESI, C. N. Aminoácidos e micronutrientes no tratamento de sementes de soja. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 9, n. 2, p. 99-104. 2018.
- AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. Leguminosa e oleaginosas. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (editores). **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2ª ed. Instituto Agrônomo do estado de São Paulo, 1997. 189-202.
- ANDRADE, C.A.; OLIVEIRA, R.C.; PIRES, A.M.M. Nitrogênio presente em lodo de esgoto e a resolução n. 375 do Conama In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. **Uso agrícola de lodo de esgoto: Avaliação após a resolução nº 375 do Conama**. Botucatu: Editora FEPAF, 2010. p. 157-170.
- ARAGÃO, A.; CONTINI, E. **O agro no Brasil e no mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020**. EMBRAPA SIRE, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf/41e20155-5cd9-f4ad-7119-945e147396cb>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- ATILIO, J.B.; CAUSIN, H.F. The central role of amino acids on nitrogen utilization and plant growth. **Plant Physiology**, n. 149 p.358-362, 1996.
- BARROS, R.T.V. Compostagem. In: BARROS, R.T.V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte, 2012. p. 301-306.
- BETIOL, W.; CAMARGO, O.A.; A disposição de Lodo de Esgoto em Solo Agrícola. In: BETIOL, W.; CAMARGO, O.A (editores). **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. 1ª ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.p. 25-35.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. A cultura. In: VIEIRA, C.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa: Editora UFV, p. 13-15, 2006.

BRASIL. **Decreto nº 10.991/ 2022**. Institui o Plano Nacional de Fertilizantes 2022-2050 e o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas. Disponível em: <https://in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.991-de-11-de-marco-de-2022-385453056>. Acesso em: 1 abr. 2022.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília – DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.

BRITO, M. de M.P.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C. da. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, p.206-215, 2011.

CARVALHO, A.M. **Estímulo do fertilizante a base de aminoácidos na absorção de nutrientes e no crescimento do tomateiro**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia: ciência do solo) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2020.

CASTRO, P. R. C.; CARVALHO, M. E. A. **Aminoácidos e suas aplicações na agricultura**. Série Produtor Rural, nº. 57. Piracicaba – SP, 2014. 58p.

CONAMA. **Resolução nº 498/2020**. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biofertilizante em solos, e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=749>. Acesso em: 01 set. 2020.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 12, décimo segundo levantamento, p. 1-94, Set., 2021.

CULTIVARES DE FEIJOEIRO IAC. In: IAC – Instituto Agronômico de Campinas, 2021. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/graos/feijao.php>. Acesso em: 25 mar. 2021.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. Irriga, v.14, n.1, p.1-11, 2009.

CUNHA, P.C.R.; SILVEIRA, P.M.; XIMENES, P.A.; SOUZA, R. de F.; ALVES JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, J.L. do. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.1, p.80-86, 2011.

DIAS, C. **Novo fertilizante deve reduzir custos no emprego de ureia**. Brasília, DF. EMBRAPA, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/>

/noticia/34227800/novo-fertilizante-deve-reduzir-custos-no-emprego-de-ureia.
Acesso em: 29 dez. 2021.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).

DYNIA, J.F.; BOEIRA, R.C.; SOUZA, M.D. Nitrato no perfil de um latossolo vermelho distrófico cultivado com milho sob aplicações de lodo de esgoto. In: BETIOL, W.; CAMARGO, O.A (editores). **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. 1ª ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 79-89, 2006.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Feijão Irrigado: Tecnologia e Produção**. Piracicaba: USP, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 2006. 412p.

FAO. **The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050**. Rome, 2018. 224 pp.

FRAZÃO, J. J.; SILVA, A.R.; SILVA, V. L.; OLIVEIRA, V. A.; CORRÊA, R. S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1262-1267, 2014.

GALDOS, M.V.; MARIA, I.C.; CARMARGO, O.A. Atributos químicos e produção de milho em um latossolo vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2004.

GALVILANES, M.L. **Notas complementares ao livro texto da disciplina: histologia e anatomia vegetal**. Lavras: UFLA, 1995

GARCIA, A.L.; MADRID, R.; GIMENO, V.; RODRIGUEZ-ORTEGA, W.M.; NICOLAS, N.; GARCIA-SANCHEZ, F. The effects of amino acids fertilization incorporated to the nutrient solution on mineral composition and growth in tomato seedlings. **Spanish Journal of Agricultural Research**, n. 9, p. 852-861, 2011.

GARDEN-ROBINSON, J.; MCNEAL, K. All about Beans: Nutrition, Health Benefits, Preparation and Use in Menus. **Northarvest Beans**, Fargo, North Dakota, 2013.

GE, T.; SONG, S.; ROBERTS, P.; JONES, D.L.; HUANG, D.; IWASAKI, K. Amino acids as a nitrogen source for tomato seedlings: the use of dual-labeled (¹³C, ¹⁵N) glycine to test for direct uptake by tomato seedlings. **Environ. Exp. Bot**, p. 357–361, 2009.

GHASEMI, S.; KHOSHGOFTARMANESH, A.H.; HADADZADEH, H.; JAFARI, M. Synthesis of iron-amino acid chelates and evaluation of their efficacy as iron source and growth stimulator for tomato in nutrient solution culture. **Journal of Plant Growth Regulation**, n. 31, p. 498-508, 2012.

GHASEMI, S.; KHOSHGOFTARMANESH, A.H.; AFYUNI, M.; HADADZADEH, H. Iron (II)–amino acid chelates alleviate salt-stress induced oxidative damages on tomato grown in nutrient solution culture. **Scientia Horticulturae**, n.165, p. 91-98, 2014.

GHONAME, A.A.; EL-BASSIOUNY, A.M.; ABDEL-MAWGOUD, A.M.R.; EL-TOHAMY, W.A.; GRUDA, N. Growth, yield and blossom-end rot incidence in bell pepper as affected by phosphorus level and amino acid applications. **Gesunde Pflanzen**, n. 64, p. 29-37, 2012.

HAUCK, R.M. Slow-release and bioinhibitor-amended nitrogen fertilizer. In: ENGELSTAD, O.P. **Fertilizer technology and use**. 3 ed. Madison, EUA, p. 193-322, 1985.

JUNIO, G.R.Z. **Produtividade e nutrição do abacaxizeiro adubado com lodo de esgoto**. 2019. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2019.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation desing. Rain Bird Sprinnkler Manufacturing Corporation**. 1975, 133p.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. A.; COBUCCI, T. Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2006.

KUMMER, A.C.B. **Efeito de efluente de esgoto tratado e lodo de Esgoto compostado no solo e nas culturas de trigo e soja**. 2018. Tese (Mestrado em Agronomia: irrigação e drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

LACERDA, M.; NASCENTE, A.; PEREIRA, E. T. Adubação nitrogenada afeta a produtividade e a qualidade comercial de grãos do feijoeiro em sistema plantio direto. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 369–378, 2019.

LANARV. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais do Laboratório Nacional de Referência Vegetal**. Brasília: LANARV, 1988. 104 p.

LANZA, M.H. **Utilização de lodo de esgoto compostado e irrigação com água residuária na substituição de adubos químicos e água potável em laranjeira ‘valência’**. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia: irrigação e Drenagem) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2018.

LOBO, T.F. **Manejo de lodo de esgoto em rotações de culturas no sistema de plantio direto**. 2010. Tese (Doutorado em Agronomia: irrigação e drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2010.

LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H.; BULL, L.T.; KUMMER, A.C.B. Efeito do lodo de esgoto e do nitrogênio nos fatores produtivos do girassol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.504-509, 2013.

LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H.; BULL, L.T.; SOUZA, F.L.P. Efeito do nitrogênio e do lodo de esgoto na nutrição do feijoeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n.2, p. 33 - 41, 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

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

MANTOVANI, E. C. **Avalia: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARIOT, E.J. Ecofisiologia do Feijoeiro. In: IAPAR. **O feijão no Paraná**. Londrina, PR, Fundação Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), 1989, p. 25 – 41. (Boletim Técnico 63).

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. **Academic Press**, London, 1995.

MILLER, A. J.; CRAMER, M. D. **Root nitrogen acquisition and assimilation Plant and Soil**, jul. 2005.

MEIRE, F.A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.40, n.4, p.383-388, 2005.

MOREIRA, L.L.Q. **Alterações químicas no sistema solo-planta após adubação com lodo de esgoto compostado e irrigação com água residuária em laranjeira ‘valência’**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia: irrigação e drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

MU, J.; RAZA, W.; XU, Y.C.; SHEN, Q.R. Preparation and Optimization of Amino Acid Chelated Micronutrient Fertilizer by Hydrolyzation of Chicken Waste Feathers and the Effects on Growth of Rice. **J. of Plant Nutrition**, n. 31, p. 571-582, 2008.

NASCIMENTO, A.L.; SOUZA, A.J.; OLIVEIRA, .F.C.; COSCIONE, A.R.; VIANA, D.G.; REGITANO, J.B. Chemical attributes of sewage sludges: Relationships to sources and treatments, and implications for sludge usage in agriculture. **Journal of Cleaner Production**, 258, 2020.

OLIVEIRA, G.Q.; LOPES, A. da S.; GOES, R.J.; SOUTO FILHO, S.N. Resposta do feijoeiro de inverno a manejos de irrigação e doses de nitrogênio em cobertura no sistema plantio direto. **Agrarian**, Dourados, v.3, n.7, p.8-17, 2010.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 169-221.

OLIVEIRA, M.G.C.; OLIVEIRA, L.F.C.; WEDLAND, A.; GUIMARÃES, C.M.; QUINTELA, E.D.; BARBOSA, F.R.; CARVALHO, MARIA. C.S.; JUNIOR, M.L.; SILVEIRA, P.M. **Conhecendo a fisiologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF, EMBRAPA, 2018. 62p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173690/1/CNPAF-2018-Lvfeijoeiro.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

PIELTAIN, M. C.; CASTAÑÓN, A. A. R.; FLORES, M. P.; CASTAÑÓN, J. I. R. Nutritive value of postharvest bean by-products (*Phaseolus vulgaris* L.) for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**. v. 62 p. 271–275, 1996.

PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.101-137.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (editores). **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2ª ed. Instituto Agrônômico do estado de São Paulo, 1997. 8-13.

RAIJ, B. V; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônômico. 284p. 2001.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 7ª. ed. São Paulo: Editora Guanabara Koogan, 2007.

R Core Team (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

ROSA, W.B.; JÚNIOR, J.B.D.; COSTA, A.C.T de.; LANA, M.do C.; QUEIROZ, S.B.; PEREGO, I.; ABRAÃO, P.C. Desempenho agrônômico e viabilidade econômica da adubação nitrogenada e molíbdica no feijão comum. **Brazilian Journal of development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 65815-65831, 2020.

ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F. & ZIMMERMANN, M.J.O., Coords. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, Potafós, 1996. p.353-390.

RYLE, G.J.A.; HESKETH, J.D. Carbon dioxide uptake in nitrogen deficient plants. **Crop Science**, Madison, v.9, n., p.451-454, 1969.

SAE – Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. **Produção Nacional de Fertilizantes: estudo estratégico**. Brasília, DF, v. 12. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudo-s-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf/view. Acesso em: 01 dez. 2021.

SANTOS, R.M. **Resposta produtiva do feijão carioca (*phaseolus vulgaris* L. taa dama.) sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia: irrigação e drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2021.

SANTOS, J. B.; GALVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa: Editora UFV, p. 13-15, 2006.

SANTOS, J.N.R. **Utilização de biossólido no crescimento inicial de pinhão manso (*jatropha curcas* L) cultivado em solo com diferentes texturas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

SANTOS, J. B.; GALVILANES, M. L.; VIEIRA, R.; PINHEIRO, L. R. Botânica. In: CARNEIRO, J. E.; JÚNIOR, T. J. P.; Borém, A. **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, p. 37-66, 2015.

SILVA, D. A.; ESTEVES, J. A. F.; GOLÇALVES, J. G. R.; AZEVEDO, C. V. G.; RIBEIRO, T.; CHIORATO, A. F.; CARBONELL, S. A. M. Avaliação de genótipos de feijoeiro quanto à eficiência do uso do fósforo em latossolo vermelho eutrófico. **Bragantia**, v. 75, n. 2, p. 152–163, 1 abr. 2016.

SILVA, C.C.; SILVEIRA, P.M. da. Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.1, p.86-96, 2000.

SILVA, A.S.; RANGEL, O.J.P.; DYNIA, J.F.; BETTIOL, W.; MANZATTO, C.V. Disponibilidade de metais pesados para milho cultivado em latossolo sucessivamente tratado com lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2006.

SILVEIRA, P.M. da; BRAZ, A.J.B.P.; DIDONET, A D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, p.1083- 1087 2003.

SHAHEEN, A.M.; RIZK, F.A.; HABIB, H.; ABDEL, B.M. Nitrogen soil dressing and foliar spraying by sugar and amino acids as affected the growth, yield and its quality of onion plant. **Journal of American Science**, n. 6, p. 420-427, 2010.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering of ASCE**, New York, v. 118, n. 6, 1992, p. 977-980.

SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro Cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:259-265, 2006.

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; SANTOS, L.A.; JOB, A.L.G. Nutrient extraction and exportation by common bean cultivars under different fertilization levels: I - Macronutrients. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.4, p.1027-1042, 2013.

SORATTO, R.P.; PEREZ, A.A.G.; FERNANDES, A.M. Age of no-till system and nitrogen management on common bean nutrition and yield. **Agronomy Journal, Madison**, v.106, n.3, p.809-820, 2014.

SOUZA, E. de F.C. de; SORATTO, R.P.; PAGANI, F.A. Aplicação de nitrogênio e inoculação com rizóbio em feijoeiro cultivado após milho consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.4, p.370-377, 2011.

SOURI, M.K. Chelates and aminochelates; and their role in plant nutrition. **Agriculture Education and Extention Press**, Tehran-Iran. (In Persian). p. 172, 2015.

SOURI, M.K. Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. **Open agriculture**, n. 1, p. 89-111, 2016.

SOURI, M. KAZEM; SOORAKI, F. Y.; MOGHADAMYAR, M. Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean under foliar and soil applications of an aminochelate fertilizer. **Horticulture Environment and Biotechnology**, v. 58, n. 6, p. 530–536, 1 dez. 2017.

SNAK, C.; SALINAS, A.O.D. **Phaseolus**. In: Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB79132>. Acesso em: 30 nov. 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. **Riego localizado**. Organização das Nações Unidas para a agricultura e a alimentação. Roma, 1986. (Estudos FAO: irrigação e drenagem, 36).

VIEIRA, C. **O feijoeiro-comum: cultura, doenças e melhoramento**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1967.

VIEIRA, R.F. **Ciclo do Nitrogênio: em Sistemas Agrícolas**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 163 p.

VIEIRA, R.F. Fundamentos da quimigação e fertirrigação. In: VIEIRA, C.; JÚNIOR, T. J. P.; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa: Editora UFV, p. 213-257, 2006.

VIEIRA, N. B.; LIMA S. F.; CONTARDI, L. M.; ANDRADE, M. G. O.; REIS., B. O.; BERNARDO, V. F.; ABREU, M. S.; THOMÉ, S. E. N.; VANZO, C. O. Uso de 2,4-D como regulador de crescimento e de fertilizante foliar com aminoácido na cultura do feijão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e49110414262, 19 abr. 2021.