



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO DE AGRONOMIA**

NAILSON OLIVEIRA DA SILVA

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO FEIJÃO-MUNGO (*Vigna radiata* L.) EM
DENSIDADES DE PLANTIO**

FORTALEZA-CE

2022

NAILSON OLIVEIRA DA SILVA

DESEMPENHO PRODUTIVO DO FEIJÃO-MUNGO (*Vigna radiata* L.) EM
DENSIDADES DE PLANTIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Almeida
Guimarães

Coorientador: Msc. Caris dos Santos Viana

FORTALEZA-CE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S581d Silva, Nailson Oliveira da.
Desempenho produtivo do feijão-mungo (*Vigna radiata* L.) em densidades de plantio / Nailson Oliveira da Silva. – 2022.
32 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.
Coorientação: Prof. Me. Caris dos Santos Viana.

1. Densidade de plantas. 2. Espaçamento entre plantas. 3. Leguminosa. I. Título.

CDD 630

NAILSON OLIVEIRA DA SILVA

DESEMPENHO PRODUTIVO DO FEIJÃO-MUNGO (*Vigna radiata* L.) EM
DENSIDADES DE PLANTIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 25/01/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Caris dos Santos Viana
Msc. em Agronomia/Fitotecnia (UFC)

Dra. Janiquelle da Silva Rabelo
Doutora em Agronomia/Fitotecnia (UFC)

Marcos da Silva Maia

Engenheiro Agrônomo (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, familiares e amigos

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder sabedoria e discernimento para a realização dos meus projetos e determinação para labutar pelos meus sonhos.

À minha mãe, Marta Ferreira de Oliveira e meu pai, Antônio Geraldo da Silva (Ivan), pelo amor e cuidado, pelos conselhos e ensinamentos que possibilitou-me tornar um homem íntegro e humano e pelo apoio incondicional aos meus projetos e objetivos.

Às minhas avós Maria Ferreira de Oliveira e Maria do Carmo Geraldo (*in memorian*) e meu avô, Antônio Sales de Oliveira (*in memorian*), por todo amor e pelo exemplo que representam em minha vida.

À minha irmã, Naiane Oliveira e meu Irmão, Nailton Ferreira de Oliveira, pela amizade, carinho e pela disponibilidade de sempre, em ajudar quando necessário.

Aos meus colegas de curso, Antônio Mikael Santiago de Oliveira e Walmezyna Lima da Silva, pelo companheirismo e pelos vários momentos de descontração.

Ao Grupo de Estudo em Olericultura do Nordeste e a todos os seus membros atuais e aos demais que passaram e deixaram suas contribuições, pelos ensinamentos, compartilhamentos de vivências, pelos laços de amizades construídas, pela motivação por buscar sempre mais conhecimento.

Aos funcionários da horta didática da UFC, Francisco Bezerra de Araújo (senhor Bezerra), Francisco Pereira Leite (senhor Chico), Narciso Ferreira Mota, Robson Freitas de Lyra e Waldemir Martins Júnior, por todos os conselhos, contribuições e ensinamentos.

A todos os meus amigos e familiares, pela amizade, carinho e principalmente pelo o apoio.

Ao meu orientador, Professor Dr. Marcelo de Almeida Guimarães, pelo grande profissional, pelos ensinamentos e amizade.

À minha co-orientadora, Msc. Caris dos Santos Viana, principalmente pela paciência, pela alegria que é sua principal marca, colaboração e pela amizade construída no decorrer desse experimento, que Deus conserve essa amizade e lhe abençoe.

Aos professores e corpo técnico da Universidade Federal do Ceará, que contribuíram de forma direta ou indiretamente na minha formação acadêmica.

“O bem-estar do agricultor é vital para todo o país. ”

(William Howara Taft).

RESUMO

Constantemente os produtores buscam maximizar a produtividade de suas culturas com a adoção de tecnologias e alterando o manejo das mesmas. Uma das práticas realizadas com esse objetivo é o adensamento das plantas. A densidade e ou espaçamento de plantio tem interferência nos aspectos morfológicos e produtivos das plantas. Para o feijão-mungo (*Vigna radiata* L.), há carência de informações que auxilie na elaboração da densidade mais adequada para a cultura maximizar sua produtividade. Com base no exposto, o referido trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento e a produtividade do feijão-mungo, em função da densidade de plantio. O experimento foi conduzido na horta didática do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará e o delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), tendo cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram representados por cinco densidades de plantio por metro linear, sendo: T1- 10; T2- 15; T3- 20; T4- 25 e T5- 30 plantas. As variáveis analisadas foram altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, número de flores, massa fresca, massa seca, número de vagens por planta, comprimento e diâmetro da vagem, número de grãos por vagem, comprimento e diâmetro do grão, peso de mil sementes, produção por planta e hectare, fotossíntese líquida, condutância estomática, concentração de CO₂ na câmara subestomática, taxa de transpiração, razão entre a concentração de CO₂ na câmara subestomática e a concentração de CO₂ no ambiente, eficiência instantânea de carboxilação, eficiência do uso da água e eficiência do uso da água instantâneo. Foram verificadas diferenças para altura da planta, número de folhas, massa fresca, condutância estomática, diâmetro da vagem, comprimento do grão e produção por hectare, sendo os maiores resultados observados para os tratamentos mais adensados. Conclui-se que densidades de plantio entre 15 e 30 plantas por metro linear, no cultivo de feijão-mungo, são mais indicadas por resultarem em maiores produtividades.

Palavras-chave: Densidade de plantas, espaçamento entre plantas, leguminosa.

ABSTRACT

Producers constantly seek to maximize the productivity of their crops by adopting technologies and changing their management. One of the practices carried out with this objective is the densification of the plants. The planting density and spacing interfere in the morphological and productive aspects of the plants. For mung bean (*Vigna radiata* L.), there is a lack of information that helps in the development of the most suitable stand for the culture to maximize its productivity. Based on the above, this study aimed to evaluate the development and productivity of mung bean, as a function of planting density. The experiment was carried out in the didactic vegetable garden of the Department of Plant Science of the Federal University of Ceará and the experimental design used was randomized blocks (DBC), with five treatments and four replications. The treatments were represented by 5 planting densities per linear meter, as follows: T1-10; T2-15; T3-20; T4-25 and T5-30 plants. The variables analyzed were plant height, stem diameter, number of leaves, number of flowers, fresh weight, dry weight, number of pods per plant, pod length and diameter, number of grains per pod, grain length and diameter, thousand seed weight, production per plant and hectare, net photosynthesis, stomatal conductance, CO₂ concentration in the substomatic chamber, transpiration rate, ratio between the concentration of CO₂ in the substomatic chamber and the concentration of CO₂ in the environment, instantaneous efficiency of carboxylation, water use efficiency and instantaneous water use efficiency. Differences were observed for plant height, number of leaves, fresh mass, stomatal conductance, pod diameter, grain length and production per hectare, with the highest results observed in the denser treatments. It is concluded that planting densities between 15 and 30 plants per linear meter, in mung bean cultivation, are more indicated as they result in higher yields.

Keywords: Plant density, plant spacing, legume.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Análise do solo coletado na área de realização da pesquisa	20
Tabela 2	Número de plantas de feijão-mungo por metro linear e densidade total de plantas por hectare utilizadas no experimento. Fortaleza-CE, UFC, 2022	20
Tabela 3	Valores médios das características vegetativas altura da planta (ALT), diâmetro do caule (DC), número de folhas por planta (NF), massa fresca da planta (MF) e massa seca (MS) de plantas feijão-mungo aos 30 dias após a semeadura cultivadas em diferentes densidades de plantio	23
Tabela 4	Valores médios das características vegetativas altura da planta (ALT), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) de plantas de feijão-mungo cultivadas em diferentes densidades de plantio. As medições foram realizadas com as plantas em campo aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura, sendo indicadas, respectivamente, com os números 1, 2 e 3 para cada data de avaliação para cada variável	24
Tabela 5	Valores médios da produção por planta (PROD PL^{-1}), produção por hectare (PROD Ha^{-1}), número de flores (NF), número de vagens por planta (NVP), comprimento da vagem (CV), diâmetro da vagem (DV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento do grão (CG), diâmetro do grão (DG) de feijão-mungo cultivado em diferentes densidades de plantio	26
Tabela 6	Valores médios da fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração de CO_2 na câmara subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), razão entre a concentração de CO_2 na câmara subestomática e a concentração de CO_2 no ambiente (Ci/Ca) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência do uso da água instantânea (EUAi) de plantas de feijão-mungo, aos 30 dias após a semeadura. Fortaleza, CE, UFC, 2022	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Características botânicas, origem e distribuição da cultura	15
2.2	Importância econômica e alimentar.....	16
2.3	Cultivo do feijão-mungo	17
2.4	Densidade de plantio.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Caracterização da área experimental	19
3.2	Delineamento experimental....	20
3.3	Avaliações	21
3.3.1	Variáveis de crescimento	21
3.3.2	Variáveis produtivas	22
3.3.3	Variáveis fisiológicas	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5	CONCLUSÃO	28
6	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

O feijão-mungo (*Vigna radiata* [L.] RWilczek) é uma leguminosa nativa da Ásia, continente no qual é amplamente consumida e cultivada. A Índia é o maior produtor, importador e consumidor, sendo que mais de 80% da produção de feijão-mungo advém deste país (SEHRAWAT *et al.*, 2021; ABUD *et al.*, 2022).

Dentre as leguminosas, o feijão-mungo é considerado uma excelente fonte de proteínas, carboidratos, tiamina, magnésio e manganês devido ao seu alto valor nutritivo e energia digestível (MONDAL *et al.*, 2012; TANG *et al.*, 2014; ARSHAD *et al.*, 2020). Sua importância também se deve ao fato de ser uma leguminosa que contém mais proteínas e menos carboidratos, sendo, por isso, benéfica para pacientes que têm problemas de digestibilidade e estômago (ALI *et al.*, 2021; WANG *et al.*, 2021).

Na dieta alimentar, o mercado de feijão-mungo pode ser dividido em quatro segmentos principais de uso: a) grãos secos (importante no sul da Ásia e no Quênia); b) brotos (importante no leste e sudeste da Ásia e outras partes do mundo como no Brasil); c) macarrão transparente/amido (importante no leste e sudeste da Ásia) e d) pasta (importante na Ásia Oriental) (NAIR; SCHREINEMACHERS, 2020). Dada a importância de seus diversos usos, a produção de feijão-mungo se espalhou para a maior parte do mundo nas últimas décadas. Tal demanda foi ocasionada pelas propriedades saudáveis desta espécie, especialmente àquelas identificadas nas sementes, sendo uma ótima fonte de aminoácidos, vitaminas e minerais (SOMTA; SRINIVES, 2007; WANG *et al.*, 2020).

As plantas ainda apresentam vantagens econômicas e agrônômicas, sendo resistentes à seca, a pragas e doenças. Além disso, apresenta crescimento rápido, podendo ser colhida com idade de 55-60 dias após a semeadura. De forma geral, o feijão-mungo pode ser plantado em vários tipos de solo e sistemas de cultivo, sendo possível obter altos rendimentos (SILVA *et al.*, 2019; PAIMAN *et al.*, 2021).

No entanto, é importante salientar que para a obtenção de elevada produtividade, independentemente da espécie cultivada, é fundamental a definição da população ideal de plantas a serem cultivadas em uma determinada área. Essa definição, em geral, é realizada através do desenvolvimento de pesquisas, em que diferentes espaçamentos entre ou dentro de linhas de cultivo são avaliados. Esse arranjo de plantas ajuda na definição da densidade de indivíduos por área, sendo muito influenciada pela interceptação de luz pelas folhas, o que impacta diretamente na produtividade da cultura (CAMARA *et al.*, 2018).

O rendimento potencial das cultivares de feijão-mungo é de, aproximadamente, 1,5-2,5 t ha⁻¹ (SILVA *et al.*, 2019). Porém, estudos que determinam as densidades de plantio ótimas dentre as condições climáticas disponíveis para o cultivo no Brasil ainda são pequenas, principalmente quando se trata de uma região litorânea pertencente ao Nordeste Brasileiro. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o desenvolvimento, as características fisiológicas e a produtividade do feijão-mungo em função da densidade de plantio e nas condições climáticas de Fortaleza no Ceará.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características botânicas, origem e distribuição da cultura

A espécie *Vigna radiata* é uma leguminosa pertencente à família Fabaceae. No Brasil, é conhecida como feijão-mungo mas, também, pode ser encontrada com outros nomes populares como feijão-da-China, feijão-mungo verde ou feijão moyashi, sendo este último muito utilizado em países asiáticos, de onde consta sua origem (ZHANG *et al.*, 2013; SOMTA *et al.*, 2014).

Originado e domesticado em 1.500 aC, no subcontinente Índia e, posteriormente introduzido em outras partes da Ásia, África, Austrália, Américas e Índias Ocidentais, o feijão-mungo é atualmente distribuído pelos trópicos desde o nível do mar até uma altitude de 1.850 m nas regiões montanhosas do Himalaia, sendo considerado uma importante leguminosa por ser bem adaptado aos trópicos e subtropicos (LAMBRIDES; GODWIN, 2006; ARSHAD *et al.*, 2020).

Essa leguminosa milenar apresenta uma ampla variabilidade genética em todo o mundo, somente no Banco de Germoplasma da Embrapa Meio-Norte foram identificadas 156 linhagens de feijão-mungo com algumas características distintas de acordo com o ambiente de cultivo (FARIAS NETO *et al.*, 2019). No geral, é uma planta que possui ciclo anual, com porte ereto ou semi-ereto e altura variando de 0,3 a 1,5 m (ISLAM *et al.*, 2021).

O início de sua floração ocorre no período entre 25 e 42 dias após a emergência (DAE), tendo influência direta da cultivar empregada, região e época de plantio. A temperatura mínima para que a planta se desenvolva varia de 20-22°C e a ótima de 28-30°C, sendo considera uma planta de dia curto (POEHLMAN, 1978; NALAMPANG, 1992; VIEIRA *et al.*, 2003).

O número de vagens por planta é variado, podendo ser de 4 a 34 vagens, número este influenciado de acordo com a população de plantas por área e com as condições edafoclimáticas de cultivo. No feijão-mungo as vagens são de formato cilíndrico, comprimento entre 7 a 15 cm e, geralmente, cobertas por pelos. A maturação das vagens ocorre de forma desuniforme, quando secas apresentam uma coloração marrom ou preta, cada vagem pode conter de 6 a 20 sementes (OLIVEIRA, 2013).

As plantas apresentam folhas trifolioladas, distribuídas de forma alternada, de coloração variando de verde claro a verde escuro, os folíolos têm formato oval e possuem pecíolo longo (SAYÃO *et al.*, 1991; VIEIRA; NISHIHARA, 1992; MIRANDA *et al.*, 1996).

A inflorescência é um racimo axilar, com pedúnculo de 2 a 13 cm de comprimento. Cada racimo contém de 10 a 25 flores. A coloração das pétalas vai de esverdeada a amarela brilhante e possui de 1 a 2 cm de diâmetro. O florescimento ocorre de forma indeterminada, podendo durar até algumas semanas (NALAMPANG, 1992).

Segundo van Rheenen (1964), o mungo verde é uma planta que possui mecanismos de autofecundação, apresentando cerca de 4-5% de fecundação cruzada. As vagens surgem horizontalmente em forma radial, o que dá ao feijão-mungo a denominação “radiata”.

As sementes são consideradas pequenas, podendo ser encontradas na coloração verde, amarela, marrom, preta ou mosqueada, com pequeno hilo de cor branca. Os cultivares utilizados para produção de grãos secos geralmente têm sementes verde opacas ou verde-brilhantes. O comprimento das sementes varia entre 3,1 a 6,3 mm, com a largura entre 2,3 a 4,5 mm. Pode-se utilizar a razão comprimento/largura como um indicador da forma da semente, sendo que essa razão pode variar de 1,01 a 1,50. O peso de 100 sementes pode variar de 2,0 a 8,7 g (TOMOOKA *et al.*, 1991).

As sementes de feijão-mungo destacam-se por representar um insumo de grande representatividade no contexto produtivo, entretanto, deve atender a requisitos sanitários, físicos, genéticos e fisiológicos adequados (FRANÇA NETO *et al.*, 2010), sendo que sua qualidade interfere na produção da cultura (MARCOS FILHO, 2015).

2.2 Importância econômica e alimentar

Por seu alto valor nutricional e cultural, é consumido na culinária tradicional asiática na dieta para humanos, como feno para alimentação de gado e, também, como importante fonte de proteína e amido (ALI *et al.*, 2021; RAHMIANNA *et al.*, 2021). Por seus diversos usos, o feijão-mungo é a principal cultura leguminosa da Ásia, continente que concentra quase 90% da produção total desta cultura no mundo. Mais de 50% da produção ocorre no subcontinente Índia (FAO, 2010; ZHANG *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2020; ARSHAD *et al.*, 2020).

A área global de feijão-mungo é de cerca de 7,3 milhões de hectares e a produção global é de cerca de 5,3 milhões de toneladas, com o rendimento médio de 721 a 2.000 kg ha⁻¹ (2015-17), com Índia e Mianmar fornecendo, cada um, cerca de 30% desse montante, China 16% e Indonésia 5%. O preço pode variar entre US\$ 34,8 e 36,8 a saca de 60 quilos (VIEIRA *et al.*, 2005; IBRAFE, 2019; NAIR; SCHREINEMACHERS, 2020).

Embora existam pesquisas para o feijão-mungo, elas são mais voltadas para o continente asiático, onde se concentra a região de maior produção. De acordo com o livro publicado sobre

o status global e importância econômica do feijão mungo, as pesquisas com a cultura ainda tem poucos recursos na maioria dos países, isso porque é considerada uma cultura de menor valor (NAIR; SCHREINEMACHERS, 2020).

No Brasil, o feijão-mungo apresenta uma baixa produção, sendo ela incipiente e sem informações concretas quanto a quantidade, porém, com o aumento significativo do consumo na forma de brotos, a cultura tende a crescer tanto em produção, como no desenvolvimento de pesquisas (SAYÃO, BRIOSO, DUQUE; 1991; VIEIRA; NISHIHARA, 1992; MIRANDA *et al.*, 1996).

O feijão-mungo mostra-se com grande potencial agrônômico, já que apresenta características consideradas desejáveis para o cultivo de qualquer cultura, como o fácil plantio, ciclo relativamente curto se comparado a outras culturas e uma rentabilidade estável, o que chama atenção dos produtores (SANGAKKARA; SOMARATNE, 1988; KAHRAMAN *et al.*, 2014).

2.3 Cultivo de feijão-mungo

O feijão-mungo é uma cultura de crescimento rápido, anual, apresentando fácil adaptação a regiões tropicais e subtropicais. Devido ao seu curto ciclo de vida, pode-se ajustar seu sistema de cultivo durante a primavera e verão, inclusive repetindo-se o plantio (RAINA *et al.*, 2016; ALI *et al.*, 2021). Por ser facilmente cultivada em ambientes com pouca água e ter capacidade de suportar condições de escassez hídrica, é considerada tolerante à seca, requerendo menor quantidade de água para completar seu crescimento (MOGOTSI, 2006; HAIDER *et al.*, 2018; ARSHAD *et al.*, 2020).

Pesquisas realizadas no Brasil, em Primavera do Leste, MT, em 2016, demonstram a boa capacidade para tolerância a seca pelo feijão-mungo (FARIAS NETO *et al.*, 2019). Por tal característica, é considerada cultura adaptável ao clima semiárido e árido com estação chuvosa curta e estação seca prolongada (MOTA *et al.*, 2021; RAHMIANNA *et al.*, 2021)

A demanda hídrica da cultura é em média de 350 a 500 mm por ciclo (HARRIS; MACE, 2013). O manejo adequado da irrigação e drenagem da área, bem como a determinação dos níveis ideais de água no solo, são de fundamental importância no cultivo (HERTEL *et al.*, 2014). Isso porque a saturação por água prejudica a nodulação da planta e, conseqüentemente, a fixação biológica de nitrogênio, podendo levar a prejuízos na produção e, até mesmo, a morte da planta a depender do nível de saturação de água no solo.

Por ser uma leguminosa, o feijão-mungo tem capacidade de fixar o nitrogênio da atmosfera pelo processo de simbiose de microrganismos o que ajuda a manter a fertilidade do solo (MEENA *et al.*, 2016). A taxa média de nitrogênio atmosférico fixado pelo feijão-mungo é de 30 a 50 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (TORABIAN *et al.*, 2019 ; KHAN *et al.*, 2020). É bem adequado para ser consorciado com cereais em solo limitado em nitrogênio. Desta forma, poderá ajudar no aumento da produtividade das culturas através da fixação biológica de nitrogênio (KAUR *et al.*, 2018; ARSHAD *et al.*, 2020).

Outra característica importante do cultivo de feijão-mungo é que seu porte, caracterizado como ereto/semiereto, permite a mecanização da lavoura, com aproveitamento do mesmo maquinário utilizado na cultura da soja.

Pela possibilidade de cultivo em grande escala no estado de Mato Grosso, a Embrapa Meio-Norte vem conduzindo experimentos para testes de linhagens dessa cultura com o objetivo de recomendar cultivares para a safrinha. Os primeiros estudos indicaram que o aproveitamento do maquinário e mão-de-obra utilizados na cultura da soja, tornam o feijão-mungo uma cultura promissora para o cultivo neste determinado período (FARIAS NETO *et al.*, 2019).

2.4 Densidade de plantio

Muitos fatores afetam o rendimento de uma cultura, o número de plantas por área é, talvez, um dos mais importantes nessa determinação (NAIM; JABERELDAR, 2010; NJOKU; MUONEKE, 2008). O número de plantas por área é conhecido pela expressão “densidade de plantio” e trata do arranjo e número de plantas em uma determinada área. A densidade de plantio irá influenciar o índice de área foliar, o ângulo de inserção foliar e a interceptação da luz incidente por outras partes da planta, principalmente, das partes inferiores do dossel. A influência na interceptação de radiação solar incidente é fator determinante no rendimento de grãos por uma planta (CARDOSO *et al.*, 2015).

O baixo rendimento do feijão-mungo algumas vezes pode estar relacionado a densidade inadequada de plantas no campo. Uma alta densidade de plantio pode causar um estiolamento das plantas, dificuldades no manejo de pragas e doenças e uma grande demanda por operações interculturais (KERES *et al.*, 2019). Já uma baixa densidade pode causar evaporação mais rápida da água do solo, bem como ocupação ineficiente da área de cultivo, ambos contribuindo para a queda de rendimentos.

Trabalhos realizados com feijão-caupi, que tem características semelhantes ao feijão-mungo, mostraram que o adensamento de plantio parece ser positivo, pois mesmo com a redução do número de vagens por planta, o número de vagens por área tende a aumentar. Tal fato é importante já que esta última variável está diretamente relacionada a produtividade (MAKOI *et al.*, 2009).

Cardoso *et al.* (2015), em trabalho com feijão-caupi de porte semi-prostrado, conduzido no campo experimental da Embrapa Meio Norte, em Teresina, Piauí, também observaram respostas decrescentes, de forma linear, para variável número de vagens por planta e um aumento no número de vagens por área, conforme aumentou-se a densidade de cultivo de feijão-caupi, corroborando com os resultados encontrados por Makoi *et al.* (2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na horta didática do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará – UFC, no período de 9 de novembro a 29 de dezembro de 2021. A área está situada a 03°44'17,3" de latitude Sul e 38°34'29,1" de longitude Oeste, sendo a altitude de 21 m. O clima, segundo Köppen, é definido como tropical com verão seco.

Os dados meteorológicos, temperatura e umidade relativa do ar, durante a condução do experimento, foram obtidos junto à estação agrometeorológica pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza-CE. A temperatura média foi de 29 °C, oscilando entre 26,9 °C de temperatura mínima a 32,5 °C de temperatura máxima. A média da umidade relativa do ar foi de 71,5%.

O sistema de irrigação empregado foi o do tipo localizada por microaspersão, sendo a irrigação realizada ao final da tarde durante todo o experimento. O tempo de rega foi de, aproximadamente, 40 minutos.

O solo da área experimental foi amostrado na camada de 0-20 cm de profundidade, apresentando as seguintes características físico-químicas: pH (água) = 7,6; P = 292,1 mg dm⁻³; K⁺ = 100 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 5,98 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ = 0,45 cmolc dm⁻³; H+Al = 0,66 cmolc dm⁻³; SB = 6,69 cmolc dm⁻³; CTC = 7,35 cmolc dm⁻³ e V = 91%. A análise de solo é apresentada na tabela 1.

Tabela 1. Análise do solo coletado na área de realização da pesquisa.

pH	P	K	Na	Ca²⁺	Mg²⁺	Al³⁺	H+Al	SB	t	T
H ₂ O		mg dm ⁻³					cmolc dm ⁻³			
7,6	292,1	100	-	5,98	0,45	0,0	0,66	6,69	6,69	7,35
V	m	ISNa	MO	Prem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	%		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹			mg dm ⁻³			
91	0,0	-	4,43	53,8	80	16,6	64,8	2,4	0,5	-

Legenda: pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5; P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich 1; Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol L⁻¹; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ - pH 7,0; B - Extrator água quente; S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio; ISNa - Índice de Saturação de Sódio; Mat. Org. (MO) = C.Org x 1,724 - Walkley-Black; P-rem = Fósforo Remanescente.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com cinco

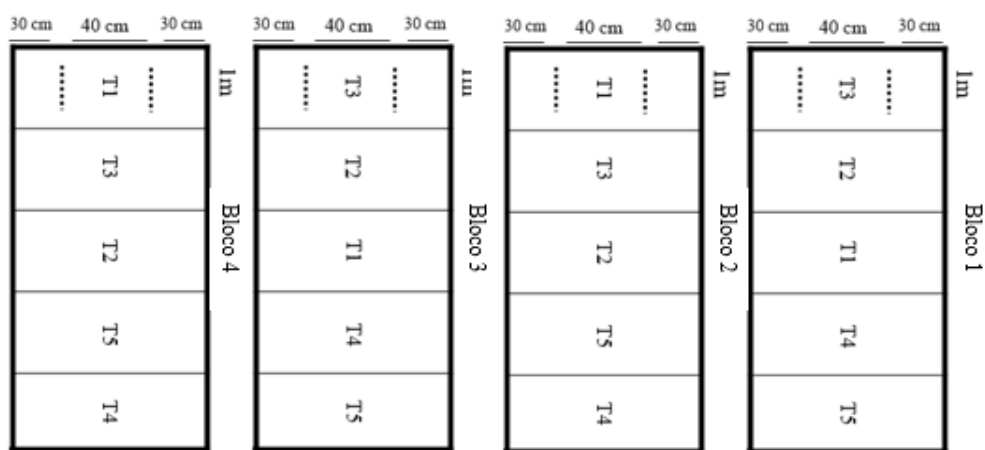
tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram determinados por diferentes densidades de plantas por metro linear. As parcelas dos tratamentos foram configuradas com as dimensões de 1 m de comprimento por 1 m de largura, delimitando uma área de 1 m² com duas fileiras de plantas espaçadas a 0,4 m e um espaçamento de 0,3 m de cada extremidade, dessa forma, cada parcela tinha duas filas com 1 m linear cada, das quais foram calculadas a densidade de plantas por hectare. Dessa forma, a quantidade de plantas por hectare foi obtida multiplicando-se o número de plantas por metro linear pela quantidade de metros quadrados disponíveis na área útil de plantio, sendo considerada como área de plantio, um total de 77% de área plantada, uma vez que, em média, 23% é composta por área de trânsito e corredores, com isso, foi considerado em 1 hectare, a área útil de 7.700 m². O quadro abaixo detalha os tratamentos:

Tabela 2. Número de plantas de feijão-mungo por metro linear e densidade total de plantas por hectare utilizadas no experimento. Fortaleza-CE, UFC, 2022.

Tratamento	Plantas por metro linear	Plantas por hectare
T1	10	154.000
T2	15	231.000
T3	20	308.000
T4	25	385.000
T5	30	462.000

A parcela experimental foi representada por uma área de 1 m de comprimento por 1 metro de largura, com duas fileiras de plantas espaçadas 0,4 m entre si e distanciadas em 0,3 m de cada extremidade lateral do canteiro (Figura 1).

Figura 01. Croqui do experimento.



T1 = 10 plantas por metro linear (154.000 ha^{-1}); T2 = 15 plantas por metro linear (231.000 ha^{-1}); T3 = 20 plantas por metro linear (308.000 ha^{-1}); T4 = 25 plantas por metro linear (385.000 ha^{-1}) e T5 = 30 plantas por metro linear (462.000 ha^{-1}).

A semeadura foi realizada em covas de 2 cm de profundidade, sendo colocadas três sementes por cova. Aos sete dias após a semeadura foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por cova, mantendo-se a densidade de plantas estabelecida previamente por metro linear para cada tratamento.

As capinas foram realizadas periodicamente e de forma manual. Os canteiros da área experimental foram adubados, antes da semeadura, com composto orgânico proveniente do processo de compostagem de restos vegetais e esterco animal.

3.3 Avaliações

As avaliações foram realizadas para as características vegetativas de crescimento, produtivas e fisiológicas das plantas.

3.3.1 Variáveis de crescimento

As avaliações das variáveis de crescimento foram divididas em duas etapas. Primeiro foram realizadas medições de altura das plantas, diâmetro de caule e contagem do número de folhas, em 10 plantas por parcela, ainda em campo, aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura (DAS). Já aos 30 DAS, 10 plantas por parcela foram colhidas, sendo então realizadas avaliações de altura das plantas, diâmetro de caule, número de folhas e massa fresca e seca da parte aérea.

A altura da planta foi obtida com o auxílio de uma régua graduada em centímetros levando em consideração a distância vertical da base da planta (colete) até a extremidade da gema apical da planta. A quantificação das folhas foi realizada através de contagem direta.

O diâmetro do caule foi mensurado com auxílio de um paquímetro digital graduado em milímetros a uma altura de, aproximadamente, 3 cm em relação a região do coleto da planta.

A massa fresca foi obtida a partir do peso, em balança digital, da parte aérea das plantas e para a quantificação da massa seca, os materiais vegetais frescos, após pesagem, foram colocados em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 65°C , por 72 h, até atingir massa constante e, posteriormente, sua massa quantificada com auxílio de uma balança digital de precisão.

3.3.2 Variáveis produtivas

Para as variáveis produtivas, 10 plantas de cada tratamento foram marcadas para repetição das avaliações. Aos 7 dias após o início da floração foi realizada a contagem direta do número de flores nestas plantas. Aos 48 DAS foi realizada a primeira colheita. A segunda foi realizada dois dias após a primeira, quando as plantas estavam com 50 DAS.

As vagens colhidas e identificadas foram levadas para o laboratório de olericultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará-UFC. Avaliaram-se as seguintes variáveis: número de vagens por planta, comprimento das vagens, diâmetro das vagens, número de sementes por vagem, comprimento da semente, diâmetro da semente, peso de mil sementes e produtividade $t\ ha^{-1}$.

O número de vagens por planta foi obtido pela contagem manual do total de vagens colhidas em cada uma das 10 plantas analisadas por tratamento e repetição. O comprimento e o diâmetro das vagens foi obtido com o auxílio de um paquímetro digital graduado em milímetros. Em seguida, as sementes foram retiradas das vagens sendo contabilizadas manualmente para o registro do número de sementes por vagem. Foram escolhidas, aleatoriamente, uma vagem de cada planta analisada para medição do comprimento e diâmetro das sementes. Esta análise também foi realizada com o auxílio de um paquímetro digital.

Para a obtenção do peso de mil sementes. Contou-se ao acaso e manualmente, oito repetições de 100 sementes cada. Em seguida as sementes de cada repetição foram pesadas em gramas com auxílio de balança digital utilizando-se quatro casas decimais. O resultado do peso de mil sementes foi calculado multiplicando-se por 10 o peso médio obtido das oito repetições de 100 sementes (RAS,2009).

O peso das sementes também foi registrado para cada planta individualmente. Todas as sementes de cada planta foram pesadas e os respectivos pesos registrados para contabilizar a produção total. Neste caso multiplicou-se a produção por planta pela quantidade de plantas por hectare em cada tratamento, sendo então obtida a produtividade em toneladas por hectare.

3.3.3 Avaliações fisiológicas

As avaliações fisiológicas foram realizadas aos 30 DAS, sendo realizada em folha totalmente expandida, exposta a luz e, preferencialmente, no terço superior da planta. Para as análises utilizou-se um analisador de gás infravermelho (IRGA), modelo portátil LI6400XT, LI-COR, Biosciences Inc. Lincon, Nebraska (USA) sendo determinados os seguintes fatores fisiológicos: fotossíntese líquida ($A - \mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$), condutância estomática ($gs - mol\ H_2O$

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração de CO_2 interno (C_i - $\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$), a razão entre a concentração interna de CO_2 e o ambiente (C_i/C_a) e a eficiência de carboxilação instantânea (A/C_i). A partir das relações A/E e A/g_s , foram calculadas a eficiência instantânea do uso da água (EUA) e a eficiência intrínseca do uso da água (EUAI), respectivamente.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F), com comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis de crescimento de feijão-mungo das plantas colhidas, cultivados em diferentes densidades de plantio, a altura da planta (ALT), número de folhas por planta (NF) e massa fresca da planta (MF) apresentaram diferenças significativas. Para o diâmetro do caule (DC) e massa seca da planta (MS) não foi observada diferença estatística entre os tratamentos. Já para as variáveis de crescimento das plantas, ainda em campo, somente a altura de plantas diferiu estatisticamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios das características vegetativas altura da planta (ALT), diâmetro do caule (DC), número de folhas por planta (NF), massa fresca da planta (MF) e massa seca (MS) de plantas feijão-mungo aos 30 dias após a semadura cultivadas em diferentes densidades de plantio

Tratamentos ¹	Plantas colhidas				
	ALT	DC	NF	MF	MS
	cm	mm		g	
T1	23,5 b	6,1 ^{ns}	9,2 a	45,8 ab	8,4 ^{ns}
T2	30,4 ab	5,8	7,5 ab	39,7 b	7,6
T3	35,8 ab	5,8	7,5 ab	49,2 ab	7,7
T4	37,6 a	6,4	8,2 ab	66,9 a	10,2
T5	37,9 a	5,4	6,7 b	40,3 b	6,5
C.V. (%)	17,37	10,84	12,51	22,62	24,22

¹ Tratamentos: T1 (10 plantas por metro linear-154000/ha). T2 (15 plantas por metro linear-231000/ha). T3(20 plantas por metro linear-308000/ha). T4 (25 plantas por metro linear-385000/ha). T5 (30 plantas por metro linear-462000/ha). Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste “t”, a 5% de probabilidade.

Para a variável altura das plantas, o T5 foi o que proporcionou maior valor com plantas medindo em média 37,9 cm de altura. Em contraposição, o T1, tratamento menos adensado, apresentou plantas menores medindo, em média, 23,5 cm. Com base nestes resultados pode-se inferir que com aumento da densidade populacional de plantas há também aumento na altura das plantas. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que o maior adensamento das plantas gera uma sobreposição de folhas entre plantas e, conseqüentemente, sombreamento, o que faz com que as plantas invistam mais fotoassimilados em crescimento na tentativa de ficarem mais expostas a luz para a realizarem fotossíntese, tudo isso fazendo com que tenham uma maior altura (GUIMARÃES *et al.*, 2017; ROCHA, 2019).

Com relação à diferença estatística observada para a massa fresca das plantas, supõe-se que tal resultado possa estar mais relacionado com o status hídrico da planta no momento das avaliações ou na colheita, uma vez que a massa seca não diferiu estatisticamente. A massa seca

representa o acúmulo de fotoassimilados pelas plantas, sendo mais estável já que indica a absorção de nutrientes e o funcionamento das atividades fotossintéticas (TAIZ *et al.*, 2017).

Essa maior altura de plantas observada para o tratamento mais adensado, com população de 462.000 plantas por hectare, foi observada desde as primeiras análises de altura, ou seja, quando as plantas estavam com 14 DAS (Tabela 4), o que se repetiu aos 21 e 28 DAS, quando as plantas ainda estavam em campo.

Tabela 4 - Valores médios das características vegetativas altura da planta (ALT), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) de plantas de feijão-mungo cultivadas em diferentes densidades de plantio. As medições foram realizadas com as plantas em campo aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura, sendo indicadas, respectivamente, com os números 1, 2 e 3 para cada data de avaliação para cada variável.

Tratamentos ¹	Plantas em campo								
	ALT1	ALT2	ALT3	DC1	DC2	DC3	NF1	NF2	NF3
	cm			mm					
T1	5,89b	8,1b	15,6b	2,0ns	3,3ns	5,4ns	1,5ns	3,3ns	6,4ns
T2	6,36b	10,1ab	22,2ab	2,3	3,8	5,8	1,9	4,0	6,5
T3	6,83b	11,4a	25,1 a	2,1	3,9	5,9	1,8	3,8	6,3
T4	7,47ab	12,0a	25,5 a	2,2	3,6	5,5	1,9	3,8	5,2
T5	8,69a	12,2 a	24,5 a	2,0	3,0	4,7	1,6	3,5	5,1
C.V. (%)	10,88	12,11	13,53	7,17	12,15	13,78	13,03	11,52	13,96

¹ Tratamentos: T1 (10 plantas por metro linear-154000/ha). T2 (15 plantas por metro linear-231000/ha). T3(20 plantas por metro linear-308000/ha). T4 (25 plantas por metro linear-385000/ha). T5 (30 plantas por metro linear-462000/ha). Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste “t”, a 5% de probabilidade.

Ainda para as variáveis de crescimento das plantas colhidas, para o número de folhas, apesar de não ter sido observada diferença significativa entre os tratamentos para as três datas de avaliação (Tabela 4), mas somente ao final do experimento (Tabela 3), verificou-se um comportamento contrário ao da altura das plantas, já que o T1, representado pelo cultivo menos adensado foi o que apresentou o maior número de folhas e o T5, que é o mais adensado, apresentou o menor número de folhas por planta. Logo, a variável número de folhas por planta mostrou-se inversamente proporcional ao aumento da densidade populacional de plantas.

Tal resultado pode ser compreendido a partir do entendimento de que algumas espécies vegetais apresentam alta plasticidade fenotípica. Ribeiro *et al.* (2004) relataram em seu trabalho que os cultivos menos adensados foram os que apresentaram maior número de folhas, possivelmente com a finalidade de ocupar o espaço, mostrando assim alto poder de plasticidade dessa leguminosa, em função da densidade de plantas por área. Salienta-se ainda que o maior número de folhas somente foi observado nas plantas colhidas ao final da pesquisa, não sendo

verificada sua diferença nas avaliações das plantas em campo, em que não diferiu o número de folhas entre as densidades avaliadas até os 28 DAS (Tabela 3).

A emergência das plântulas ocorreu aos três DAS. A primeira folha surgiu 11 DAS, a segunda folha aos 13 DAS, a terceira folha aos 15 DAS, a quarta folha aos 18 DAS, a quinta folha aos 21 DAS, a sexta folha aos 22 DAS, a sétima folha aos 24 DAS, a oitava folha aos 25 DAS e a nona folha aos 27 DAS, quando encerrou o crescimento vegetativo e o surgimento dos primeiros botões florais. Dessa forma, a fase vegetativa das plantas perdurou por 26 dias, a contar da emergência das plantas até o momento do surgimento dos primeiros botões florais. Os primeiros botões florais surgiram a partir dos 27 DAS e sua plena floração aos 29 DAS. O aparecimento das primeiras vagens ocorreu aos 30 DAS e o início de sua maturação 11 dias após o surgimento das primeiras vagens.

Para as variáveis produtivas avaliadas (Tabela 5), número de flores (NF), número de vagens por planta (NVP), comprimento da vagem (CV), número de grãos por vagens (NGV), diâmetro de grão (DG), peso de mil sementes (PMS) e produção por planta (PROD PL⁻¹) não foram verificadas diferenças entre os tratamentos. As variáveis diâmetro da vagem (DV), comprimento do grão (CG) e produção por hectare (PROD ha⁻¹) diferiram estatisticamente entre as diferentes densidades estudadas.

Tabela 5 - Valores médios da produção por planta (PROD PL⁻¹), produção por hectare (PROD ha⁻¹), número de flores (NF), número de vagens por planta (NVP), comprimento da vagem (CV), diâmetro da vagem (DV), número de grãos por vagem (NGV), comprimento do grão (CG), diâmetro do grão (DG) de feijão-mungo cultivado em diferentes densidades de plantio.

TRAT ¹	PROD PL ⁻¹	PROD ha ⁻¹	NF	NVP	CV	DV	NGV	CG	DG	PMS
	g	ton			mm			mm		g
T1	8,4 ns	1,3 b	4,5ns	11,9ns	9,1ns	5,9 a	11,5ns	5,6 a	3,99 ns	64,70 ns
T2	8,3	2,0 ab	5,4	13,1	9,1	5,6ab	11,6	5,3 ab	3,84	61,00
T3	7,7	2,4 ab	5,0	12,5	8,9	5,5 b	11,3	5,3 ab	3,86	61,11
T4	7,2	2,8 a	4,7	11,6	9,0	5,5ab	11,6	5,3 ab	3,85	60,73
T5	5,2	2,4 ab	4,3	8,9	8,6	5,1 c	11,0	5,25 b	3,84	47,72
CV%	28,61	25,93	30,62	25,95	3,04	3,4	2,85	2,44	1,72	18,38

¹ Tratamentos: T1 (10 plantas por metro linear-154000/ha). T2 (15 plantas por metro linear-231000/ha). T3(20 plantas por metro linear-308000/ha). T4 (25 plantas por metro linear-385000/ha). T5 (30 plantas por metro linear-462000/ha). Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste “t”, a 5% de probabilidade.

Das variáveis analisadas, o número de vagens por planta é considerado determinante para avaliar a capacidade produtiva das plantas de feijão-mungo (KAYSHA *et al.*, 2020). Neste estudo, o número de vagens por planta não diferiu, indicando boa capacidade produtiva das plantas mesmo nos cultivos mais adensados.

Os resultados estão diferentes daqueles encontrados por outros pesquisadores ao citarem que o número de vagens por planta é o componente mais afetado pelo aumento da densidade das plantas de feijão-mungo, o que ocorreria em consequência da redução na emissão de inflorescências e flores devido a competição intraespecífica nessa fase fenológica que é a mais delicada no ciclo de vida da planta (ALVES *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2015; CAMARA *et al.*, 2018). Neste estudo, o número de flores por planta não diferiu, o que justifica a não diferença do número de vagens por planta entre os tratamentos.

Diferenças foram encontradas para o diâmetro da vagem e o comprimento do grão, que foi maior no tratamento menos adensado (T1) e menor no mais adensado (T5). Quanto ao diâmetro da vagem, Ihsanullah *et al.* (2002) relataram que este é um parâmetro que pode ser geneticamente controlado e menos afetado pelas mudanças no microambiente em plantas de feijão-mungo. Neste trabalho, apesar do diâmetro das vagens e o comprimento dos grãos terem diferido estatisticamente entre os tratamentos sendo os menores valores observados para as maiores densidades de plantio, isso não foi suficiente para interferir negativamente na produtividade, uma vez que o peso de mil sementes e a produtividade por planta não diferiram entre os tratamentos.

Os tratamentos mais adensados apresentaram a maior produção por hectare, não tendo sido observada diferença entre as densidades de 15 a 30 plantas por metro linear. Esses resultados corroboram com os obtidos por Sousa *et al.* (2019) e Hara *et al.* (2019) que observaram rendimento máximo de grãos em cultivos adensados.

Para as características fisiológicas avaliadas não foram encontradas diferenças significativas, à exceção da condutância estomática, que foi maior para o T1 (10 plantas por metro linear) em relação aos demais (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios da fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração de CO₂ na câmara subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), razão entre a concentração de CO₂ na câmara subestomática e a concentração de CO₂ no ambiente (Ci/Ca) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência do uso da água instantânea (EUAI) de plantas de feijão-mungo, aos 30 dias após a semeadura. Fortaleza, CE, UFC, 2022

Trat ^l	Photo (A)	Cond (gs)	Ci	Transp (E)	Ci/Ca	A/Ci	EUA	EUAI
	$\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol CO}_2\text{mol}^{-1}$	$\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$				
T1	34,1ns	0,63 a	275,6ns	8,14ns	0,7ns	0,12ns	4,20ns	54,6ns
T2	32,9	0,59 ab	275,3	7,68	0,7	0,12	4,28	55,5
T3	32,6	0,53 b	266,9	7,84	0,7	0,12	4,16	60,9
T4	34,1	0,58 ab	267,8	7,77	0,7	0,12	4,38	59,2
T5	31,9	0,57 ab	274,8	7,64	0,7	0,11	4,16	56,4
C.V. (%)	11,0	5,95	3,73	4,77	3,25	15,8	9,79	7,87

¹ Tratamentos: T1 (10 plantas por metro linear-154000/ha). T2 (15 plantas por metro linear-231000/ha). T3(20 plantas por metro linear-308000/ha). T4 (25 plantas por metro linear-385000/ha). T5 (30 plantas por metro linear-462000/ha). Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste “t”, a 5% de probabilidade.

A condutância estomática é uma variável fisiológica que controla o fluxo de água do mesófilo foliar para atmosfera e a entrada de CO₂ para a câmara subestomática. Quando os estômatos abrem, expõem simultaneamente a umidade interna da folha a uma atmosfera comparativamente seca, este gradiente de pressão de vapor folha-ar impulsiona a transpiração, ao mesmo tempo em que ocorre a entrada de CO₂, sendo sensível a múltiplos fatores ambientais (LIMA *et al.*, 2016; CABRERA *et al.*, 2021). Nesta pesquisa, essa foi a única variável que apresentou diferença fisiológica, sendo maior para o tratamento T1, com menor densidade populacional e menor para o T3, com valores semelhantes para T2, T4 e T5.

Apesar da redução da condutância estomática nos tratamentos T2,T3,T4 e T5 em relação ao T1, isso não foi suficiente para ocasionar uma diminuição simultânea na perda de água para a atmosfera ou da entrada de CO₂ para realização da fotossíntese, não impactando também na EUA e EUAi. Assim, a eficiência do uso da água foi semelhante para todas plantas nas diferentes densidades estudadas.

A fotossíntese líquida, ou seja, o balanço entre o que é produzido no interior dos cloroplastos e o consumido pelo processo respiratório (PEIXOTO *et al.*, 2011; PEDÒ *et al.*, 2014) indicou semelhante eficiência fotossintética das plantas em todas as densidades de cultivo avaliadas. Esse desempenho pode ser explicado pela interceptação regular da radiação luminosa sobre as plantas. Tal resultado indica que as densidades populacionais utilizadas parecem ter sido adequadas já que não foi verificada competitividade entre as plantas, pelo menos quanto a luminosidade, nem mesmo nas populações mais adensadas.

5 CONCLUSÃO

As maiores densidades de plantio de feijão-mungo (15 a 30 plantas por metro linear) proporcionaram a obtenção das maiores produtividades.

As densidades de plantio de feijão-mungo foram adequadas já que não interferiram negativamente nos fatores fisiológicos mensurados.

REFERÊNCIAS

- ABUD, H. F.; MESQUITA, C. M. S.; SARMENTO, E. C. S.; MELO, R. S.; LIMA, K. A. P.; SILVA, A. K. F. **Image analysis of the seeds and seedlings of *Vigna radiata* L.** Revista Ciência Agronômica, v. 53, e20207303, 2022, 1-9p.
- ALI, A.; AROOJ, B.A.; KHAN, M.A.; NADEEM, M.; IMRAN, M.E.; SAFDAR, M.M.; AMIN, A.; AZIZ M.F.A. Otimização do crescimento e produtividade de cultivares de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.) alterando as datas de semeadura. **Jornal de Pesquisa Agrícola do Paquistão** , 34(3): 559-568. 2021
- ALVES, A.F.; ANDRADE, M.J.B.; RODRIGUES, J.R.M. *et al.* **Densidades populacionais para cultivares** alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. Ciência e Agrotecnologia, v.33, n.6, p. 1495-1502, 2009.
- ARSHAD, M.; AHMAD, S.; SHAH, G. A.; NAWAZ, R.; ALI, S. Growth and yield performance of *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek influenced by altitude, nitrogen dose, planting pattern and time of sowing under sole and intercropping with maize. **Biotechnologie Agronomie societe et Environnement**. 24(3): 142-155.. Biotechnologie Agronomie, Société et Environnement. 24. 10.25518/1780-4507.18577. (2020).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CABRERA, J. C. B.; HIRL, R.T.; SCHAUFLELE, R.; MACDONALD, A.; SCHNYDER, H. Stomatal conductance limited the CO₂ response of grassland in the last century. **BMC Biology**. 19. 10.1186/s12915-021-00988-4. (2021).
- CÂMARA, F.T.; MOTA, A. M. D; NICOLAU, F. E. A.; PINTO, A. A.; SILVA, J.M.F. Produtividade de feijão caupi crioulo em função do espaçamento das linhase número de plantas por cova. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 19-24, 2018.
- CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A. Densidades de plantas de feijão-caupi de porte semi-prostrado sob irrigação. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 21 p. (**Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 110),2015.

FARIAS NETO, A.L.; NASCIMENTO, A. F.; ROSSONI, A.L.;(organização), et al.,Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável. – Brasília, DF: Embrapa, 2019.

FAO. *Boscia angustifolia* Guill. e Perr.. Índice de pastagens. Um catálogo pesquisável de leguminosas gramíneas e forrageiras. **FAO**, Roma, Itália. 2016.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo ABRATES, Londrina, v.20, p.037-038, 2010.**

GUIMARÃES, M. A; Lemos Neto, H. S.; Araújo, R. B.; Lima Neto, B. P.; Silva, V. B.; Mesquita, R. O. Sistemas de tutoramento e espaçamentos de plantio na produção de feijão de metro. **Horticultura Brasileira, v.35, n.4, p.613–620, 2017.**

HAIDER, M. U.; FAROOQ, M.; NAWAZ, A.; HUSSAIN, M. Foliage Applied Zinc Ensures Better Growth, Yield and Grain Biofortification of Mungbean. **Int. J. Agric. Biol., Vol. 20, No. 12, 2018.**

HARA, F. A. S; VENDRUSCOLO, J.; BASTOS, A. L. B. Effect of planting density on cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and on the characteristics of an Oxisol in Central Amazonia. **Conjecturas, ISSN: 1657-5830, Vol. 21, N° 1.2019.**

HARRIS, G.; MACE, G. Irrigated mungbeans-best practice guide. In: WATERpak — **a guide for irrigation management in cotton and grain farming systems.** Queensland, 2013.

HERTEL, K.; CUMMING, G; SERAFIN, L.; JENKINS, L. Mungbean. In: MOORE, N.; SERAFIN, L.; JENKINS, L. **Summer crop production guide.** Australia: NSW, p. 37- 47, 2014.

IBRAFE, INSTITUTO BRASILEIRO DE FEIJÃO E PULSES. **Cotação Referente a 14 de abril de 2019.** Disponível em: <http://www.ibrafe.org>. Acessado em: 14 de abril de 2019.

IHSANULLAH, F.H.; Taj, H.; Akbar, A. BASIR; ULLAH, N. Effect of row spacing on agronomic traits and yield of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). **Asian J. Plant Sci.**, 1: 328-329. 2002.

ISLAM, M.R.; KAMAL, M.M.; ALAM, M.A.; HOSSAIN, J.; SOUFAN, W.; SKALICKY, M.; BRESTIC, M.; HABIB-UR-RAHMAN, M.; EL SABAGH, A.; ISLAM, M.S. Physiochemical Changes of Mung Bean [*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek] in Responses to Varying Irrigation Regimes. **Horticulturae** 2021, 7, 565. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7120565>.

KAHRAMAN, A.; ADALI, M.; ONDER, M.; KOC, N. Mung Bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] as Human Food. **International Journal of Agriculture and Economic Development, Stanford, v. 2, n. 2, p. 9, 2014.**

KAUR, G.; JOSHI, A.; JAIN, D. SSR-Marker assisted evaluation of Genetic Diversity in Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) genotypes **Biological and Applied Sciences, Braz. arch. biol. technol.** 61, 2018 • <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2016160613>.

KAYSHA, K.; SHANKA, D.; BIBISO, M. Performance of mung bean (*Vigna radiata* L.) varieties at different NPS rates and row spacing at Kindo Koysha district, Southern Ethiopia. **Cogent Food & Agriculture**. 6. 10.1080/23311932.2020.1771112, 2020.

KERES, G.; Silva, E.C.; OLIBONE, D.; PIVETTA, L. G.; OLIBONE, A. P. E. Desempenho de feijoeiro mungo em densidades populacionais e espaçamento entre linhas no Mato Grosso. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 18, n. 3, p. 251-258, 2019.

KHAN, B. A. A.; HUSSAIN, A.; ELAHI, M.; ADNAN, M.M.; AMIN, M.D.; TOOR, A.; AZIZ, M.K.; SOHAIL, A.; WAHAB, R. A. **Efeito do fósforo no crescimento, produtividade e qualidade da soja (*Glycine max* L.)**; Uma revisão. *Int. J. Appl. Res.*, 6(7): 540-545.2020.

LAMBRIDES C.J.; GODWIN I.D. Mungbean. In: Chittarajan K. **Genome mapping and molecular breeding in plants**. Vol. 3. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer, 69-90. Li C. et al., 2009. Crop diversity for yield increase. *PLoS ONE*, 4, e8049, doi.org/10.1371/journal.pone.0008049. 2006.

LIMA, M. J. A; FARIAS, V. D. S; COSTA, D. L. P; SAMPAIO, L. S.; SOUZA, P. J. P. O. Joint effect of meteorological variables on cowpea stomatal conductance. *Pesquisa. Hortic. Bras.* 34 (4), Oct-Dec 2016.

MAKOI, J. H. J. R.; CHIMPHANGO, S. B. M.; DAKORA, F. D. Effect of legume plant density and mixed culture on symbiotic N₂ fixation in five cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] **genotypes in South Africa. Symbiosis, Philadelphia**, v. 48, n. 1, p. 57-67, 2009.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.

MEENA, S.; SWAROOP, N.; DAWSON, J. Effect of integrated nutrient management on growth and yield of green gram (*Vigna radiata* L.). **Agricultural Science Digest**, v. 36, n. 1, p. 63-65, 2016.

MIRANDA, G.V.; SANTOS, I.C.; PELUZIO, J.M.; BESSA, J.C.A.; COIMBRA, R. R. Comportamento de linhagens de feijão-mungo no sul do Estado do Tocantins. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 148-151, 1996.

MOGOTSI K.K. *Vigna radiata* (L.) R.Wilczek. In: **Brink M. & Belay G., eds. PROTA 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs**. [CD-Rom]. Wageningen, The Netherlands: PROTA. 2006.

MONDAL, M. M. A.; PUTEH, A.B.; MALEK, M.A.; ISMAIL, M.R.; RAFII, M.Y.; LATIF, M.A. Seed yield of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) in relation to growth and developmental aspects. **The Scientific World Journal**, 2012.

MOTA, F. M.; BALLA, D. S.; DODA, M. B. Resposta de Variedades de Feijão-mungo (*Vigna radiata* L.) às Taxas de Aplicação e Métodos de Fertilizante NPS Misturado no Humbo. **Jornal Internacional de Agronomia**, v. 2021, 2021.

NAIM, A. M.; JABERELDAR, A. A. Effect of plant density and cultivar on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**,

Giza, v. 4, n. 8, p. 3148-3153, 2010.

NAIR, R.; SCHREINEMACHERS, P. **Global Status and Economic Importance of Mungbean**. 10.1007/978-3-030-20008-4_1. (2020).

NALAMPANG, A. Grain legumes in the tropics. Bangkok: **Departament of Agriculture**, 1992. 98 p.

OLIVEIRA, S. E. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q.; BRITO, R. R.; CARVALHO, M. W. Interação de níveis de água e densidade de plantas no crescimento e produtividade do feijão-caupi, em Teresina, PI. **Irriga, Botucatu**, v. 20, n. 3, p. 502-513, 2015.

OLIVEIRA, T. A.; OLIVEIRA, L. L. P.; FARIAS, W. C.; CARDOSO NETO, C.; MEDEIROS, L. C. Efeito da água residuária de dessalinizadores na germinação de feijão-mungo-verde. **Revista ACSA**: V. 9, n. 2, p. 37-41, abr - jun, 2013.

PAIMAN, P.; SUKHEMI; WIDYANINGSIH, N. (2021). Weed control technology to increase growth and yield of mungbean (*Vigna radiata* L.) in soils types. **Journal of Physics: Conference Series**. 1823. 012022. 10.1088/1742-6596/1823/1/012022.

PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; MARTINAZZO, E. G.; VILLELA, F. A.; LOPES, N. F.; MAUCH, C. R. Análise de crescimento de plantas de rabanete submetidas a doses de adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 1-7, 2014.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011, pag. 26 .

POEHLMAN, J.M. What we have learned from the International Mungbean Nurseries. In: **INTERNATIONAL MUNGBEAN SYMPOSIUM, 1**. Los Baños, Philippines. Proceedings... Taipei, Taiwan: AVRDC, 1978. p. 97-100.

RAHMIANNA , A. A.; BASUKI, T.; KOTE, M.; SERAN, Y. L.; RACHUPUTI, R. C. N. Increasing productivity of mungbean (*vigna radiata* (L.) Wilczek) under subsistence farming in Eastern Indonesia. IOP Conf. Series: **Earth and Environmental Science** 911 (2021) 012029 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/911/1/012029.

RAINA, S. K.; GOVINDASAMY, V.; KUMAR, M.; SINGH, A. K.; RANE, J.; MINHAS, P. S. **Variação genética nas respostas fisiológicas de feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) à seca**. Acta Fisiol. Plantar. 38(11): 1-12. 2016.

RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E.; POERSCH, N. L.; TRENTIN, M. Alterações em caracteres agromorfológicos em função da densidade de plantas em cultivares de feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 2, p. 167-173, 2004.

ROCHA, D. F.; OLIVEIRA, G. M.; ALMEIDA, R. L. C.; PEREIRA, A. V. A.; SANTOS, G. V. S. Desempenho do feijão-caupi a densidades de plantas na região Norte da Bahia. **Agropecuária Técnica**, v. 40, n. 3-4, p. 48-54, 2019.

SANGAKKARA, U.R.; SOMARATNE, H.M. Sources, storage condition and quality of

mungbean seeds cultivation in Sri Lanka. **Seed Science & Technology**, v.16, p.5-10, 1988.

SAYÃO, F.A.D.; BRIOSO, P.S.T.; DUQUE, F.F. Comportamento de linhagens de mungo verde em condições de campo em Itaguaí, RJ. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 659- 664, 1991.

SEHRAWAT, N.; YADAV, M.; SHARMA, A. K.; KUMAR, S.; SINGH, M.; KUMAR, V.; RAKESH; SHARMA, P.; SINGH, R. Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) as Functional Food, Agronomic Importance and Breeding Approach for Development of Climate Resilience: Current Status and Future Perspectives. **Asian Journal of Biological and Life Sciences**. 10. 87-92. 10.5530/ajbls.2021.10.14. 2021

SILVA, E. C.; PEIXOTO, N.; ARRUDA, N.; FERREIRA, C. F. F N.; GALVÃO, S. G. C.; SILVA, L. S.; REIS, W.; MENECHINI, W. Potencial fisiológico das sementes de *vigna radiata* produzidas em diferentes densidades populacionais. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, 10(1), 75–83. <https://doi.org/10.21206/rbas.v10i1.9603>. 2020.

SILVA, E. C.; PEIXOTO, N.; ARRUDA, N.; FERREIRA, N. C. F.; OLIVEIRA, L. A. B. Yield and development of mung bean according to the plant density. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 6, n. 4, p. 14-20, out./dez. 2019. ISSN 2358-6303.

SOMTA, P.; PRATHET, P.; ALISA KONGJAIMUN, A.; SRINIVES, P. Dissecting quantitative trait loci for agronomic traits responding to iron deficeincy in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. **Agrivita, Java**, v. 36, n.2, p. 101-111, 2014.

SOUSA, M. F. D. A.; CASTRO, F. M. D. E.; DAMASCENO, L. A.; MATOS, C. H. L. Densidade de plantio do feijão-caupi na produtividade da cultura e na supressão das plantas daninhas. **Rev. Agr. Acad.**, v. 4, n. 1, p. 102-109, 2019.

TAIZ, L.; Zeiger, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6º ed., Artmed, 2017. 888 p.

TANG, D.; DONG, Y.; REN, H.; LI, L.; HE, C. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (*Vigna radiata*). **Chemistry Central Journal**, v. 8, n. 4, p. 1-9, 2014.

TAUFIQ, A.; KRISTIONO, A. Effect of plant population on character expression of five mungbean genotypes under different soil fertility. **AGRIVITA Journal of Agricultural Science**. 38. 251-260. 10.17503/agrivita.v38i3.652. 2016.

TOMOOKA, N.; LAURUNGREANG, C.; NAKEERAKS, P.; EGAWA, Y.; THAVARASOOK, C. Center of genetic diversity, dissemination pathways and landrace differentiation in mungbean. In: Mungbean meeting 90. Chiang Mai, Thailand, 1990. **Proceedings, Tropical Agriculture Research Center**, Japan, p. 47-71. 1991.

TORABIAN, S., ABRIZ, S. F.; DENTON, M.D. **Os sistemas de preparo do solo influenciam a fixação de nitrogênio em leguminosas? Uma revisão**. Soil Lavoura Res., 185: 113-121. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.09.006>. 2019.

VAN RHEENEN, H. A. Estudo preliminar de fertilização cruzada natural em feijão-mungo, *Phaseolus aureus* ROXB. **Holanda Journal of Agricultural Science** , v. 12, n. 4, pág. 260-262,

1964.

VIEIRA, R.F.; NISHIHARA, M.K. Comportamento de cultivares de mungo-verde (*Vigna radiata*) em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 39, n. 221, p. 60-83, 1992.

VIEIRA, R.F.; PINTO, C.M.F.; VIANA, L.F. Comportamento de linhagens de mungo-verde no verão-outono na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Ceres**, 52:153-164, 2005.

VIEIRA, V.R.; VIEIRA, C. Cultivo de mungo-verde no verão, em Viçosa e Prudente de Morais. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.1, p.37-43, 2003.

WANG, F.; HUANG, L.; YUAN, X.; GUO, L.; XUE, C.; CHEN, X.;. Nutritional, phytochemical and antioxidant properties of 24 mung bean (*Vigna radiata* L.) genotypes. *Food Production, Processing and Nutrition*. 3. 28. 10.1186/s43014-021-00073-x. 2021.

WANG, J.; LI, J.; LIU, Z.; YUAN, X.; WANG, S.; CHEN, H.; CHEN, X.; CHENG, X.; WANG, L. Construction of a High-Density Genetic Map and Its Application for QTL Mapping of Leaflet Shapes in Mung Bean (*Vigna radiata* L.). **Frontiers in Genetics**. 11. 1032. 10.3389/fgene.2020.01032. (2020).

ZHANG, X.; SHANG, P.; QIN, F.; ZHOU, Q.; GAO, B.; HUANG, H.; YANG, H.; SHI, H.; YU, L. Chemical composition and antioxidative and anti-inflammatory properties of ten commercial mung bean samples. **LWT - Food Science and Technology**, Campinas, v. 54, n.1, p. 171 – 178, 2013.