



Realizando a Qualidade

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA CURSO DE
MESTRADO EM AGROECOLOGIA**

LINCON MATHEUS ARAUJO SILVA

**Efeitos da densidade de plantas no teor e conteúdo de nutrientes em
feijão-mungo-verde**

São Luís/MA

2020

LINCON MATHEUS ARAUJO SILVA
Engenheiro Agrônomo

**Efeitos da densidade de plantas no teor e conteúdo de nutrientes em
feijão-mungo-verde**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Heder Braun.
Coorientador: Prof. Dra. Cristina Silva Carvalho

São Luís/MA

2020

Silva, Lincon Matheus Araújo.

Efeitos da densidade de plantas no teor e conteúdo de nutrientes em feijão-mungo-verde / Lincon Matheus Araújo Silva. – São Luís, 2020.

59 f.

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Heder Braun.

1.*Vigna radiata* (L.). 2.Acúmulo de nutrientes. 3.Absorção. 4.Biomassa.
I.Título

CDU: 635.654-154.32

LINCON MATHEUS ARAUJO SILVA

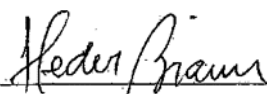
**Efeitos da densidade de plantas no teor e conteúdo de nutrientes em
feijão-mungo-verde**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Heder Braun
Coorientador: Prof. Dra. Cristina Silva Carvalho

Aprovado em 12/02/2020.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Heder Braun - Orientador

Doutor em Fitotecnia



Prof. Dra. Cristina Silva Carvalho

Doutora em Agricultura Tropical e Subtropical

Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr. Rogério Faria Vieira

Doutor em Fitotecnia

Universidade Estadual do Maranhão/EMBRAPA

A Cruz Sagrada seja a minha luz, não seja o dragão meu guia.

Retira-te, satanás!

Nunca me aconselhes coisas vãs.

É mau o que tu me ofereces, bebe tu mesmo o teu veneno!

Amém!

Oração de São Bento

AGRADECIMENTOS

Há muitas pessoas que preciso agradecer por alcançar esta titulação. Sem dúvida, seria impossível lembrar-me de todos que contribuíram durante esta jornada, mas como forma de reconhecimento a essas pessoas, muitas delas desconhecidas, fica aqui o compromisso de ajudar outras pessoas, buscando tornar essa atitude um ciclo contínuo.

Primeiramente, eu gostaria de lembrar dos meus orientadores, professor Heder Braun (UEMA), Professora Cristina Silva Carvalho (IAC/UEMA), pela influência direta em minha formação profissional e pelas “portas” abertas. Sem dúvida, graças a eles, levarei não somente um grande conhecimento em minha “bagagem”, mas também o espírito pesquisador de ser. Algo que perpetuará pelo resto da minha vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa concedida.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento do Maranhão – FAPEMA pelo financiamento do projeto.

À Universidade Estadual do Maranhão, pelos mais de 7 anos de estudos gratuitos e ensino de qualidade.

À minha família, em especial a minha mãe, uma professora exemplar, que se mostrou firme em todo esse período da minha ausência.

Ao meu pai emprestado João Batista e sua família, pelo exemplo de vida, humilde e caráter a ser seguido. Obrigado “Siô”, você como sempre fez a diferença.

À Gilmar por me acolher em seu lar, com amor e zelo, serei sempre grato.

Aos funcionários do programa, Neto, Jade, Maria, Paulino, Rayane, que sempre estão dispostos a ajudar.

E finalmente, aos meus amigos de graduação e mestrado, em especial Karen Alessandra, Marcelo Marinho e Cristina Carvalho pelos dias de companheirismo e também: Werlen, Ester e Vanessa.

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a conclusão de mais uma etapa de minha vida e que, embora não citados aqui, não deixam de merecer meu profundo agradecimento.

Obrigado a todos!

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| RESUMO GERAL | 10 |
| CAPÍTULO I | 11 |
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1. REVISÃO DE LITERATURA | 14 |
| 1.1.1 Considerações gerais sobre o feijão-mungo-verde | 14 |
| 1.1.2. Densidade de plantio | 15 |
| 1.1.3. Acúmulo de massa da planta seca..... | 17 |
| 1.1.4. Teor e conteúdo de nutrientes na massa da planta seca | 18 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 19 |
| CAPÍTULO II..... | 25 |
| 2. INTRODUÇÃO | 27 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 28 |
| 3.1.1 Tratamentos e delineamento experimental..... | 29 |
| 2.1.2 Instalação e condução dos experimentos..... | 30 |
| 2.1.3 Características avaliadas | 31 |
| 2.1.4 Análise estatística | 31 |
| 4. RESULTADOS..... | 32 |
| 5. DISCUSSÃO | 40 |
| 6. CONCLUSÃO | 44 |
| ANEXO | 48 |

Lista de Figuras

- Figura 1** - Precipitação pluvial mensal e temperatura máxima e mínima no período experimental, São Luís - MA. 29
- Figura 2** - Efeitos da densidade de plantas dentro dos espaçamentos entre fileiras no conteúdo de massa da parte aérea seca (kg ha^{-1}), 2018. As médias das variáveis dependentes foram comparadas pelo teste de Duncan ($n = 4$) ao nível de 5% de probabilidade. 33
- Figura 3** – Efeitos da densidade de plantas dentro dos espaçamentos entre fileiras no teor de nitrogênio (A), fósforo (B), cobalto (C) e molibdênio (D) e efeitos das densidades de plantas no teor de zinco (E) na parte aérea de plantas, 2018. As médias das variáveis dependentes foram comparadas pelo teste de Duncan ($n = 4$ ou $n = 8$) ao nível de 5% de probabilidade. 35
- Figura 4** – Efeitos da densidade de plantas dentro dos espaçamentos entre fileiras no conteúdo de: nitrogênio (A), fosforo (B), potássio (C), magnésio (D) e enxofre (E) na parte aérea de plantas, 2018. As médias das variáveis dependentes foram comparadas pelo teste de Duncan ($n = 4$) ao nível de 5% de probabilidade. 37
- Figura 5** – Efeitos da densidade de plantas dentro dos espaçamentos entre fileiras no conteúdo de: boro (A), ferro (B), zinco (C), molibdênio (D), cobalto (E), cobre (F) e efeito da densidade de plantas no conteúdo de níquel (G) na parte aérea de plantas, 2018. As médias das variáveis dependentes foram comparadas pelo teste de Duncan ($n = 4$ ou $n = 8$) ao nível de 5% de probabilidade. 39

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Características físico-químicas do solo antes da implantação do experimento, na profundidade de 0-20 cm. 29

Tabela 2 - Valores de P para massa da parte aérea seca (MPAS), teor (g kg^{-1}) e conteúdo (kg ha^{-1}) de: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), molibdênio (Mo), boro (B), níquel (Ni), cobalto (Co) e selênio (Se) no espaçamento entre fileiras, densidade de plantas, interação entre esses fatores e para contraste entre tratamento 45 cm entre fileira e 12 plantas/m (T45/12) vs tratamento adicional (T45/12+Zn). São Luís - MA, 2018. 32

RESUMO GERAL

O manejo da densidade de plantas é uma prática que pode tanto incrementar o conteúdo de nutrientes quanto aumentar a produção de biomassa seca pela cultura, principalmente para o feijão-mungo-verde que é de fácil adaptação e pouco cultivada por agricultores do Maranhão. Nossa hipótese é que a densidade de plantas de feijão-mungo-verde aumenta o teor e o conteúdo de nutrientes, bem como a massa da planta seca. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os efeitos da densidade de plantas de feijão-mungo-verde no teor e conteúdo de nutrientes da parte aérea e na produção de biomassa seca pela cultura. O experimento foi conduzido em campo, no ano de 2018. Os tratamentos foram arrançados no esquema fatorial $4 \times 2 + 1$: quatro densidades de plantio (8, 12, 16 ou 20 plantas/m) e dois espaçamentos entre fileiras (30 ou 45 cm), e um tratamento adicional (45 cm entre fileiras e 12 plantas/m + Zn). Ainda, nesse experimento o tratamento adicional recebeu 5 kg ha^{-1} de Zn no sulco de plantio, e aos 30 dias após o plantio foi aplicado 8 kg ha^{-1} de Zn. Foi usado o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Na maturação foram feitas as seguintes determinações: massa da parte aérea seca, teor e conteúdo de nutrientes na parte aérea das plantas. A densidade de 20 plantas/m aumentou em 48,8% o teor de Zn em relação à densidade de 8 plantas/m. No espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 16 plantas/m aumentou o conteúdo de Zn em 31,5%, em relação à densidade de 20 plantas/m. No espaçamento de 45 cm entre fileiras, a densidade de plantas/m não influenciou o conteúdo de Zn. No espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 8 plantas/m aumentou em 67% a massa da parte aérea seca em relação à densidade de 20 plantas/m. De maneira geral, com o espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 8 plantas/m resultou em maior acúmulo de massa seca, N, P, K, Mg, S, Fe, Cu, Mo, B, Ni e Co e absorção de P e Mo na parte aérea das plantas de feijão-mungo-verde.

Palavras-chave: *Vigna radiata* (L.), acúmulo de nutrientes, absorção, biomassa.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

O feijão-mungo-verde *Vigna radiata* (L.) é uma leguminosa granífera de cultivo muito difundido na Ásia. A Índia é o maior produtor mundial dessa leguminosa com 47% do total produzido. Na safra de 2017/2018, a produção de grãos de mungo-verde na Índia foi de 1.374.000 toneladas. Estima-se que no Brasil a partir de 2020 a produção deverá crescer 2,7% ao ano e a área plantada somente 0,7% (CONAB, 2018).

A produtividade de feijão-mungo-verde é de ~2000 kg ha⁻¹, mas a tendência é crescente, devido ao aumento da demanda de alimentos orgânicos como o broto de feijão conhecido como “moyashi” (VIEIRA et al. 2003; 2005), o qual é muito consumido na China, no Japão e nos Estados Unidos, dentre outros países (VIEIRA et al. 2001; 2005).

A maior produtividade alcançada deu-se com o plantio em janeiro, em Prudente de Moraes, MG, onde o cultivar MGS Esmeralda rendeu 2550 kg ha⁻¹. Com isso, estratégias de manejos serão necessárias para incrementar os ganhos em produtividade dessa cultura. Com boa adaptação ao clima quente, e pouco cultivada no Maranhão, essa espécie pode ser uma alternativa viável e de baixo custo para aumentar o potencial produtivo da região.

A concentração de nutrientes nessa leguminosa é importante na nutrição humana, principalmente, o teor de proteína dos grãos, aproximadamente 23%, com variação de 19,5% a 31,2%. Os grãos contêm 61,8% de carboidratos, 10,6% de água, 4,4% de fibras, 3,5% de cinzas, 1,2% de lipídios e nutrientes/minerais Ca, P, Fe, Na e K (VIEIRA et al. 2003; 1992; AYKROYD e DOUGHTY, 1982; NALAMPANG, 1992). Além da grande importância nutricional que esses grãos dispõem.

A capacidade de acumular biomassa nos órgãos destinados a colheita e o incremento proporcional de matéria seca nos órgãos vegetativos, são fatores que influem na produção das culturas no que tange a quantidade e a qualidade de produto obtido (PEIL e GALVEZ 2005; AUMONDE et al. 2011). Desta maneira, o conteúdo de nutrientes aumenta à medida que a massa da planta seca aumenta (SETIYONO et al. 2010), e ambos diminuem com o aumento da densidade de plantas (CIAMPITTI e VYN, 2011). Além disso, alguns fatores podem influenciar no acúmulo de massa seca pelas plantas, tais como adubação orgânica e mineral (ALMEIDA e CAMARA, 2011; CIAMPITTI, 2013), déficit hídrico (BASTOS et al. 2012), radiação solar e competição inter e intraespecífica (NETO et al. 2003).

Além da produtividade, o crescimento, e o estado nutricional do feijão-comum são afetados por muitos fatores, dentre eles as adubações realizadas e o manejo durante o desenvolvimento da cultura. Em geral, sistemas de cultivo tradicionais e de alta produtividade exigem uma estratégia de adubação estruturada e compensatória. Contudo, para que as características de uma cultivar se expressem positivamente na disponibilidade de nutrientes, com reflexos na elevação da produtividade de grãos e na produção de biomassa, é essencial o manejo, dentre outros fatores, do espaçamento e densidade populacional. Diante disso, é imprescindível a adoção de práticas agronômicas adequadas, como o manejo da densidade de plantas, que pode tanto aumentar a disponibilidade de nutrientes quanto aumentar a produção de biomassa seca pela cultura. Porém, há escassez de informações sobre a relação entre os nutrientes e a produção de biomassa na parte aérea em plantas de feijão-mungo-verde, principalmente relacionada à densidade de plantio.

Estudos realizados na Austrália por Rachaputi et al. (2015) demonstraram que a densidade de plantas não influenciou a produtividade de grãos de feijão-mungo-verde. Por outro lado, o espaçamento utilizado entre fileiras (0,3 a 0,5 m) resultou aumento de 22% na massa da parte aérea seca em relação ao maior espaçamento entre fileiras (0,9 a 1,0 m). Em trabalhos realizados com três adubos verdes, LIMA et al. (2010) observaram que maiores densidades de plantio (625.000 plantas ha⁻¹ de crotalária, 200.000 plantas ha⁻¹ de mucuna e 400.000 plantas ha⁻¹ de guandu) reduzem o acúmulo de matéria seca em 8,4%, 35,3% e 5,0%, respectivamente. Além disso, os mesmos autores destacam que em maiores densidades de plantio, a acumulação de N, P e S foram, respectivamente, 21%, 17% e 23% menor, e o acúmulo de Fe, B, Zn e Cu também foram influenciados negativamente pelo aumento da densidade de plantio.

Apesar da importância da nutrição mineral no desempenho fisiológico e produção de grãos do feijoeiro para alimentação humana, são escassos estudos com alternativas que vise a redução da utilização de adubos, bem como a eficiência de utilização de recursos disponíveis, tais como o manejo da densidade populacional e disponibilidade de nutrientes. Nesse sentido, hipotetizamos que a densidade de plantas de feijão-mungo-verde aumenta o teor e o conteúdo de nutrientes e a massa da planta seca. Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos da densidade de plantas de feijão-mungo-verde no teor e conteúdo de nutrientes na parte aérea e na produção de biomassa seca pela cultura.

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1 Considerações gerais sobre o feijão-mungo-verde

A espécie *Vigna radiata* (L.) Wilczek é pertencente à família das leguminosas Fabaceae e é muito conhecido por mungo-verde, devido a coloração verde das sementes. As cultivares usadas no Brasil tem origem asiática. O consumo deste grão é pouco difundido no Brasil, e a grande maioria é utilizado apenas por agricultores e consumidores de origem asiática, onde é mais consumido na forma de broto germinado (Moyashi) (VIEIRA, 2001; ARAÚJO et al. 2011).

A planta é anual, de porte ereto ou semi-ereto, com caule, ramos e folhas cobertos por pêlos, na maioria das cultivares. O florescimento é indeterminado e tem início entre 30 e 49 dias após a emergência, dependendo da cultivar, da região e da época de plantio (SAYÃO et al. 1991; VIEIRA e NISHIHARA, 1992; MIRANDA et al. 1996).

O crescimento e o desenvolvimento dessa leguminosa são afetados pelos comprimentos do dia, temperatura e umidade e, por conta disso, é considerada espécie de ‘dias curtos (NALAMPANG, 1992). Segundo Vieira et al. (2011) a temperatura mínima média para o desenvolvimento dessa espécie é de 20 a 22 °C e, a ótima, de 28 a 30 °C. Nas regiões quentes, a colheita pode ser realizada aos 65 dias após o plantio (DUQUE et al. 1987; DUQUE e PESSANHA, 1990; MIRANDA et al. 1996). A primeira vagem madura é observada entre 39 e 86 dias após o plantio, dependendo da cultivar e das condições climáticas (SOMAATMADJA e SUTARMAN, 1978). Na maturação, que é geralmente desuniforme, as vagens secas apresentam coloração marrom ou preta. Além disso, cada vagem contém de 6 a 20 sementes, que na maioria das cultivares apresentam sementes pequenas (3,5 a 7,0 g/100 unidades) e as cultivares comerciais têm tegumento de coloração verde (VIEIRA et al. 2003).

A época do plantio assim como o manejo da cultura se assemelha muito ao feijoeiro comum, que são necessárias quatro colheitas quando plantado no período “das águas” (setembro-outubro) e duas colheitas no plantio “da seca” (fevereiro-março). As vagens escurecem quando maduras e devem ser colhidas manualmente a cada 10 ou 15 dias de intervalo, de forma que evite a deiscência. A semeadura deve ser feita em linhas espaçadas de 50 cm e as sementes devem ser colocadas na profundidade de 3 a 4 cm, variando de 15 a 20 sementes/m, aproximadamente 16 a 20 kg de sementes/ha, respectivamente (VIEIRA et al. 2003; VIEIRA et al. 2005).

Essa leguminosa também pode ser usada como feno, adubo verde, consórcio e cultura de cobertura (NALAMPANG, 1992; VIEIRA et al. 2003). Neste sentido, Islan et al. (2018) observaram que o consórcio de feijão-mungo com açafrão aumentou a produtividade total de 9% para 33% em relação ao cultivo em monocultura (19,05 a 23,16 t ha⁻¹), que foi maior em comparação aos tratamentos com monocultura.

A riqueza em proteína, vitamina B e ferro associada a uma boa produtividade quando comparada ao feijão comum é um estímulo ao maior consumo e a difusão do cultivo entre os pequenos produtores (DUQUE et al. 1987; VIEIRA, 2001).

Em países como a Índia, o rendimento médio do mungo-verde é de 400 kg ha⁻¹, na China, na Indonésia, em Myanmar e na Tailândia é de 1.100, 800, 300 e 700 kg ha⁻¹, respectivamente (TICKOO & SATYANARAYANA, 1998). No Brasil, a maioria das cultivares de mungo produzem até 10 toneladas de vagens verdes ou ~2000 kg ha⁻¹ de grãos quando semeado na primavera/verão (VIEIRA et al., 2003, 2005). A maior produtividade alcançada no Brasil deu-se com o plantio em janeiro, em Prudente de Morais, MG, onde o cultivar MGS Esmeralda rendeu 2550 kg ha⁻¹. Na Zona da Mata de Minas Gerais, em razão do risco de coincidir a maturação das plantas com período chuvoso, não se recomenda o plantio na primavera até meados do verão (VIEIRA et al. 2001). Logo, o período mais favorável para o plantio dessa espécie é fevereiro.

O mungo-verde adapta-se bem a diferentes tipos de solo e é relativamente resistente à seca. Em Gurupi, TO, o feijão-comum plantado ao lado do mungo-verde não produziu devido à estiagem, o mungo-verde, no entanto, chegou a render 1.286 kg/ha (MIRANDA et al., 1996).

1.1.2. Densidade de plantio

A população de plantas é definida pelo espaçamento entre linhas e pelo espaçamento entre plantas na linha, ou mesmo, pelo número de plantas por unidade de área (NAKAGAWA et al. 2000). Dentre as práticas de manejo, o arranjo espacial das plantas pode afetar expressivamente a velocidade de fechamento entre linhas, a produção de fitomassa, arquitetura das plantas, severidade de doenças, acamamento e a produtividade da cultura. Isso ocorre porque o arranjo afeta a competição intraespecífica e, conseqüentemente, a quantidade de recursos do ambiente, água, luz e nutrientes disponíveis para cada planta. O arranjo espacial pode ser alterado pela densidade de plantas e pelo espaçamento entre as fileiras (PEREIRA 2008; BRACHTVOGEL, 2012;

EMBRAPA, 2015). O manejo da densidade de plantas tem como objetivo principal aumentar a eficiência da copa na interceptação da radiação incidente em relação ao tempo e à área da unidade (CARDOSO et al. 2018).

A densidade ótima da planta é pré-requisito para obter maior produtividade, e melhor desempenho no crescimento e desenvolvimento das plantas assim como a produção de grãos (SINGH, 2011). Além disso, pode variar de acordo com o genótipo, o tempo de semeadura, e com as condições de cultivo etc. (SEKHON et al. 1996, 2002).

A população de plantas pode não apenas ser definida em termos de número de plantas por unidade de área (densidade da planta), mas também em termos de arranjo das plantas no solo (arranjo espacial ou geometria da planta) (KAUL e SINGH, 2002; SINGH, 2011). Neste caso, a otimização da densidade de plantas no feijoeiro pode aumentar a fixação de N₂ por área (MAKOI et al. 2009), e contribuir significativamente para economia de N₂ nos solos e aumentos de produtividade (BELANE e DAKORA, 2010).

O estudo do arranjo de plantas permite avaliar o modo e a intensidade da competição intraespecífica de uma cultivar. Para qualquer cultura, conforme Henderson et al. (2000), o conhecimento do arranjo de plantas mais adequado é essencial para a maximização econômica da produção. Soratto et al. (2017) obtiveram em menores densidades de plantas (5 e 7 plantas m⁻¹) e adubação nitrogenada em cobertura, aumento na produção de matéria seca acima do solo e no número de vagens por planta sem redução na produtividade de grãos. Na ausência de adubação nitrogenada, a redução da densidade das plantas diminuiu a concentração de N nas folhas do feijoeiro. Por outro lado, com a mesma cultura e combinação de diferentes densidades (100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹), Bezerra et al. (2012) relataram que com o aumento da densidade de plantas de 100 para 500 mil plantas ha⁻¹, houve reduções de 30,19% no diâmetro do caule, 96,5% no número de ramos, 63,8% no número de vagens por planta e de 67,6% na produção de grãos por planta.

Segundo Pes (2011) há uma melhora na distribuição espacial das plantas quando a densidade de semeadura é reduzida de 10 para 5 plantas m⁻¹ na linha, resultando em plantas mais vigorosas com maior número de ramos, o que permite a cada planta produzir mais vagens e, portanto, um maior rendimento de grãos. Nesse contexto, Cardoso et al. (2018) relataram que os rendimentos de grãos e o número de vagens por área responderam quadraticamente ao aumento da densidade de plantas, enquanto resposta linear decrescente foi observada para o número de vagens por plantas de feijão.

Um dos mais importantes efeitos dependentes da densidade é a competição entre indivíduos. Vários autores discutem o papel da competição entre indivíduos da mesma espécie na dinâmica populacional e mencionam que a capacidade de suporte do ambiente deve ser expressa tanto em função do número quanto da biomassa produzida (HUGHES e GRIFFITHS, 1988; LONSDALE, 1990; CORRÊA et al. 2015; VAZ MONDO e NASCENTE, 2018).

1.1.3. Acúmulo de massa da planta seca

A matéria seca é o aumento da massa de uma planta devido aos produtos de assimilação. O carbono assimilado não perdido pela respiração, isto é, o excedente de CO₂ aumenta a matéria seca de uma planta (LARCHER, 2004). Em geral, a quantidade de nutrientes exigida pelas culturas para alta produtividade segue a curva de crescimento de acúmulo de matéria seca (CASTOLDI, 2009).

A densidade de plantas por unidade de área pode afetar a produção de matéria seca, de fato a fotossíntese poderá ser máxima quando a folhagem for densa o suficiente para impedir que a luz solar chegue até o solo e não haja competição entre as folhas mais próximas da base (PEIXOTO, 2012).

Para o feijoeiro, a massa seca é um importante parâmetro de produção, pois além se correlacionar positivamente com a produtividade de grãos ela também está relacionada com o acúmulo de nutrientes pela cultura (SANTOS e FAGERIA et al. 2008). Esse fato pode ser justificado, pois o conteúdo de nutrientes aumenta à medida que a biomassa da planta aumenta (SETIYONO et al. 2010), e ambos respondem muito bem a densidade de plantas. Além disso, esses mesmos autores demonstraram que a densidade de plantas influenciou positivamente o conteúdo e a concentração de nutrientes na planta inteira no estágio vegetativo, em média 91% (Ca), 51% (Fe), 47% (Zn) e 73% (Mn, Mg, e Cu) dos teores correspondentes de nutrientes na maturidade (CIAMPITTI e VYN, 2011; 2013).

Anjos et al. (2017) com o objetivo de avaliar a influência do uso de bioestimulantes, adubação com (NPK) e micronutrientes (FTE BR-12 com composição de: 9,20% de Zn; 2,17% de B; 0,80% de Cu; 3,82% de Fe; 3,4% de Mn e 0,132% de Mo) sobre a massa de matéria seca de plantas, observaram que houve resposta significativa entre a interação dos bioestimulantes e a adubação NPK para massa seca da parte aérea, com destaque para adubação com NPK que incrementou 32% a massa

seca da haste do feijoeiro em comparação aos tratamentos sem adubação. Além disso, o fator micronutriente também foi significativo para a variável massa de matéria seca de haste em plantas de feijão. De modo semelhante, Parry et al. (2008) observaram no caupi, variedade BR3 Tracueteua, cultivado em campo, o acúmulo de 20,0; 1,6; 32,5; 15,9; 4,0 e 4,0 g kg⁻¹, respectivamente de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea da planta, 18,6; 1,1; 42,0; 8,8; 4,0 e 0,9 g kg⁻¹ na matéria seca da vagem, e 41,8; 3,4; 28,5; 2,9; 1,9 e 2,7 g kg⁻¹ na matéria seca dos grãos.

Arf et al. (1996) estudaram a influência de diferentes espaçamentos entre linhas (0,20 x 0,80; 0,30 x 0,80; 0,20 x 0,70; 0,30 x 0,70; 0,60 e 0,50 m⁻¹) e densidades de semeadura (8, 12, ou 16 plantas m⁻¹) sobre o comportamento do feijoeiro, e observaram que o aumento do número de plantas na linha ocasionou redução na produção de matéria seca das plantas e no número de vagens e de sementes por planta; porém a produtividade foi aumentada, com o maior valor encontrado na densidade de 16 plantas m⁻¹, no entanto, os espaçamentos não influenciaram a produtividade da cultura.

1.1.4. Teor e conteúdo de nutrientes na massa da planta seca

O conteúdo de nutrientes aumenta à medida que a massa da planta seca aumenta (SETIYONO et al. 2010), e ambos diminuem com o aumento da densidade de plantas (CIAMPITTI e VYN, 2011). Nesse sentido, Ciampitti e Vyn (2013) observaram que a densidade de plantas influenciou positivamente o conteúdo e a concentração de nutrientes na planta inteira no estágio vegetativo, em média 91% (Ca), 51% (Fe), 47% (Zn) e 73% (Mn, Mg, e Cu) dos teores correspondentes de nutrientes na maturidade.

Estudos têm comprovado a capacidade das espécies vegetais a se adaptar a diferentes condições de luminosidade, evidenciando que os diferentes níveis de radiação influenciam no crescimento e desenvolvimento das plantas, e com isso altera características como comprimento do caule e pecíolo, área foliar, matéria seca, partição de biomassa, número de perfilhamento e ramificações, conteúdo de nutrientes (principalmente o nitrogênio) e também nos teores de pigmentos foliares como clorofilas a, b, totais e conteúdo de carotenoides (Zanella et al. 2006, Martuscello et al. 2009). Além disso, o crescimento da planta é atribuído ao aumento no teor de N na parte aérea, pois esse nutriente aumenta o teor de clorofila (SORATTO et al. 2004), o nível de crescimento e o índice de área foliar e, conseqüentemente, os níveis de fotossíntese líquida, resultando em maior acúmulo de massa de planta seca

(MARSCHNER, 1995). Rowden et al. (1981) verificaram em ensaios realizados com o feijão guandu, que o aumento no acúmulo de massa das plantas (teor e conteúdo de nutrientes) em menores densidade de plantas, pode ser atribuído a menor competição por luz e nutrientes, sugerindo que a estrutura do dossel se torna mais eficiente, permitindo a penetração da luz.

Vyn e Tollenaar (1998), de um estudo de três décadas, documentaram uma diminuição nas concentrações de Ca, Mg e Zn dos grãos, pois a densidade de plantas aumentou de 4 para 8 plantas m⁻². Assim, o efeito das práticas de manejo no conteúdo de nutrientes merece um exame mais focado para melhor entender os mecanismos fisiológicos associados. Lima et al. (2010) observaram que em maiores densidades de semeadura houve redução no acúmulo de matéria seca, B e Zn em *Crotalaria juncea* e *Mucuna deeringiana*, o acúmulo de P em *Mucuna deeringiana* e *Cajanus cajan*, e o acúmulo de N, S e Cu em todos os adubos verdes. Assim, o arranjo espacial não afetou o acúmulo de matéria seca e nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, K.; CAMARA, F. L. A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 6(2): 55-62, 2011.

ANJOS, D.N.; MENDES, H.T. A.; VASCONCELOS, R. C. Índice de área foliar, spad e massa de matéria seca do feijoeiro comum em função dos bioestimulantes, NPK e micronutrientes em Vitória da Conquista–BA. v.32, n.1, p.23-31, **Agrarian**, 2017.

ARAÚJO, R. F. Fluxograma de Beneficiamento para Sementes de Feijão-Mungo-Verde (*Vigna radiata* L.) **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 33, nº 3 p.379 - 386, 2011.

ARF, O.; SÁ, M. E.; OKITA, C. S.; TIBA, M. A. GUERREIRO NETO, G.; OGASSAWARA, F. Y. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p.629-634, 1996.

AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; PEIL, R. M. N. Partição de matéria seca em plantas do híbrido de mini melancia Smile® enxertada e não enxertada. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 3, p. 387-391, 2011.

AYKROYD, W.R.; DOUGHTY, J. Legumes in human nutrition. Roma, FAO, p. 152, 1982.

BASTOS, E. A.; RAMOS, H. M. M; JÚNIOR, A. S. A.; NASCIMENTO, F. N. N.; CARDOSO, M. J. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-

caupi sob déficit hídrico. *Water Resources and Irrigation Management*, v.1, n.1, p.31-37, 2012.

BELANE, A. K.; DAKORA, F. D. Symbiotic N₂ fixation in 30 field- grown cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes in the Upper West Region of Ghana measured using 15N natural abundance. **Biology and Fertility of Soils**, v. 44, p. 191-198, 2010.

BEZERRA, A. A. C.; NETO, F. A.; NEVES, A. C.; MAGGIONI, K. Comportamento morfoagronômico de feijão- caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista Ciências Agrárias**. v. 55, n. 3, p. 184-189, 2012.

BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. S.; ABREU, M. L.; BICUDO, S. J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, N.1, p. 75, 2012.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; RIBEIRO, V. Q. Population density on cowpea cultivars with different growth habits in the matopiba region. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 235 – 239, jan. – mar., 2018.

CASTOLDI R; CHARLO HCO; VARGAS PF; BRAZ LT. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. **Horticultura Brasileira**, 27: 438-446, 2009.

CIAMPITTI, I.A.; CAMBERATO, J. J.; MURRELL, S.T.; VYN, T.J. Maize Nutrient Accumulation and Partitioning in Response to Plant Density and Nitrogen Rate: I. Macronutrients. **Agronomy Journal**, vol. 105, Issue 3, 2013.

CIAMPITTI, I.A.; VYN, T.J. A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages. **Field Crops Resource**, 121:2–18, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acomp. safra bras. grãos, v. 4 Safra 2017/18 - Décimo levantamento, Brasília, v. 5, n. 10, julho 2018.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 12 de novembro 2019.

CORRÊA, M. J. P.; ALVES, G. L.; ROCHA, L. G. F.; SILVA, M. R. M. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijão caupi. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.13, n.2, p.50-56, 2015.

DUQUE, F.F.; PESSANHA, G.G. & QUEIROZ, P.H.S. DE. Estudo preliminar sobre o comportamento de 21 cultivares de feijão-mungo em Itaguaí, RJ. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 22:593-8, 1987.

DUQUE, F.F.; PESSANHA, G.G. Comportamento de dez cultivares de mungo-verde nos períodos das água e da seca em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 25:963-9, 1990.

EMBRAPA. Densidade de plantas na cultura da soja. ISSN 2176-2937 Novembro, 2015. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/AG01_49_168200511159.html. Acesso em: 14 de Novembro de 2019.

- FANCELLI, A.L.; TSUMANUMA, G.M. Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Piracicaba, p. 445–486, 2006.
- FILHO, J. P. R. A.; FILHO, F. D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:467-473, 2005.
- HENDERSON, T. L.; JOHNSON, B. L.; SCHNEITER, A. A. Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern Great Plains. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 329-336, 2000.
- HUGHES, R.N.; GRIFFITHS, C.L. Self-thinning in barnacles and mussels: the geometry of packing. **The American Naturalist**, Lancaster, v.132, p.484-491, 1988.
- ISLAM, M. R.; ALAM, M. R.; SABAGH, A. E.; BARUTÇULAR, C.; RATNASEKERA, D.; KIZILGEÇI, F.; M.; ISLAM, M. S. Evaluation of turmeric-mung bean intercrop productivity through competition functions. **Acta agriculturae Slovenica**, 111 - 1, str. 199 – 207, 2018.
- KAUL, J. N.; H. SINGH. Role of Agronomy in Food Security. In: Recent Advances in Agronomy, Singh, Guriqbal, J.S. Kolar and H.S. Sekhon, (Eds.). **Indian Society of Agronomy**, New Delhi, pp: 1-36, 2002.
- LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima, p. 531, 2004.
- LIMA, J. D.; SAKAI, R. K.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, M. Arranjo espacial, densidade e época de semeadura no acúmulo de matéria seca e nutrientes de três adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 531-540, 2010.
- LONSDALE, W.M. The self-thinning rule: dead or alive? **Ecology**, Brooklyn, v.71, p.1373- 1388, 1990.
- MARSCHNER H. Mineral nutrition of higher plants. **Academic Press**, 2012.
- 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**, v. 48, p. 57-67, 2009.
- MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO-NETO, M.M.; LAURA, V.A.; CUNHA, D. N. F. V. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1183-1190. 2009.
- MIRANDA, G.V.; SANTOS, I.C. DOS; PELUZIO, J.M.; BESSA, J.C.A. & COIMBRA, R.R. Comportamento de linhagens de feijão-mungo no sul do Estado do Tocantins. **Horticultura Brasileira** 14:148-51, 1996.
- NAKAGAWA, J., LASCA, D. C., NEVES, G. S., NEVES, J. P. S., SILVA, M. N., Sérgio Veraguas SANCHES, S. V., BARBOSA, V., ROSSETTO, C. A. V. Densidade de plantas e produção de amendoim. **Scientia agricola** v.57 n.1, 2000.
- NALAMPANG, A. Grain legumes in the tropics. Bangkok, Department of Agriculture, p. 98, 1992.

NETO, D. D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.63-77, 2003.

PARRY, M. M.; KATO, M. S. A.; CARVALHO, J. G. de. Macronutrientes em vigna cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [online]. v.12, p. 236-242, 2008.

PEIL, R.M.N.; GALVÉZ, J.L. Dry matter partitioning as a determinant of a greenhouse fruit vegetable crops production. **Revista Brasileira Agrociência**, 11(1): 5-11, 2005.

PEIXOTO, C. P. Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas. 1998.150 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2012.

PEREIRA, F. R. S., CRUZ, S. C.S., ALBUQUERQUE, A. W., SANTOS, J. R., SILVA, E. T. Arranjo espacial de plantas de milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.12, n.1, p.69–74, 2008.

PES, J. A. Principais problemas da cultura do feijão irrigado (Ênfase à etapa de semeadura). In: FANCELLI, A. L. (Ed.). **Feijão: tecnologia da produção**. ESALQ/USP/LPV, cap. 2, p.13-22, 2011.

ROWDEN R. Effects of planting density on growth, light interception and yield of a photoperiod insensitive pigeon pea (*Cajanus cajan*). **Field Crops Research**, n.3, p.201-213, 1981.

RACHAPUTI, R.C.N; CHAUHAN, Y.; DOUGLAS, C.; MARTIN, W.; KROSCHE, S.; AGIUS, P.; KING, K. Physiological basis of yield variation in response to row spacing and plant density of mung bean grown in subtropical environments. **Field Crops Research**. v.183, p. 14–22, 2015.

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; LACERDA, J. J. J. Fertilidade do Solo e Manejo da Adubação NPK para Alta Produtividade de Milho no Brasil Central. **Circular Técnica**. ISSN 1679-1150, 2012.

SORATTO RP.; CARVALHO MAC.; ARF O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 39:895-901, 2004.

SANTOS, A. B; FAGERIA, N. K. Características fisiológicas do feijoeiro em várzeas tropicais afetadas por doses e manejo de nitrogênio. **Ciência e agrotecnologia**, v.32, n.1, p.23-31, 2008.

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**. 26:659-64. 1991.

SEKHON, H. S.; SINGH, G.; BRAR, J. S. Effect of population density and planting geometry on the growth and yield of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) genotypes. **Environmental Ecology**, v.20: 897-901, 2002.

- SEKHON, H. S.; SINGH, G.; SIDHU, P.S.; SARLACH, R.S. Effect of varying plant densities on the growth and yield of new pigeonpea hybrid and other genotypes. **Crop Improvement**, 23: 93-98, 1996.
- SETIYONO, T.D., WALTERS, D.T.; CASSMAN, K.G.; C. W; Dobermann, A. Estimating maize nutrient uptake requirements. **Field Crops Res.** 118:158–168, 2010.
- SINGH, G.; SEKHON, H.S.; SINGH, G.; BRAR, J.S.; BAINS, T.S.; SHANMUGASUNDARAM, S. Effect of Plant Density on the Growth and Yield of Mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] Genotypes under Different Environments in India and Taiwan. **Research Article**, v.6 (7): 573-583, 2011.
- SOMAATMADJA, S.; SUTARMAN, T. Present status of mungbean breeding in Indonesia. In: INTERNATIONAL MUNGBEAN SYMPOSIUM, 1. Los Baños, Philippines. Proceedings. Taipei, Taiwan: AVRDC, 1978. p. 230-232, 1978.
- SORATTO, R. P; CATUCHI, T. A; SOUZA, E. F. C; GARCIA, J. L. N. Plant density and nitrogen fertilization on common bean nutrition and yield. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 670 – 678, 2017.
- TICKOO, J.L. & SATYANARAYANA, A. Progress in mungbean breeding research with special emphasis on disease and insect resistance, constraints, and future directions. In: International Consultation Workshop on Mungbean, New Delhi, Índia, 1997. **Proceedings**, AVRDC, Tainan, Taiwan, p. 58-77, 1998.
- VAZ MONDO, V. H.; NASCENTE, A. S. Produtividade do feijão-comum afetado por população de plantas. **Revista Agrarian**, v.11, n.39, p. 89-94, 2018.
- 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**, v. 52, p. 153-164, 2005.
- VIEIRA, R. F. & VIEIRA, R. F. Leguminosas graníferas. Viçosa, Ed. UFV. 206 p., p 129-140, 2001.
- VIEIRA, R.; JUNIOR, T.; JACOB, L. L.; LEHNER, M.; SANTOS, J. Desempenho de genótipos de feijão-mungo-verde semeados no inverno na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 58. n. 3 pg. 402-405. 2011.
- VIEIRA, R.F. & NISHIHARA, M.K. Comportamento de cultivares de mungo-verde (*Vigna radiata*) em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, 39:60-83, 1992.
- VIEIRA, R.F. Cultura do feijão-mungo. Informe Agropecuário, v. 16, p. 37-46, 1992.

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

ZANELLA, F. SONCELA, R. & LIMA, A.L.S. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/RO. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 30, p. 880-884, 2006.

CAPÍTULO II

Manuscrito de acordo com as normas da Revista Brasileira de Ciência do Solo

EFEITOS DA DENSIDADE DE PLANTAS NO TEOR E CONTEÚDO DE NUTRIENTES EM FEIJÃO-MUNGO-VERDE

RESUMO: A densidade de plantio é considerada como pré-requisito para obter maior produtividade, melhor desempenho e desenvolvimento das plantas. Além da influência direta na absorção e acúmulo de nutrientes da parte aérea do feijoeiro. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os efeitos da densidade de plantas de feijão-mungo-verde no teor e conteúdo de nutrientes da parte aérea e na produção de biomassa seca pela cultura. O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), localizado em São Luís – MA, no ano de 2018. Os tratamentos foram arranjados no esquema fatorial $4 \times 2 + 1$: quatro densidades de plantio (8, 12, 16 ou 20 plantas/m) e dois espaçamentos entre fileiras (30 e 45 cm), e um tratamento adicional (45 cm entre fileiras e 12 plantas/m). Ainda, nesse experimento o tratamento adicional recebeu 5 kg ha^{-1} de Zn no sulco de plantio. Aos 30 dias após o plantio foi aplicado 8 kg ha^{-1} de Zn. Foi usado o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Na maturação foram feitas as seguintes determinações: massa da parte aérea seca, teor e conteúdo de nutrientes na parte aérea das plantas. A densidade de 20 plantas/m aumentou em 48,8% o teor de Zn em relação à densidade de 8 plantas/m. No espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 16 plantas/m aumentou o conteúdo de Zn em 31,5%, em relação à densidade de 20 plantas/m. No espaçamento de 45 cm entre fileiras, a densidade de plantas/m não influenciou o conteúdo de Zn. No espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 8 plantas/m aumentou em 67% a massa da parte aérea seca em relação à densidade de 20 plantas/m. De maneira geral, com o espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 8 plantas/m resultou em maior acúmulo de massa seca, N, P, K, Mg, S, Fe, Cu, Mo, B, Ni e Co e absorção de P e Mo na parte aérea das plantas de feijão-mungo-verde.

Palavras-chave: *Vigna radiata* (L.), acúmulo de nutrientes, absorção, biomassa.

2. INTRODUÇÃO

O feijão-mungo-verde *Vigna radiata* (L.) é uma espécie pertencente à família Fabaceae, conhecido também como feijão chinês, mungbean e feijão moyashi, é uma leguminosa bem adaptada ao clima tropical e subtropical (VIEIRA, 2001; 2003) Na Índia, o rendimento médio do mungo-verde é de 400 kg ha⁻¹; na China, na Indonésia, em Myanmar e na Tailândia é de 1.100, 800, 300 e 700 kg ha⁻¹, respectivamente (TICKOO e SATYANARAYANA, 1998). No Brasil, a maior produtividade alcançada deu-se com o plantio em janeiro, em Prudente de Moraes, MG, onde o cultivar MGS Esmeralda rendeu 2550 kg ha⁻¹. Na Zona da Mata de Minas Gerais, em razão do risco de coincidir a maturação das plantas com período chuvoso, não se recomenda o seu plantio na primavera até meados do verão (VIEIRA et al. 2005). Logo, o período mais favorável para o plantio dessa espécie é fevereiro, podendo se estender, em locais de inverno pouco rigoroso, até o final de março. Assim, uma leguminosa pouco cultivada no Maranhão, e que se adapta bem ao clima quente, pode ser uma alternativa viável e de baixo custo para aumentar o potencial produtivo da região.

O grão tem grande importância nutricional, que pode ser consumido cozido ou como broto de feijão (*moyashi*), no qual a segunda opção é a mais comum de consumo no Brasil. Em alguns países asiáticos como a Índia e a China, o grão é uma importante fonte de proteína vegetal, com o teor que pode variar de 19,5% a 31,2%. Além disso, o grão possui 10,6% de água, 4,4% de fibras, 1,2% de lipídios e 3,5% de cinzas ricos em Ca, P, Fe, Na e K (FORDHAM et al. 1975; VIEIRA, 2001). Dentre as muitas funcionalidades desta leguminosa, a concentração de nutrientes nos grãos é a mais importante para nutrição humana, principalmente quando extraído do solo e absorvido pelas plantas.

Com isso, as práticas de manejo, como espaçamento e densidade de plantas são fatores que influenciam positivamente no rendimento das culturas e na disponibilidade de nutrientes para o vegetal (ALBUQUERQUE et al. 2013; JUNIOR et al. 2016). Nesse sentido, a adoção de práticas agronômicas adequadas, como o manejo da densidade de plantas, é imprescindível, pois pode tanto aumentar o conteúdo de nutrientes quanto aumentar a produção de biomassa seca pela cultura. Porém, há escassez de informações sobre a disponibilidade de nutrientes na parte aérea de plantas de feijão-mungo-verde, principalmente relacionada à densidade de plantas e a produção de massa pelas plantas. Além disso, a resposta fisiológica da planta está diretamente relacionada à radiação solar e, fundamentalmente, à intensidade luminosa, ambas ligadas aos processos

fotossintéticos (BRAUN et al. 2011). Com isso, a produção de matéria seca pela planta é também limitada por diversos fatores, tais como interceptação luminosa (HARRIS, 1992), alta temperatura, por aumentar a senescência foliar e reduzir a capacidade fotossintética (TIMLIN et al. 2006), fotoperíodo (HAVERKORT e VERHAGEN, 2008), cultivar (ZEBARTH et al. 2006; GEREMEW et al. 2007), época de cultivo (MUSTONEN et al. 2010), manejo da cultura (GEREMEW et al. 2007) e fertilização nitrogenada (ZEBARTH e ROSEN, 2007).

De acordo com Setiyondo et al. (2010) o conteúdo de nutrientes aumenta à medida que a biomassa da planta inteira e o rendimento de grãos aumentam. Assim, Ciampitti e Vyn (2011) observaram que tanto o teor quanto o conteúdo de nutrientes e a produção de biomassa reduziram com o aumento da densidade de plantas.

Com o propósito de avaliar o efeito da densidade de plantas na fileira e de doses de nitrogênio (N) em cobertura na nutrição e desempenho produtivo das cultivares de feijão-comum, Soratto et al. (2017) relataram que as menores densidades de plantas (5 e 7 plantas m⁻¹) proporcionaram maior produção de massa seca e número de vagens por planta e não reduziram a produtividade de grãos. Por outro lado, Lima et al. (2010) com objetivo de avaliar o efeito de densidades de plantio no acúmulo de matéria seca e nutrientes de três adubos verdes, relataram que maiores densidades de plantio (625.000 plantas ha⁻¹ de crotalária, 200 mil plantas ha⁻¹ de mucuna e 400 mil plantas ha⁻¹ de guandu), reduzem o acúmulo de matéria seca em 8,4%, 35,3% e 5,0%, respectivamente. Ademais, independentemente da espécie de adubo verde, a maior densidade de plantio reduziu o acúmulo de N em 21%, o acúmulo de P em 17% e o acúmulo de S em 23%, quando relacionada à menor densidade de plantio. Nesse mesmo estudo, o acúmulo dos micronutrientes (Fe, Mn, B, Zn e Cu) foi influenciado positivamente pela densidade de plantio.

Assim, hipotetizamos que a densidade de plantas de feijão-mungo-verde aumenta o teor e o conteúdo de nutrientes e a massa da planta seca. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os efeitos da densidade de plantas de feijão-mungo-verde no teor e conteúdo de nutrientes na parte aérea e na produção de biomassa seca pela cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado experimento em campo, na área experimental da Universidade Estadual do Maranhão, no Campus São Luís, São Luís (2° 30' S e 44° 18' W, altitude de 24 m), com experimento conduzido de 29 de maio a 21 de julho de 2018. O clima da região

na classificação de Köppen é do tipo AW', equatorial quente e úmido, com duas estações bem definidas: uma chuvosa, que se estende de janeiro a junho, e outra seca, com déficit hídrico acentuado de julho a dezembro. As precipitações anuais variam de 1700 mm a 2300 mm, das quais mais de 80% ocorrem de janeiro a maio. A média da precipitação foi 194,2 mm, da temperatura máxima foi 31,7 °C e da temperatura mínima foi 24,1 °C (Figura 1).

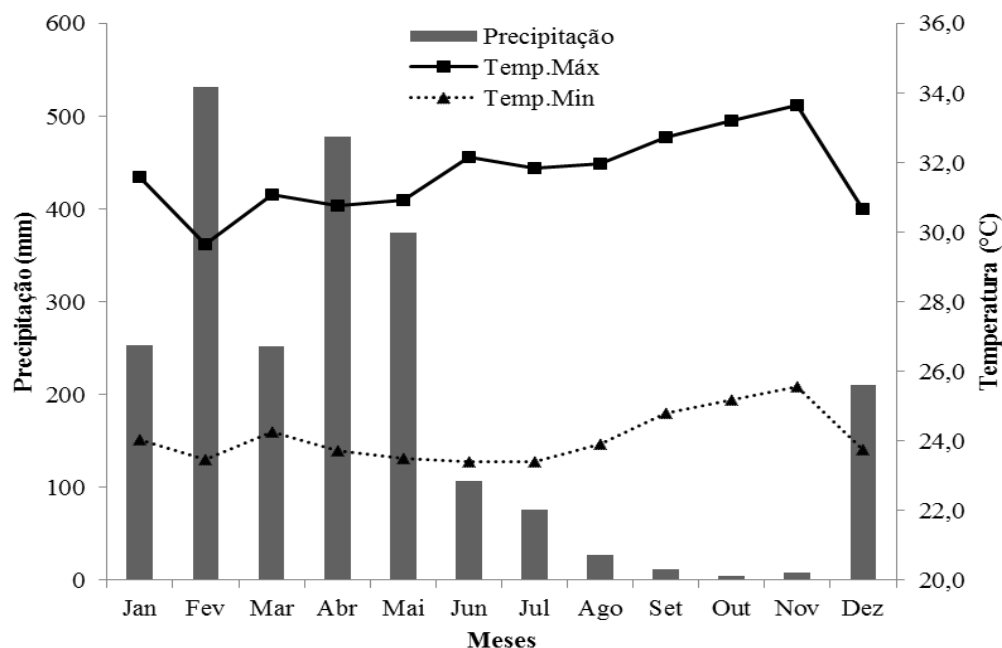


Figura 1. Precipitação pluvial mensal e temperatura máxima e mínima no período experimental. Fonte: Dados da Rede do INMET, São Luís, MA.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho- Amarelo Distrófico arênico com textura franco arenosa (Embrapa, 2013). Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras na camada de 0-20 cm para determinar as características físico-químicas desse solo (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do solo antes da implantação do experimento, na profundidade de 0-20 cm.

| pH | P | K | Ca | Mg | (H + Al) | Mo | V | Areia grossa | Areia fina | Silte | Argila |
|----------------------|--------------------|-----|----------------------|----|----------|--------------------|----|--------------------|------------|-------|--------|
| (CaCl ₂) | mg/dm ³ | | mmol/dm ₃ | | | g dm ⁻³ | % | g kg ⁻¹ | | | |
| 4,3 | 1 | 0,3 | 12 | 7 | 22 | 14 | 48 | 40 | 47 | 30 | 100 |

3.1.1 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram arrançados no esquema fatorial 4 x 2 + 1: quatro densidades de plantio (8, 12, 16 ou 20 plantas por metro) e dois espaçamentos entre as fileiras (30 e 45 cm). O tratamento adicional com Zn foi usado para verificar o efeito do Zn aplicado via foliar e via solo na absorção dos nutrientes pelas plantas de feijão-mungo-verde. O

tratamento adicional foi constituído de 12 plantas por metro, com fileiras espaçadas de 45 cm. Esse tratamento recebeu 5 kg ha⁻¹ de Zn no sulco de plantio, e aos 30 dias após o plantio foi feita a aplicação de Zn na folhagem, no qual foi aplicado 8 kg ha⁻¹ de Zn. A fonte de Zn foi o ZnSO₄.7H₂O. A parcela foi constituída de quatro fileiras espaçadas de 45 cm ou cinco fileiras espaçadas de 30 cm, com 4 m de comprimento. A área útil da parcela foi de 3,6 m². As duas linhas externas serviram de bordadura. Foi utilizado a cultivar Camaleão. Foi usado o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições.

2.1.2 Instalação e condução dos experimentos

O preparo da área foi realizado sem aração e gradagem. A vegetação espontânea foi roçada e toda a palhada foi deixada sobre a superfície do solo e esse não recebeu nenhum preparo mecanizado para a semeadura. Na adubação de plantio, todos os tratamentos (incluindo o adicional), receberam 500 kg ha⁻¹ do formulado 4-14-8 (N-P₂O₅-K₂O) e aos 20 dias após a emergência (DAE) das plântulas, foi aplicado 100 kg ha⁻¹ de ureia (45% de N). O adubo nitrogenado foi aplicado em sulco a 5 cm de profundidade e 10 cm de distância da planta. Em seguida, esse sulco foi coberto com uma camada de terra para minimizar a volatilização.

Antes da semeadura, todas as sementes foram expurgadas para eliminar as possíveis pragas existentes na semente. O tratamento foi realizado em tambor de 200 L, com dose de 10 comprimidos/m³, durante 7 dias. O gás utilizado para o expurgo das sementes foi o fosfeto de alumínio (gastoxin). Na semeadura foram usadas 50% mais sementes que o número de plantas desejadas por metro. Após 7 dias da emergência foi feito o desbaste para obter a densidade de plantas planejada. A aplicação da solução de Zn na folhagem foi feita com pulverizador manual com bico do tipo leque XR 110-02. Foi estimada a quantidade de água necessária para molhar todas as plantas da parcela com o mínimo de escorrimento. Para evitar a deriva do produto, todas as parcelas em torno da parcela que recebeu Zn na folhagem foram protegidas com lona plástica.

Após o plantio, foi feita irrigação por gotejamento com lâmina de água de 6 mm, em intervalos de dois dias, até a emergência e o estabelecimento das plântulas.

Posteriormente, as plantas foram irrigadas por fita gotejadora com lâmina de água de 6 mm/dia para complementar as chuvas. O controle de plantas daninhas foi realizado com capina manual, quando necessário. Aos 40 DAE foi aplicado o produto Bioneem (312,5 mL ha⁻¹) para prevenir o ataque de pulgão (*Aphis craccivora*). O produto apresenta

90% de óleo de neem (*Azadirachta indica*), 5% de sinergista e 5% de emulsionante. Juntamente com o Bioneem foi adicionado o espalhante adesivo (Nonifenol etoxilado - 12,5 g ha⁻¹) para facilitar a aderência. Foi utilizado o volume de calda de 250 L ha⁻¹.

2.1.3 Características avaliadas

Foram realizadas as seguintes avaliações: massa da parte aérea seca, teor e conteúdo de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas de feijão-mungo-verde. A massa da parte aérea seca foi determinada na maturidade dos grãos (46 DAE), com a amostragem de 10 plantas coletadas de cada parcela. A parte aérea do feijão-mungo-verde foi colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 70 °C, até atingirem massa constante. Nesse período, as amostras foram pesadas para determinação da massa da parte aérea seca.

Após a pesagem, procedeu-se à moagem das amostras em moinho tipo Willey com peneira de 20 mesh. Para quantificar o teor de N na parte aérea, amostras de 0,5 g do material vegetal seco foram submetidas a digestão a seco no autoanalyser TruMac CNS (LECO Corp., St-Joseph, MI, USA). Em seguida, outra subamostra do material moído (~0,2 g) foi submetida a digestão em ácido nítrico por 45 min em microondas Multiwave 3000 (Anton Paar GmbH, Graz, Austria). Posteriormente, foi adicionado 14 mL de água destilada Milli-Q (18.2 MΩ cm; Fisher Scientific UK Ltd, Loughborough, UK). Ainda, foi usado um padrão de referência 1573a (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA). Nos extratos obtidos foram determinados os teores de macro e micronutrientes (P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se e Mo) na parte aérea das plantas por espectrometria de massa acoplada ao plasma induzido (ICP – MS, Thermo Fisher Scientific iCAPQ, Thermo Fisher Scientific, Bremen, Germany). Posteriormente, foi calculado o conteúdo dos nutrientes na parte aérea das plantas pela multiplicação dos teores dos nutrientes pela massa da parte aérea seca das plantas.

2.1.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Todas as análises estatísticas foram executadas ao nível de 5% de probabilidade. Quando a interação entre os fatores não foi significativa, utilizou-se teste de Duncan para densidade de plantas e teste F para espaçamento entre fileiras (30 e 45 cm). Quando a interação entre os fatores foi significativa, realizou-se o desdobramento, teste de Duncan para densidade de plantas dentro dos espaçamentos entre fileiras e teste F para espaçamento entre fileiras

(30 e 45 cm). O teste F foi usado para comparar as médias do contraste entre o tratamento adicional vs. tratamento constituído de 12 plantas por metro e espaçamento de 45 cm entre fileiras. Para a execução das análises estatísticas foi utilizado o pacote estatístico ExpDes.pt (Ferreira et al., 2013) do software R (R Core Team, 2016).

4. RESULTADOS

Tabela 2 - Valores de P para massa da parte aérea seca (MPAS), teor (g kg^{-1}) e conteúdo (kg ha^{-1}) de: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), molibdênio (Mo), boro (B), níquel (Ni), cobalto (Co) e selênio (Se) no espaçamento entre fileiras, densidade de plantas, interação entre esses fatores e para contraste entre tratamento 45 cm entre fileira e 12 plantas/m (T45/12) vs tratamento adicional (T45/12+Zn). São Luís - MA, 2018.

| Variáveis | Espaçamento (E) | Densidade de plantas (DP) | E x DP | T45/12 vs T45/12+Zn |
|-----------|-----------------|---------------------------|--------|---------------------|
| MPAS | <0,001 | 0,007 | <0,001 | 0,999 |
| TN | 0,988 | 0,019 | 0,008 | 0,039 |
| TP | 0,172 | 0,654 | 0,005 | 0,720 |
| TK | 0,023 | 0,783 | 0,174 | 0,272 |
| TCa | 0,120 | 0,818 | 0,409 | 0,923 |
| TMg | 0,571 | 0,925 | 0,643 | 0,845 |
| TS | 0,994 | 0,593 | 0,899 | 0,997 |
| TFe | 0,131 | 0,510 | 0,551 | 0,378 |
| TCu | 0,53 | 0,917 | 0,745 | 0,885 |
| TZn | 0,397 | 0,035 | 0,978 | <0,001 |
| TMn | 0,909 | 0,891 | 0,304 | 0,999 |
| TMo | 0,850 | 0,148 | 0,009 | 0,932 |
| TB | 0,449 | 0,684 | 0,849 | 0,600 |
| TNi | 0,361 | 0,436 | 0,824 | 0,450 |
| TCo | 0,093 | 0,314 | 0,046 | 0,022 |
| TSe | 0,464 | 0,196 | 0,657 | 0,831 |
| CN | 0,009 | 0,011 | 0,03 | 0,394 |
| CP | 0,019 | 0,047 | <0,001 | 0,975 |
| CK | 0,010 | 0,042 | <0,001 | 0,903 |
| CCa | 0,423 | 0,462 | 0,111 | 0,965 |
| CMg | <0,001 | 0,085 | 0,017 | 0,906 |
| CS | 0,002 | 0,018 | 0,007 | 0,999 |
| CFe | 0,171 | 0,184 | 0,031 | 0,667 |
| CCu | <0,001 | 0,055 | <0,001 | 0,952 |
| CZn | <0,001 | 0,046 | 0,002 | <0,001 |
| CMn | 0,042 | 0,570 | 0,082 | 0,999 |
| CMo | 0,029 | 0,017 | <0,001 | 0,996 |
| CB | 0,001 | 0,030 | 0,003 | 0,831 |
| CNi | 0,257 | 0,043 | 0,113 | 0,617 |
| CCo | 0,626 | 0,141 | 0,026 | 0,046 |
| Cse | 0,642 | 0,106 | 0,195 | 0,964 |

4.1 Massa da parte aérea seca (MPAS)

A interação dos fatores espaçamento entre fileiras e densidade de plantas sobre a massa da parte aérea seca foi muito altamente significativa (Tabela 2). No espaçamento de 45 cm entre fileiras, as densidades de plantas não influenciaram a massa da parte aérea seca. No espaçamento de 30 cm entre fileiras, a média do conteúdo de massa da parte aérea seca na densidade de 8 plantas/m foi 67% maior que a média do conteúdo da massa da parte aérea seca na densidade de 20 plantas/m (Figura 2).

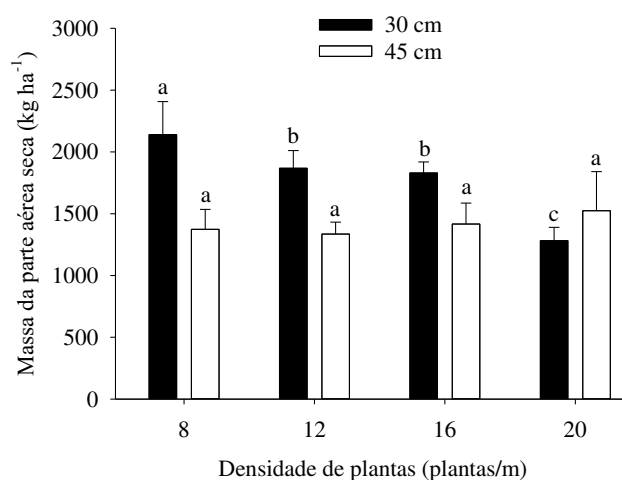


Figura 2 – Efeitos da densidade de plantas dentro dos espaçamentos entre fileiras na massa da parte aérea seca (kg ha⁻¹), 2018. As médias das variáveis dependentes foram comparadas pelo teste de Duncan (n = 4) ao nível de 5% de probabilidade. A barra vertical representa o desvio-padrão.

4.2 Teor de macro e micronutrientes na parte aérea

A interação dos fatores espaçamento entre fileiras e densidade de plantas foi altamente significativa sobre o teor de N, de P e de Mo, e foi significativa sobre o teor de Co (Tabela 2). No espaçamento de 30 cm entre fileiras, as densidades de plantas não influenciaram o teor de N e de Co; no espaçamento de 45 cm entre fileiras, as densidades de plantas não influenciaram o teor de P e de Mo. No espaçamento de 45 cm entre fileiras, a densidade de 16 plantas/m aumentou o teor de N em 80,4% (Figura 3A) e a densidade de 12 plantas/m aumentou o teor de Co em 69,8% (Figura 3C) em relação à densidade de 20 plantas/m. No espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 8 plantas/m aumentou o teor de P em 31,6% (Figura 3B) e o teor de Mo em 56,5% (Figura 3D), em relação à densidade de 20 plantas/m.

A interação dos fatores espaçamento entre fileiras e densidade de plantas sobre o teor de zinco (Zn) foi não significativa (Tabela 2). O efeito do espaçamento entre fileiras no teor de Zn foi não significativo. A densidade de 20 plantas/m aumentou o teor de Zn em 48,8% (Figura 3E) em relação à densidade de 8 plantas/m.

A interação dos fatores espaçamento entre fileiras e densidade de plantas sobre o teor de K foi não significativa (Tabela 2). O efeito da densidade de plantas sobre o teor de K na parte aérea foi não significativo. No entanto, o espaçamento de 45 cm entre fileiras aumentou o teor de K em 8,4% em relação ao espaçamento de 30 cm entre fileiras.

Os efeitos dos espaçamentos entre fileiras, das densidades de plantas e a interação entre esses fatores não influenciaram os teores de Mg, S, Ca, B, Mn, Fe, Ni, Cu e Se (Tabela 2).

De maneira geral, os teores de nutrientes foram influenciados pela menor densidade de plantas (8 plantas/m) e espaçamento entre fileiras (30 e 45 cm entre fileiras). Na massa da parte aérea seca, a absorção em g kg^{-1} de macronutrientes obedece a seguinte ordem: N (18,06) > K (10,59) > Ca (9,31) > Mg (4,94) > S (2,71) > P (2,01), ou seja, o P foi o nutriente de menor absorção na MSPA, enquanto o N foi o maior.

Por outro lado, a absorção em mg kg^{-1} de micronutrientes na parte aérea seguiu a seguinte ordem: Mn (113,65) > Fe (71,73) > Zn (27,43) > B (25,89) > Cu (7,29) > Ni (0,39) > Mo (0,28) > Se (0,03) > Co (0,01).

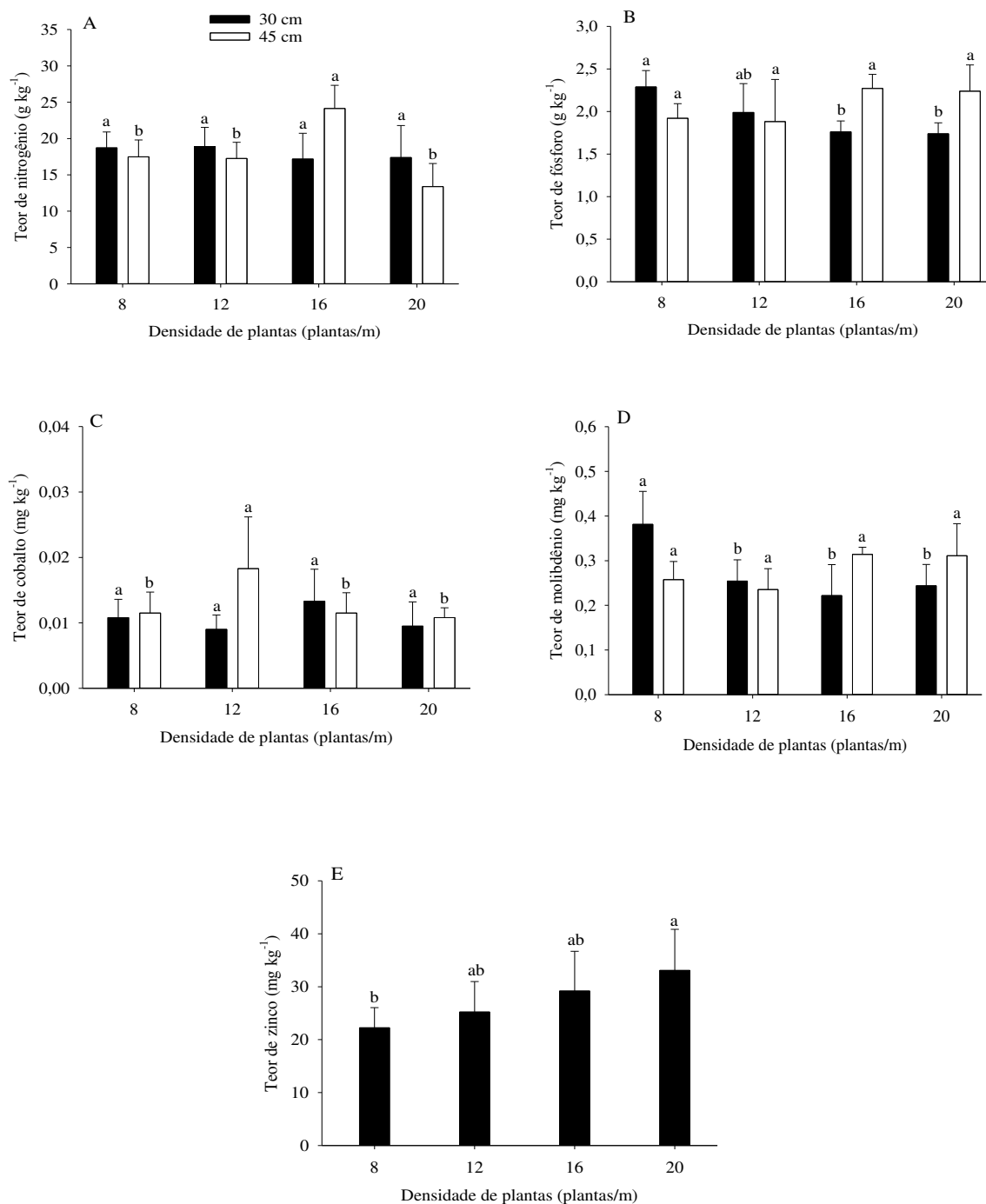


Figura 3 – Efeitos da densidade de plantas dentro dos espaçamentos entre fileiras no teor de nitrogênio (A), fósforo (B), cobalto (C) e molibdênio (D) na parte aérea de plantas e efeitos das densidades de plantas no teor de zinco (E) na parte aérea de plantas, 2018. As médias das variáveis dependentes foram comparadas pelo teste de Duncan (n = 4 ou n = 8) ao nível de 5% de probabilidade. A barra vertical representa o desvio-padrão.

4.3 Conteúdos de macro e micronutrientes na parte aérea

A interação dos fatores espaçamento entre fileiras e densidade de plantas foi significativa sobre o conteúdo de N e Mg, e foi muito altamente significativa sobre o conteúdo de P, K e S (Tabela 2). No espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 8 plantas/m aumentou o conteúdo de N em 78,9%; e no espaçamento de 45 cm entre fileiras, a densidade de 16 plantas/m aumentou o conteúdo de N em 64,1% (Figura 4A) em relação à densidade de 20 plantas/m. No espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 8 plantas/m aumentou o conteúdo de P em 2,22 vezes (Figura 4B), o conteúdo de K em 91,5% (Figura 4C), o conteúdo de Mg em 73% (Figura 4D), o conteúdo de S em 97% (Figura 4E), em relação à densidade de 20 plantas/m. No espaçamento de 45 cm entre fileiras, as densidades de plantas não influenciaram o conteúdo de P, de K, de Mg, e de S.

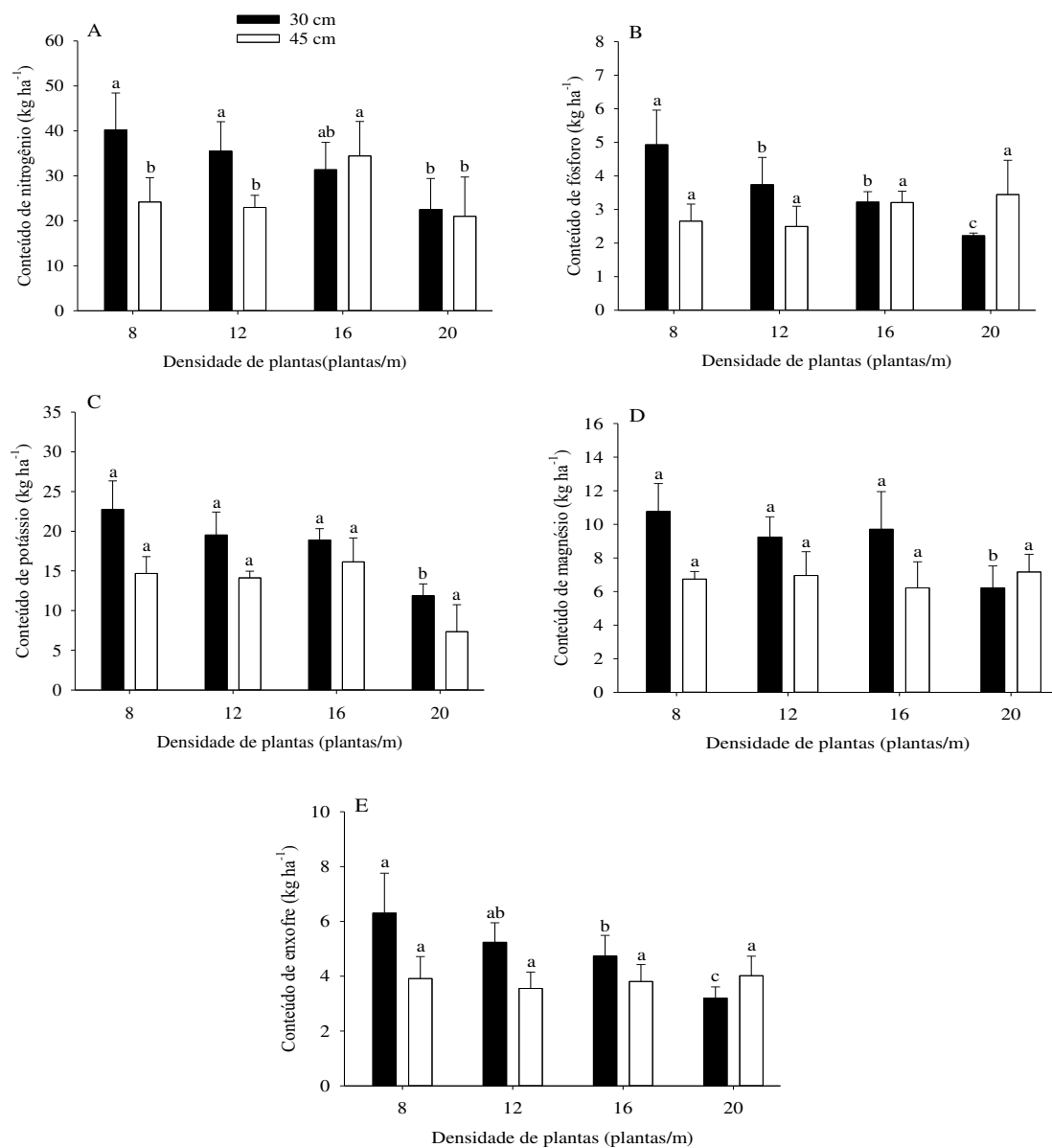


Figura 4 – Efeitos da densidade de plantas dentro dos espaçamentos entre fileiras no conteúdo de: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), magnésio (D) e enxofre (E) na parte aérea de plantas, 2018. As médias das variáveis dependentes foram comparadas pelo teste de Duncan (n = 4) ao nível de 5% de probabilidade. A barra vertical representa o desvio-padrão.

A interação dos fatores espaçamento entre fileiras e densidade de plantas foi altamente significativa sobre o conteúdo de B, Zn e Cu; foi significativa sobre o conteúdo de Fe e Co; e foi muito altamente significativa sobre o conteúdo de Mo e Cu (Tabela 2).

No espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 8 plantas/m aumentou o conteúdo de B em 72,3% (Figura 5A) e o conteúdo de Fe em 97% (Figura 5B), em relação à densidade de 20 plantas/m.

No espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 16 plantas/m aumentou o conteúdo de Zn em 31,5% (Figura 5C), em relação à densidade de 20 plantas/m. No espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 8 plantas/m aumentou o conteúdo de Mo em 2,7 vezes (Figura 5D), o conteúdo de Co em 83,7% (Figura 5E), o conteúdo de Cu em 76,8% (Figura 5F), em relação à densidade de 20 plantas/m. No espaçamento de 45 cm entre fileiras, as densidades de plantas não influenciaram os conteúdos de B, Fe, Mo, Co, e de Cu.

Os efeitos dos espaçamentos entre fileiras e a interação dos fatores espaçamento entre fileiras e densidade de plantas foram não significativos sobre o conteúdo de Ni (Tabela 2). A densidade de 8 plantas/m aumentou o conteúdo de Ni em 67,4% (Figura 5G), em relação à densidade de 20 plantas/m.

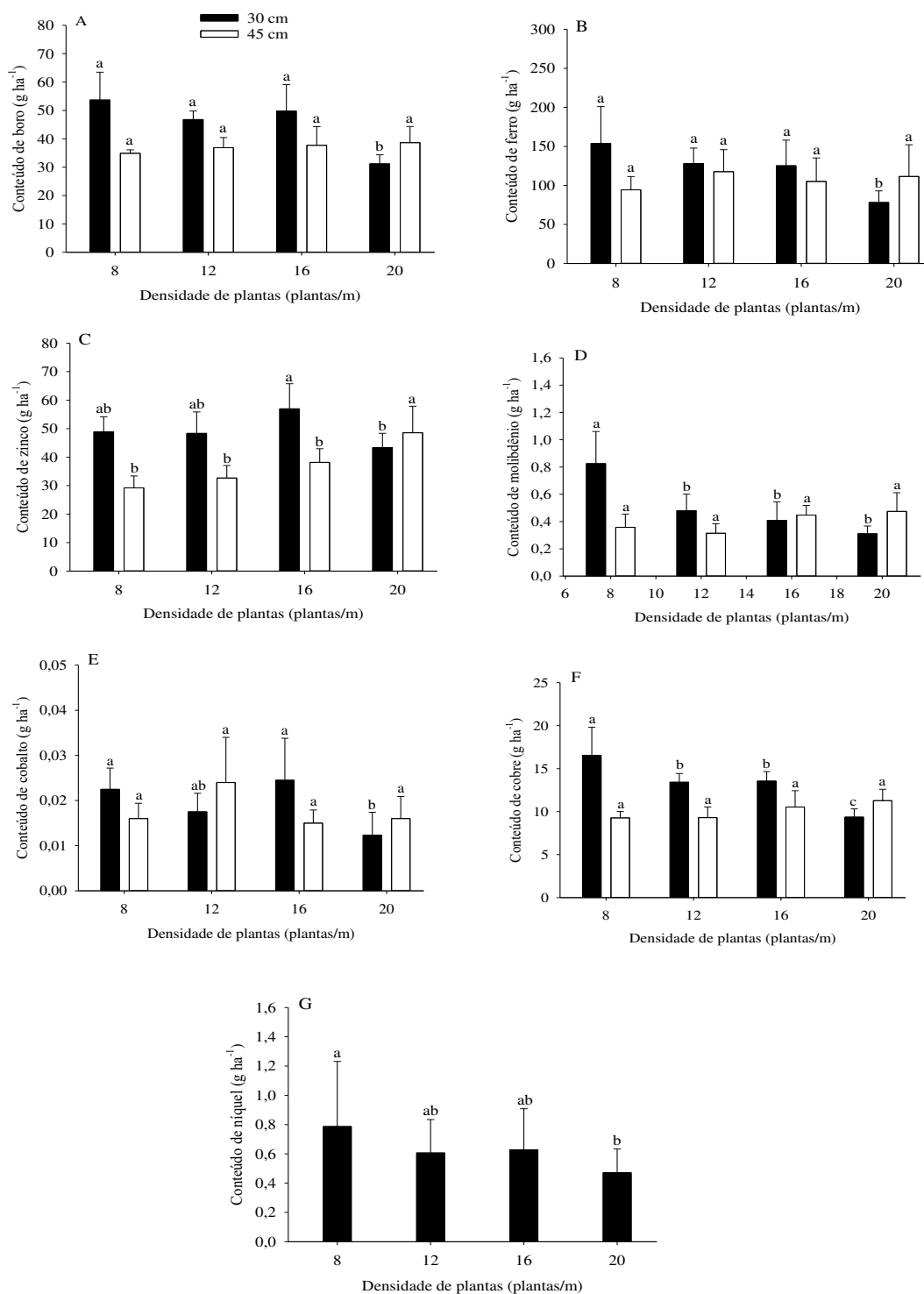


Figura 5 – Efeitos da densidade de plantas dentro dos espaçamentos entre fileiras no conteúdo de: boro (A), ferro (B), zinco (C), molibdênio (D), cobalto (E), cobre (F) e efeito da densidade de plantas no conteúdo de níquel (G) na parte aérea de plantas, 2018. As médias das variáveis dependentes foram comparadas pelo teste de Duncan (n = 4 ou n = 8) ao nível de 5% de probabilidade. A barra vertical representa o desvio-padrão.

Os efeitos do espaçamento entre fileiras, densidades de plantas e a interação entre esses fatores foram não significativos sobre o conteúdo de Ca e de Se (Tabela 2). Os efeitos das densidades de plantas e a interação espaçamento entre fileiras e densidade de plantas foram não significativos sobre o conteúdo de Mn (Tabela 2). O espaçamento de 30 cm entre fileiras aumentou o conteúdo de Mn em 96% em relação ao espaçamento de 45 cm entre fileiras.

De maneira geral, os conteúdos de nutrientes foram influenciados pela menor densidade de plantas (8 plantas/m) e espaçamento entre fileiras (30 e 45 cm entre fileiras). Na massa da parte aérea seca, o acúmulo em kg ha⁻¹ de macronutrientes obedece a seguinte ordem: N (29,02) >K (16,92) > Ca (14,74) >Mg (7,88) > S (4,35) > P (3,24), ou seja, o P foi o nutriente de menor acúmulo na MSPA, enquanto o N foi o maior.

Por outro lado, o acúmulo em g ha⁻¹ de micronutrientes na parte aérea seguiu a seguinte ordem: Mn (180,59) >Fe (114,28) >Zn (43,26) >B (41,20) >Cu (11,66) >Ni (0,623) >Mo (0,452) >Se (0,044) >Co (0,019).

Efeito do tratamento do fatorial vs tratamento adicional

O contraste entre tratamento 45 cm entre fileira e 12 plantas/m vs tratamento 45 cm entre fileira e 12 plantas/m + Zn foi significativo sobre o teor de N (18,1 g/kg vs 10,9 g/kg) e muito altamente significativo sobre o teor de Zn (27,4 g/kg vs 153,1 g/kg). O contraste entre tratamento 45 cm entre fileira e 12 plantas/m vs tratamento 45 cm entre fileira e 12 plantas/m + Zn foi não significativo sobre a massa da parte aérea seca, teor de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Mo, B, Ni e Se.

O contraste entre tratamento 45 cm entre fileira e 12 plantas/m vs tratamento 45 cm entre fileira e 12 plantas/m + Zn foi muito altamente significativo sobre o conteúdo de Zn (43,3 kg/ha vs 200,3 kg/ha), ou seja, houve efeito significativo do Zn. O contraste entre tratamento 45 cm entre fileira e 12 plantas/m vs tratamento 45 cm entre fileira e 12 plantas/m + Zn foi não significativo sobre o conteúdo de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Mo, Ni, Se.

5. DISCUSSÃO

Durante o experimento, as temperaturas mantiveram-se entre 23,4 °C e 31,6 °C, com média de 27,5 °C, e a precipitação total acumulada foi de 555,9 mm (Figura 1). Nessas condições, a interação dos fatores (E x DP) aumentou o crescimento do feijão-mungo-verde. A média da massa da parte aérea seca aumentou à medida que o espaçamento

entre fileiras e as densidades de plantas diminuíram. No espaçamento de 30 cm e densidade de 8 plantas/m proporcionou o maior acúmulo de massa na parte aérea em relação a densidade de 20 plantas/m (de 1281 para 2140 kg ha⁻¹), o que consequentemente resulta em maior conteúdo de nutrientes na parte aérea (CIAMPITTI e VYN, 2011). A diminuição da massa de matéria seca é um indicativo do controle do excessivo crescimento vegetativo da planta, o que possibilita uma regulação diferenciada sobre o crescimento reprodutivo e vegetativo (BOGIANI e ROSOLEM, 2011).

Essas diferenças podem ser atribuídas a fatores que favorecem o sombreamento e condições de baixa luminosidade dentro do dossel (TAIZ e ZEIGER, 2008), em densidade populacional mais alta, resulta em menor incremento na massa na parte aérea. Além disso, o crescimento da planta pode ser também justificado pelo aumento no teor de N na parte aérea (obtido no presente estudo), pois esse nutriente aumenta o teor de clorofila (SORATTO et al. 2004), o nível de crescimento e o índice de área foliar e, consequentemente, os níveis de fotossíntese líquida, resultando em maior acúmulo de massa de planta seca (MARSCHNER, 1995). Rowden et al. (1981) verificaram em ensaios realizados com o feijão guandu, que o aumento no acúmulo de massa das plantas em menores densidade de plantas, pode ser atribuído a menor competição por luz e nutrientes, sugerindo que a estrutura do dossel se torna mais eficiente, permitindo a penetração da luz. Assim, esses resultados indicam que a menor densidade de plantas pode alterar o conteúdo de massa da parte aérea seca do feijão-mungo-verde. Nossos resultados foram similares aos obtidos por Lima et al. (2016) que observaram que a redução na densidade de 8 para 4 plantas/m resultou num maior acúmulo de massa de planta seca, ou seja, a menor densidade resultou num incremento de 18,4% na massa de matéria seca em feijoeiro comum. Da mesma forma, Lima et al. (2010) obtiveram resultados semelhantes com três adubos verdes, em que maiores densidades de plantio (625.000 plantas ha⁻¹ de crotalária, 200.000 plantas ha⁻¹ de mucuna e 400.000 plantas ha⁻¹ de guandu), resultaram na redução no acúmulo de matéria seca em 8,4%, 35,3% e 5,0%, respectivamente. Em estudos realizados com soja, a redução no espaçamento entre linhas foram acarretadas modificações na quantidade de matéria seca acumulada pelas plantas, fechamento da área da entrelinha (SCOTT e ALDRICH, 1975), área foliar e índice de área foliar, que resultaram em aumento no rendimento de grãos (PIRES et al., 1998). Com a alteração da área foliar, devido à densidade de população e tipo de planta, aumentam a percentagem de interceptação da radiação solar e o acúmulo de

matéria seca a valores máximos, à medida que a área foliar é incrementada (PORRAS et al., 1997).

Esse fato também foi verificado por Soratto et al. (2017) com cultivares de feijões comerciais, que relataram que as menores densidades de plantas (5 e 7 plantas m^{-1}) proporcionaram maior incremento na massa da planta seca. Rachaputti et al. (2015) em estudos realizados na Austrália com feijão-mungo-verde, obtiveram no menor espaçamento entre fileiras (0,3 a 0,5 m) um aumento de 22% na massa da parte aérea seca em relação ao maior espaçamento entre fileiras (0,9 a 1,0 m). Resultados semelhantes foram obtidos com as leguminosas calopogônio e tremoço-branco, no Paraná e Sergipe, em que a maior densidade de sementeira, a MSPA foi reduzida a 20% da observada na menor densidade (DERPSCH et al. 1991; FERNANDES et al. 1999). No espaçamento de 45 cm entre fileiras, o aumento no teor de nitrogênio (de 13,4 para 24,1 $g\ kg^{-1}$) e do conteúdo de nitrogênio (de 21 para 34,4 $kg\ ha^{-1}$) na densidade de 16 plantas/m em relação a densidade de 20 plantas/m pode ser justificado pela mobilidade e absorção do nutriente, pois, de fato o N é um elemento móvel na planta e transloca-se facilmente de um órgão para outro, no florescimento é o período em que há maior translocação entre a parte aérea e a inflorescência. Contudo, a translocação depende de vários fatores, entre eles do teor de N na parte aérea (MARSCHNER, 2012). Por outro lado, no espaçamento de 30 cm entre fileiras, com a menor densidade (8 plantas/m) foi observado maior conteúdo de N (de 22,5 para 40,2 $kg\ ha^{-1}$) na parte aérea, nesse sentido, sugerimos que tanto o aumento quanto a redução no espaçamento e densidade de plantas, o efeito será positivo sobre o teor e conteúdo de N na parte aérea do feijão-mungo-verde. Além disso, a presença de N afeta diretamente a disponibilidade e limitação de outros nutrientes na parte aérea, dentre eles o P e o K.

De maneira geral, no espaçamento de 30 cm entre fileiras, houve aumento do teor de fósforo (de 1,7 para 2,3 $g\ kg^{-1}$) e do conteúdo de fósforo (de 2,2 para 4,9 $kg\ ha^{-1}$) na densidade de 8 plantas/m quando comparadas com a densidade de 20 plantas/m.

Os TP obtidos, estão acima da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1997), que varia entre 1,2 e 1,5 $g\ kg^{-1}$. Sugerimos que o baixo teor de argila e uso de adubação fosfatada provavelmente aumentou o teor e conteúdo de P na parte aérea (Tabela 1), que favorecem a disponibilidade do P, possibilitando uma maior absorção pela parte aérea da planta (FONSECA et al. 2010). A ausência desse nutriente pode levar a redução na germinação, fotossíntese, absorção ativa dos nutrientes do solo e síntese de vários

compostos orgânicos, como carboidratos, proteínas e lipídeos Tanaka et al. (1993) e Marshner (1995).

Para o teor de cobalto na parte aérea, no espaçamento de 45 cm entre fileiras, e densidade de 12 plantas/m o aumento foi de 0,011 para 0,018 mg kg⁻¹ e do conteúdo de cobalto no espaçamento de 30 cm e densidade de 8 plantas/m (de 0,012 para 0,023 g ha⁻¹), em relação a densidade de 20 plantas/m. Sugerimos que a elevação desse micronutriente na parte aérea pode estar condicionada ao aumento da aeração do solo devido a maior expansão das raízes nas menores densidades de plantas/m, que aumentam a disponibilidade de Co para as plantas, além da influência direta nas condições de oxirredução pela associação com o manganês (RAIJ, 1991).

Para o teor de molibdênio, no espaçamento de 30 cm entre fileiras, houve aumento no teor de 0,2 para 0,4 mg kg⁻¹ e no conteúdo de 0,3 para 0,8 g ha⁻¹ na densidade de 8 plantas/m quando comparadas com a densidade de 20 plantas/m. Deduz-se, portanto, que o aumento do teor e conteúdo de molibdênio no espaçamento de 30 cm e densidade de 8 plantas/m, pode ter sido influenciado pela alta disponibilidade de N na parte aérea, na menor densidade. Pois de fato, o molibdênio influencia o fornecimento de nitrogênio nas plantas, uma vez que esse micronutriente é essencial para o crescimento vegetal, participando como co-fator de enzimas envolvidas em reações bioquímicas importantes no metabolismo do nitrogênio. Segundo Dechen et al. (1991), a grande importância do molibdênio para as leguminosas está na sua relação direta com o processo biológico de fixação do nitrogênio e na incorporação do nitrogênio em moléculas orgânicas.

Embora a interação dos fatores (E x DP) não tenha sido significativa sobre os teores de Zn, a densidade de 20 plantas/m proporcionou maior aumento no teor de Zn (de 22,2 para 33,1 mg kg⁻¹), em relação a densidade de 8 plantas/m. Entretanto, no espaçamento de 30 e 45 cm entre fileiras, as maiores densidades de plantas (16 e 20 plantas/m) proporcionaram maior incremento no conteúdo de zinco, de 43,4 para 48,8 g ha⁻¹ e de 29,2 para 48,6 g ha⁻¹, respectivamente. Com isso, sugerimos que independente do espaçamento, e sem a utilização de adubação a base de zinco, as maiores densidades (16 e 20 plantas/m), podem auxiliar no aumento do teor e conteúdo de zinco na parte aérea de plantas de feijão-mungo-verde.

No espaçamento de 45 cm entre fileiras, o aumento de 10,2 para 11 g kg⁻¹ no teor de K, em relação ao tratamento de 30 cm entre fileiras, assim como, o aumento de 11,9 para 22,7 kg ha⁻¹ no conteúdo de K na densidade de 8 plantas/m e 30 cm entre fileiras em relação a densidade de 20 plantas/m, podem estar relacionados com a baixa

porcentagem de argila no solo (Tabela 1), pois a perda de K por lixiviação é alta, diminuindo o teor no solo, e conseqüentemente a absorção pela planta (FONSECA et al. 2010), fato este também observado por Ciampitti (2012).

O aumento de 6,2 para 10,8 kg ha⁻¹ no conteúdo de magnésio na densidade de 8 plantas/m e espaçamento 30 cm entre fileiras, está dentro da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1997), que varia entre 5 e 8 kg ha⁻¹. Nesse sentido, o aumento verificado pode estar relacionado ao efeito sinérgico causado pelo P. Segundo Wilkinson et al. (1999), o sinergismo entre o P e o Mg ocorre após o ponto crítico de absorção de P, ponto em que aumenta a absorção e acúmulo de magnésio. Além disso, o Mg exerce um papel fundamental nos processos bioquímicos na planta, principalmente, nas reações de fosforilação. Os valores no incremento do conteúdo de Mg na parte aérea foram próximos ao obtido por Fageria e Santos (1998), em plantas de feijão comum, de 10 kg ha⁻¹.

Sugerimos que o aumento na massa da parte aérea seca, e conseqüentemente o aumento no conteúdo de S (de 3,2 para 6,3 kg ha⁻¹), B (de 31,2 para 53,7 g ha⁻¹), Fe (de 78,1 para 153,8 g ha⁻¹), Ni (de 0,5 para 0,8 g ha⁻¹), e Cu (de 9,4 para 16,5 g ha⁻¹) na menor densidade de plantas (8 plantas/m) e espaçamento de 30 cm entre fileiras, pode ser atribuído a uma maior exploração do solo pelas raízes, colaborando para que não houvesse competição mais intensa por nutrientes e água, bem como menor interceptação de luz pelas folhas e aumento de autosombreamento no dossel (LIMA et al. 2010).

Ao contrário de trabalhos exclusivamente com teor de nutriente foliar, na literatura há escassez de estudos sobre teor e conteúdo de nutrientes em outras partes vegetais, ou mesmo na parte aérea como um todo, o que dificulta, de certo modo, comparações com os teores e conteúdo na parte aérea do feijoeiro, limitando-se de certo modo, à discussão dos resultados apresentados.

6. CONCLUSÃO

De maneira geral, com o espaçamento de 30 cm entre fileiras, a densidade de 8 plantas/m resultou em maior acúmulo de massa seca, N, P, K, Mg, S, Fe, Cu, Mo, B, Ni e Co e absorção de P e Mo na parte aérea das plantas de feijão-mungo-verde. Nesse sentido, sugerimos que para as condições em que o experimento foi instalado, a densidade de 8 plantas/m é a mais indicada. Entretanto, ressalta-se a importância de novos ensaios com o feijão-mungo-verde para validação da pesquisa no estado, visto que os resultados foram em apenas um ano de cultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE CJB, CAMARGO R, SOUZA M F. Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 2013, n.1, p. 10-20.

BRAUN H, FONTES PCR, BUSATO C, CECON PR. Teor e exportação de macro e micronutrientes nos tubérculos de cultivares de batata em função do nitrogênio. **Bragantia**, 2011, n.1, p.50-57.

BOGIANI J C, ROSOLEM C A. Resposta de crescimento, matéria seca e fotossíntese do algodoeiro pelo uso de cloreto de mepiquat. **Revista Brasileira**, 2011, v.15, n.1, p.9-16.

CIAMPITTI IA. A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake, partitioning, and use efficiencies relative to biomass accumulation over time in maize. Ph.D. diss. Purdue Univ. West Lafayette, 2012.

DERPSCH R, ROTH CH, SIDIRAS N, KÖPKE U. Importância da adubação verde, **Eschborn: GTZ/IAPAR**, 1991, p.117-145.

DECHEN AR. Função dos micronutrientes nas plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES, Jaboticabal, 1988. Anais. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991, p.65-78.

FORDHAM JR, WELLS CE, CHEN LH. Sprouting of seeds and nutrient composition of seeds and sprouts. **Journal of Food Science**, 1975, p. 552-556.

FAGERIA NK, SANTOS AB. Adubação fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 1998, p.124-127.

FERNANDES MF, BARRETO AC, FILHO JE. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 1999, n.9.

FONSECA MR, FERNANDES AR, SILVA GR, BRASIL EC. Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão caupi em função do fósforo e da saturação por bases. **Revista de Ciência Agrárias**, 2010, n.2, p.195-205.

GEREMEW EB, STEYN JM, ANNANDALE JG. Evaluation of growth performance and dry matter partitioning of four processing potato (*Solanum tuberosum*) cultivars. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**. 2007, p.385393.

HARRIS PM. Mineral Nutrition. In: Harris, P.M. (ed), The Potato Crop: The Scientific Basis for Improvement. **Chapman and Hall**. 1992, p.162-213.

HAVERKORT AJ, VERHAGEN A. Climate change and its repercussions for the potato supply chain. **Potato Research**. 2008, p.223-237.

JUNIOR AAB, PROCÓPIO AO, NEUMAIER N, FERREIRA A S, WERNER F, DEBIASI H, FRANCHINI JC. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e

- densidade de semeadura influenciando o crescimento e a produtividade de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. 2016, n.2, p.83-93.
- LIMA JD, SAKAI RK, ALDRIGHI M, SAKAI M. Arranjo espacial, densidade e época de semeadura no acúmulo de matéria seca e nutrientes de três adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 2010, n. 4, p. 531-540.
- LIMA RT, NASCIMENTO V, JUNIOR RA. Densidade de plantas e fontes de nitrogênio no cultivo de feijoeiro. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. 2016, 327-338.
- MARSCHNER H. Mineral nutrition of higher plants. **Academic Press**. 1995, p.889.
- MALAVOLTA E, VITTI GC, OLIVEIRA SA. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. **Revista Ceres**. 1997, p.319.
- MUSTONEN L, WALLIUS E, HURME T. Nitrogen fertilization and yield formation of potato during a short growing period. **Agricultural and Food Science**. 2010, p.173-183.
- MARSCHNER H. Mineral nutrition of higher plants. **Academic Press**, 2012.
- ROWDEN R. Effects of planting density on growth, light interception and yield of a photoperiod insensitive pigeon pea (*Cajanus cajan*). **Field Crops Research**. 1981, n.3, p.201-213.
- RAIJ BV. Fertilidade do Solo e Adubação. **Revista Ceres**, 1991.
- RACHAPUTI RCN, CHAUHAN Y, DOUGLAS C, MARTIN W, KROSCH S, AGIUS P, KING K. Physiological basis of yield variation in response to row spacing and plant density of mung bean grown in subtropical environments. **Field Crops Research**. 2015, p. 14–22.
- SETIYONO TD, WALTERS DT, CASSMAN G, Dobermann A. Estimating maize nutrient uptake requirements. **Field Crops Research**. 2010, 118:158–168.
- SORATTO RP, CARVALHO MAC, ARF O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2004, 39:895-901.
- SORATTO RP, CATUCHI TA, SOUZA EFC, GARCIA JLN. Plant density and nitrogen fertilization on common bean nutrition and yield. **Revista Caatinga**. 2017, n. 3, p. 670 – 678.
- VIEIRA RF. Leguminosas graníferas. Ed. UFV. 2001, p 129-140.
- VIEIRA RF, OLIVEIRA VR, VIEIRA C. Cultivo do feijão-mungo-verde no verão em Viçosa e em Prudente de Moraes. **Horticultura Brasileira**. 2003, n. 1, p. 37-43.
- VIEIRA RF, PINTO CMF, VIANA LF. Comportamento de linhagens de mungo-verde no verão-outono na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Ceres**. 2005, p. 153-164, 2005.

TICKOO JL, SATYANARAYANA A. Progress in mungbean breeding research with special emphasis on disease and insect resistance, constraints, and future directions. In: International Consultation Workshop on Mungbean, New Delhi, Índia. **Proceedings**. 1998, p. 58-77.

TIMLIN D, RAHMAN SML, BAKER J, REDDY VR, FLEISHER D, QUEBEDEAUX B. Whole plant photosynthesis, development, and carbon partitioning in potato as a function of temperature. **Agronomy Journal**. 2006, p.1195-1203.

TAIZ L, ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 820 p.

WILKINSON SR, MAOLCON ES, SUMNER ME. Nutrient interactions in soil and plant nutrition. **Handbook of soil science**. 1995, p. 89-112.

ZEBARTH BJ, ARSENAULT WJ, SANDERSON JB. Effect of seed piece spacing and nitrogen fertilization on tuber yield, yield components and nitrogen use efficiency parameters of two potato cultivars. **American Journal of Potato Research**. 2006, p.289-296.

ZEBARTH BJ, ROSEN CJ. Research perspective on nitrogen BMP development for potato. **American Journal of Potato Research**. 2007, p.3-18.

ANEXO

Normas para publicação da Revista Brasileira do Solo

INFORMAÇÕES GERAIS

Idioma

Ao submeter seu manuscrito para RBCS, recomendamos que o artigo seja revisado por um profissional, especialmente se o inglês não é sua primeira língua. A revisão não é obrigatória, mas assegurará que o conteúdo científico esteja adequado para ser compreendido pelos revisores e editores. Após a aceitação do manuscrito, os editores poderão requerer, se necessário, a revisão do texto por um dos profissionais indicados nesse guia. Manuscritos com inglês inapropriado terão o processo de revisão interrompido/rejeitado pelos Editores e/ou revisores.

Exclusividade e originalidade

Não são aceitos manuscritos submetidos ou já publicados, ainda que parcialmente, em outra revista. O caráter de exclusividade deve ser declarado na *cover letter*. A Revista aceita manuscritos com conteúdo que tenha sido integralmente ou parcialmente divulgados na forma de resumos ou resumo expandido em congresso, ou que sejam parte de monografia, dissertações ou teses acadêmicas. As não conformidades do manuscrito quanto a exclusividade e originalidade serão de inteira responsabilidade do autor correspondente.

Conflito de interesse

Deverá ser declarado na *cover letter* que não há conflito de interesse dos autores de caráter financeiro, pessoal ou de outra natureza que tenha influenciado a produção do trabalho.

Autores

Todos os autores deverão ter o registro ORCID – Connecting Research and Researchers (<https://orcid.org/register>), o qual é exigido na submissão do ScholarOne™. Para saber como inserir o Orcid ao ScholarOne, clique no link a seguir: <https://www.rbcjournal.org/wp-content/uploads/2018/11/ORCID.x36232.pdf>.

O autor correspondente deve declarar na *cover letter* que todos os autores estão cientes e de acordo com a submissão do manuscrito. A manifestação de desconhecimento ou desacordo com a submissão por qualquer de um dos autores resultará na interrupção da tramitação do manuscrito. A troca do autor correspondente não é permitida. Alteração na ordem, ou a inclusão de autores será possível na etapa de revisões do manuscrito e deverá ser devidamente argumentada. A contribuição de cada autor para a concepção e produção do manuscrito deverá ser declarada na *Title Page*.

Manuscrito

Os manuscritos devem ser redigidos seguindo as normas para redação científica. A publicação de um experimento em partes (fracionamento do conteúdo) deve ser evitada, mas se comprovadamente necessária, os manuscritos devem ser submetidos em sequência, o que deve ser informado nas respectivas *covers letters*. O manuscrito deve-se adequar a uma das condições:

Artigo Científico – É fundamentado em uma hipótese científica original e ainda não esclarecida, que foi testada por meio de experimentação e, ou modelos teóricos, fundamentados no método científico, com adequado planejamento estatístico e discussão com adequada argumentação científica. Serão priorizados artigos que contribuam para a compreensão de processos/mecanismos que ocorrem no solo. As comparações de métodos, de variedades, de tipos de manejo, etc, se adequarão, excepcionalmente, à categoria de artigo científico apenas quando apresentarem base e, ou, justificativas científicas bem argumentadas e discutidas. O artigo deve conter Título, *Highlights*, *Abstract*, Palavras Chaves, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Referências e pode conter Tabelas e Figuras. É permitida a inclusão de material suplementar (ver Submissão).

Nota científica – Categoria de produção científica que descreve uma técnica, um aparelho, uma nova espécie ou observações e levantamentos de dados limitados a experimentos não repetíveis ou outras situações únicas. Uma nota científica não é um artigo de qualidade inferior. É, em geral, mais curta que o artigo científico. Não precisa ter a estrutura, mas deve obedecer ao mesmo rigor científico do artigo científico e tem o mesmo valor como publicação. Também é permitida a inclusão de material suplementar.

Revisão de Literatura – A submissão de revisão poderá ser espontânea ou induzida por convite do Editor Chefe, mas ambas passam pelo mesmo processo de tramitação. Além de apresentar o estado do conhecimento a respeito de um tema específico, a revisão deve ter um caráter analítico e crítico, além de conter sugestões para pesquisa.

Carta ao Editor – Deve conter comunicação de matéria relevante para a ciência do solo ou comentário cientificamente crítico de artigos publicados na Revista. Nessa circunstância será concedido aos autores do referido artigo o direito de contra argumentar.

SUBMISSÃO DE MANUSCRITOS

A submissão do manuscrito será por meio da plataforma ScholarOne™ acessada pelos links:

www.rbcs.org.brhttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=01000683&lng=en&nrm=iso<https://mc04.manuscriptcentral.com/rbcs-scielo>.

Os documentos obrigatórios para submissão são: cover letter, title page e main document. Tabelas, figuras e material complementar são opcionais.

Formatação

Todos os documentos devem ser produzidos em editor de texto, preferencialmente com o uso do Microsoft Word. Recomenda-se que o texto seja alinhado à esquerda, com fonte 12 e com espaçamento entre linhas de 1,5. Não deve ser inserido numeração de linha, porque elas são geradas na conversão automática do documento para o formato pdf pelo sistema de submissão.

Cover letter

A cover letter deve conter: 1) título do manuscrito, 2) declaração de que o trabalho é original e que não foi submetido nem publicado, na íntegra ou em parte, em nenhuma outra revista, 3) declaração de que todos os autores estão cientes do conteúdo do manuscrito e de acordo com a sua submissão, 4) declaração de que não há conflito de interesse financeiro, pessoal ou institucional com as informações e os resultados divulgados por meio do presente manuscrito e 5) informação sobre a relevância do artigo, ressaltando-se o problema, a(s) hipótese(s), o(s) objetivo(s) e, principalmente, o

ganho de conhecimento que ele propicia para a ciência do solo. O item 5 será usado na avaliação preliminar sobre o mérito científico do artigo e será a base para decidir sobre o seguimento (ou não) no processo de avaliação.

Title Page

Deve conter o título de manuscrito. Os nomes dos autores sem abreviações e sem titulação. As afiliações de cada um dos autores, vinculadas por chamadas numéricas, indicando sem abreviações Instituição, Instituto, Departamento, Programa, Cidade, Estado e País. É necessário marcar o autor correspondente com um asterisco e indicar seu e-mail e número de telefone. Agradecimentos aos indivíduos que contribuíram para a realização da pesquisa e produção do manuscrito e às instituições ou organizações públicas ou privadas que deram suporte financeiro ou logístico para a pesquisa.

Main Document

O documento é composto pelo Título, *Highlights*, *Abstract*, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões e Referências.

Título: Deve ser conciso e informativo, evitando símbolos, abreviaturas e fórmulas. Recomenda-se que contenha no máximo 20 palavras. É importante considerar que o título é utilizado nos sistemas de busca.

Highlights: Deve-se fornecer de 3-5 pontos que representem as principais conclusões/resultados do manuscrito. Cada ponto apresentado deve conter no máximo 85 caracteres, incluindo espaços.

Abstract: Deve ser conciso e factual, contendo no máximo 400 palavras. O abstract é uma parte independente do artigo, portanto, ele deve ser suficiente por si só para apresentar as principais informações do artigo. Iniciar com uma breve caracterização do problema e a relevância do trabalho. O objetivo deve ser apresentado de forma explícita. Apresentar informações relevantes do material e métodos, os resultados mais importantes e a(s) conclusão(ões). Não deve incluir citações bibliográficas e símbolos ou abreviações que requeiram a leitura do texto para sua compreensão. Símbolos e abreviações necessárias devem ser definidas na primeira utilização no abstract.

Palavras-chave: Apresentar até cinco palavras diferentes daquelas que constam do título. Não utilizar preposições ou conjunções, tais como “de”, “ou”, “e”. Não utilizar termos compostos por mais de três palavras. Utilizar abreviações somente se forem de amplo conhecimento.

Introdução: A Introdução deve ser clara e concisa, mas suficiente para evidenciar a relevância do problema abordado. As citações bibliográficas devem ser específicas e atualizadas, preferentemente de revistas com elevado índice de impacto. Evitar citações de tese, dissertações, boletins, anais de congressos e outros documentos de difícil acesso. A hipótese deve ser mencionada de forma explícita. A hipótese é uma afirmação (explicação) cuja verossimilidade pode, ou não, ser verificada e a partir da qual se extrai uma conclusão. Portanto, a hipótese não deve ter a conotação de pergunta nem condicional; ela deve ser uma afirmativa, utilizando-se o verbo no indicativo presente, com uma relação causa-efeito. A introdução deve ser finalizada com a indicação do(s) objetivo(s).

Material e Métodos: Pode ser dividido em subitens para facilitar a apresentação dos procedimentos adotados. Deve ser suficientemente detalhado para permitir que o trabalho possa ser repetido. As informações devem ser ordenadas segundo uma hierarquia lógica, que possibilite uma fácil compreensão. Para trabalhos de campo é relevante indicar a localização com as coordenadas geográficas, condições climáticas e classe de solos. Para os artigos que contemplam estudos no Brasil, a classificação dos solos deve ser feita de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, edição 2018) e, adicionalmente, apresentar entre parênteses, a classe equivalente consistente com sistemas de classificação internacionais (WRB ou Soil Taxonomy). Para a classificação em sistemas internacionais poderá ser utilizada tabela de equivalência parcial, disponível no site da revista ou no Anexo J do SiBCS. Se os dados completos estiverem disponíveis, os solos podem ser também classificados de acordo com algum dos sistemas internacionais. Para realizar a correspondência das classes de solos, consulte a [Tabela de Equivalência](#) fornecida neste site ou o Apêndice J do SiBCS. Artigos originados de autores estrangeiros, em que os solos foram inteiramente analisados e classificados em um dos sistemas internacionais (Soil Taxonomy ou WRB) não precisarão informar a classificação no SiBCS. Métodos já

consagrados podem ser citados com base em uma referência, destacando alterações somente se forem relevantes. Citar os nomes de reagentes, assim como nomes, modelos e marcas de equipamentos somente se forem indispensáveis para a repetição da pesquisa. Informar de forma clara o delineamento experimental e o procedimento estatístico empregado na análise dos resultados. Indicar o software utilizado na análise estatística apenas se for relevante.

Resultados: Os resultados devem ser apresentados de forma objetiva e concisa, utilizando tabelas, ou, preferencialmente quando possível, figuras contendo gráficos, imagens ou modelos esquemáticos. É recomendado não utilizar mais de quatro tabelas e quatro figuras. No relato dos resultados evitar a transcrição para o texto dos valores numéricos já apresentados nas tabelas e figuras. Citações das tabelas e figuras podem ser apresentadas no fluxo do texto, como por exemplo, tabela 1 ou figura 1, ou em destaque entre parêntese (Tabela 1 ou Figura 1).

Discussão: Deve ser desenvolvida com base nos resultados relevantes, sem repetir a apresentação dos resultados. A discussão deve apresentar argumentos que evidenciem a aceitação ou a rejeição da(s) hipótese(s) do trabalho. Ela deve dar sustentação para as conclusões. Resultados já publicados podem ser citados para dar suporte aos argumentos, sem, contudo, fazer discussão sobre eles. Evitar citações excessivas, como aquelas que dão suporte a conceitos básicos e de conhecimento já consagrado.

Conclusões: As conclusões devem ser coerentes com a(s) hipótese(s) e objetivo(s) e não devem ser repetição dos resultados. Não devem ser numeradas nem apresentadas na forma de itens. Devem ser apresentadas como um curto texto de forma clara sem argumentos e justificativas e suficiente por si, isto é, sem a necessidade de recorrer aos resultados e à discussão.

Referências bibliográficas: Toda citação utilizada ao longo do texto deve ser incluída na lista de referências. Não é recomendado inserir comunicação pessoal na lista de referência. As referências devem ser sequenciadas prioritariamente em ordem alfabética e secundariamente em ordem decrescente da data da publicação. As referências devem ser apresentadas na língua original da publicação. Na submissão não será exigido uniformização do estilo das referências. No entanto, a padronização será

exigida, obrigatoriamente, para os manuscritos aceitos, assim, sugere-se que já na submissão adote-se o estilo recomendado. Adota-se o estilo de Vancouver adaptado, conforme exemplos:

Citação no texto

As citações podem ser diretas como por exemplo, Ferguson (2016) ou destacadas entre parênteses (Roberts, 2015).

Manuscritos com dois autores devem ser citados como: Autor 1 and Autor 2 (Ano) ou (Autor 1 and Autor 2, Ano). Exemplo: Silva and Smith (1975) ou (Silva and Smith, 1975).

Para manuscritos com mais de dois autores, deve-se utilizar o último nome do primeiro autor, seguido pela expressão latina abreviada “et al.” E ano de publicação. Exemplo: Roberts et al. (2015) ou (Roberts et al., 2015).

Várias citações agrupadas entre parêntese devem ser sequenciadas em ordem cronológica e, quando o ano se repete, prevalece a ordem alfabética). Exemplos: (Tanaka and Yano, 2005; Jackson et al., 2008).

Manuscritos cujos autores e o ano de publicação são os mesmos, devem ser identificados por letras ‘a’, ‘b’, ‘c’, etc., alocadas após o ano de publicação. Exemplos: Silva (1975a,b) ou (Silva, 1975a,b).

Comunicação pessoal deve ser citada somente se for imprescindível, indicando-se o nome do informante e a data entre parêntese. A comunicação deve ser vinculada a uma nota de rodapé numerada, onde se inclui o nome do informante, a data que a informação ocorreu, estado e país da Instituição de vínculo do informante e não deve constar da lista de Referências

Referenciando periódicos

Autor AA, Autor BB. Título do artigo. Título abreviado do periódico. Ano de publicação; volume: páginas inicial e final. DOI.

A abreviatura dos periódicos pode ser verificada

em: <https://www.library.caltech.edu/journal-title-abbreviations>. Exemplos:

Camargo LA, Marques Júnior J, Pereira GT. Spatial variability of physical properties of an Alfisol under different hillslope curvatures. Rev Bras Cienc Solo. 2010;34:617-30. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000300003>

Brown DJ, Shepherd KD, Walsh MG, Mays MD, Reinsch TG. Global soil

characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. *Geoderma*. 2006;132:273-90. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.04.025>

Livro

Author AA, Author BB. Título da publicação. Número da edição (se for a primeira edição, não precisa informar). Local da publicação: Editora; ano de publicação.

Exemplos:

Klug HP, Alexander LE. X-ray diffracton procedures for polycrystalline and amorphous materials. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 1974.

Ab'Sáber A. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. 7. ed. São Paulo: Ateliê Editorial; 2012.

Capítulo de livro

Autor AA, Autor BB. Título da parte referenciada seguida de In: Editor AA, Editor BB, editores. Título da publicação. Número da edição. Local de publicação: Editora; ano. Páginas inicial e final. Exemplos:

Jackson ML. Chemical composition of soil. In: Bear FE, editor. Chemistry of the soil. 2nd ed. New York: Reinhold; 1964. p. 71-141.

Sharpley AN, Rekolainen S. Phosphorus in agriculture and its environmental implications. In: Tunney H, Carton OT, Brookes PC, Johnston AE, editors. Phosphorus loss from soil to water. New York: CAB International; 1997. p. 1-53.

Anais de Congresso

Autor AA, Autor BB. Título do trabalho. In: Tipo de publicação, número e título do evento [CD-ROM, quando publicado em]; data do evento (dia mês ano); cidade e país de realização do evento. Cidade (da Editora): Editora ou Instituição responsável pela publicação; ano de edição (nem sempre é o mesmo do evento). Paginação do trabalho ou do resumo. Exemplos:

Bailey TB, Swan JB, Higgs RL, Paulson WH. Long-term tillage effects on continuous corn yields. In: 8th Annual conference proceedings – Annual conference on applied statistics in agriculture; 1996 Apr 28-30; Manhattan, Kansas. Manhattan: Kansas State University Libraries; 1996. p. 17-32.

Fonte digital

Autor AA, Autor BB (usar nome de organizações/institutos quando não houver autor ou editor explícito). Título do material referenciado. Local de publicação (se houver): Editora (se houver); Ano [cited ano mês dia]. Available from: URL. Exemplos:
Institute for Reference Materials and Measurements – IRMM. Certified reference material BCR – 142R; 2007 [cited 2016 Jan 18]. Available from:
http://www.lgcstandards.com/medias/sys_master/pdfs/pdfs/ha6/hc4/9208111169566/BCR-142R-ST-WB-CERT-1515931-1-1-1.pdf.

Dissertações e teses

Autor AA. Título da tese incluindo subtítulo se houver [grau acadêmico]. Cidade: Instituição onde foi defendida; ano. Exemplo:
Brienza S Jr. Biomass dynamics of fallow vegetation enriched with leguminous trees in the Eastern Amazon of Brazil [thesis]. Göttingen: University of Göttingen; 1999.

Tabelas: As tabelas não devem ser inseridas no texto do documento principal. Elas devem ser numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. O título deve aparecer acima da tabela e devem conter as informações que possibilitem a sua leitura e compreensão sem recorrer ao texto. Informações complementares para compreensão da tabela (tais como as metodologias empregadas na determinação das propriedades apresentadas no corpo tabela) devem ser apresentadas como notas logo abaixo da tabela, devidamente numeradas com números sobrescritos e entre parênteses. Linhas horizontais são utilizadas apenas no topo da tabela para destacar as variáveis e para finalizar a tabela. No interior da tabela não devem conter linhas verticais e horizontais. As unidades referentes aos resultados devem aparecer no interior da tabela acima da primeira linha de resultados. As tabelas devem ser produzidas com ferramenta específica dos softwares editores de texto, preferencial, o MS Word ou MS Excel. Não inserir tabelas no formato de imagem. Evitar tabelas compostas por apenas uma linha de resultados ou uma coluna de variáveis. As tabelas devem ser ajustadas ao formato retrato. Asteriscos ou letras indicando significância e diferença estatística, respectivamente, devem ser alocados na mesma célula que os valores. Não insira linhas e colunas vazias na tabela. Nos manuscritos aceitos poderá ser solicitado ajustes e adequações nas tabelas.

Figuras: Figuras são elementos que podem conter gráficos em planos cartesianos ou

tridimensionais, imagens ou modelos esquemáticos. As figuras não devem ser inseridas no texto do documento principal. Elas devem ser numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. O título deve aparecer abaixo da figura e deve conter as informações que possibilitem a sua leitura e compreensão sem recorrer ao texto. Informações complementares para compreensão das figuras devem ser apresentadas como notas logo abaixo da figura. Em figuras com mais de um gráfico, eles devem ser identificados no canto superior esquerdo com as letras (a), (b), (c), etc. e devem ser devidamente identificados no título da figura. Recomenda-se não utilizar figuras com mais de quatro gráficos. As figuras devem ter formato retrato. Na submissão serão aceitas figuras nos formatos EPS, TIFF e PDF (JPG e GIF são aceitáveis). Após aprovação do manuscrito será requerido o envio das figuras em formato editável, ou seja, salva como projeto dentro dos programas que as geraram. Não serão aceitas figuras gráficas inseridas como imagem. Fotografias devem estar no formato *tagged image* (TIF) com 500 dpi. O estilo nas figuras deve acompanhar o padrão adotado ao longo do texto (mesma fonte, unidades, etc). Nos manuscritos aceitos poderá ser solicitado ajustes e adequações nas figuras.

Fórmulas e equações: Devem ser inseridas como texto editável, não como imagens. Fórmulas e equações devem ser criadas por ferramentas de edição de equações disponíveis em softwares de edição de texto (Word, por exemplo) ou outra ferramenta que permita editá-las. Ao longo do texto, as equações devem ser citadas como equation 1 ou destacadas entre parênteses (Equation 1). Devem ser numeradas sequencialmente no canto direito como Eq. 1, Eq. 2, Eq.3, etc.

Material Complementar: Com a opção de material complementar é possível produzir artigos mais concisos focados nas informações mais relevantes. Materiais complementares são tabelas, figuras, modelos, fotografias, planilhas de dados, esquemas de processos ou equipamentos, que contribuam para dar maior suporte ao artigo. Todo material suplementar deve conter um título sucinto com os esclarecimentos necessários para a sua compreensão. O material suplementar não deve receber citações no texto do artigo. A existência de material suplementar ao artigo será indicada após as referências, com link de acesso. O material suplementar não será diagramado e será publicado na forma apresentada pelo autor. Sugere-se que as tabelas e figuras atendam os padrões de composição e formatação indicadas

anteriormente. Se o manuscrito tiver material suplementar, adicione uma seção chamada “Supplementary data” após as conclusões. Esta seção deve conter as seguintes informações: “Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/XXX>”.

PROCESSO DE REVISÃO

A RBCS adota o sistema de revisão por pares duplo cego, o que significa que a identidade dos autores e revisores é mantida em sigilo. Após concluídas as correções requeridas por editores e revisores, os autores devem submeter a versão do artigo revisada.

Para tanto, os autores deverão acessar a central do autor no ScholarOne e clicar em Criar Revisão. Nessa fase é obrigatório produzir um texto com respostas gerais e específicas a todas as questões e sugestões feitas pelo revisores e editores, indicando em qual linha as alterações foram realizadas; este texto deve ser, obrigatoriamente, incluído na caixa de texto chamada “your response”. Nas etapas seguintes, será requerido que o autor insira a versão corrigida do manuscrito (main document), que deve conter todas as correções destacadas com ferramentas disponíveis no software de edição de texto (ex: negrito, cor diferente, etc).

APÓS ACEITAÇÃO

Após aceito, a tramitação do manuscrito será por meio do e-mail: autores@sbc.org.br.

Procedimentos: Caso necessário, será solicitado ao autor correspondente adequar a formatação das referências às normas da Revista. Também, se necessário serão solicitados ajustes de formatação em tabelas e figuras. Para os manuscritos aceitos poderá ser exigido a revisão do texto por um dos especialistas indicados neste guia de orientação.

Graphical abstract: É um item obrigatório e deve ser encaminhado após o aceite do manuscrito. Deverá ser enviado pelo autor correspondente um gráfico, imagem, esquema ou modelo que sumariza o conteúdo ou aspecto relevante do artigo.

O *graphical abstract* deve ser submetido em formato editável, ou seja, como projeto salvo dentro do programa que o gerou. O *graphical abstract* será publicado apenas no site da Revista.

TAXAS DE PUBLICAÇÃO

As despesas de publicação – incluindo aquelas com o gerenciamento do processo de revisão, produção/editoração e disponibilização online do manuscrito – são arcadas mediante pagamento de taxas de publicação.

Os valores praticados pela RBCS são: R\$ 80,00 por página diagramada quando o primeiro autor e autor correspondentes são brasileiros e sócios da SBSC e R\$ 200,00 por página diagramada quando o primeiro autor e autor correspondente são brasileiros não sócios; para autores estrangeiros, esses valores são \$ 70.00 e \$100.00 quando o primeiro autor e autor correspondente são sócios e não sócios da SBSC, respectivamente.

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES: Orientações gerais para o aprimoramento do manuscrito são apresentados a seguir. Alguns não serão exigidos para o manuscrito submetido, mas poderão ser exigidos no ajuste do manuscrito aceito. A RBCS utiliza o Sistema Internacional de Unidades (SI). Alguns exemplos de como os dados devem ser apresentados.