

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AGRONOMIA

PRODUÇÃO DE GRÃO-DE-BICO EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO
COM ZINCO E DOSES DE FÓSFORO

JORGE HENRIQUE DOS SANTOS FONSECA

MONTES CLAROS

2018

Jorge Henrique dos Santos Fonseca

**PRODUÇÃO DE GRÃO-DE-BICO EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO COM ZINCO E
DOSES DE FÓSFORO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro

Coorientadora: Maria Nilfa Almeida Neta
(Doutoranda)

Montes Claros

2018

Jorge Henrique dos Santos Fonseca. PRODUÇÃO DE GRÃO-DE-BICO EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO COM ZINCO E DOSES DE FÓSFORO.

Aprovado pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. Cândido Alves da Costa - ICA/UFMG

Maria Nilfa Almeida Neta – Doutoranda ICA/UFMG



Professor Dr. Rodinei Facco Pegoraro- Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 04 de dezembro de 2018.

Dedico este trabalho a meus pais que não mediram esforços diante as dificuldades e adversidades da vida para tornar esta conquista possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe Paula, que sempre me concedeu apoio e foi meu porto seguro nos momentos de dificuldade. A ela devo o mérito desta conquista por ser minha inspiração para continuar e concretizar este objetivo de vida.

A meu pai Belchor (*in memoriam*), que, em vida, fez de seu suor um exemplo de caráter, honestidade e simplicidade. Dos professores ele foi o maior. Com seus ensinamentos em como ser um homem de caráter, sendo respeitado e respeitando todos a sua volta. Este ensinamento é, sem dúvidas, uma ferramenta virtuosa para o sucesso de meu perfil profissional.

A meus irmãos Fábio e Júnia, juntamente de meus sobrinhos e de meus pais, que sempre me concederam o conforto do lar e o abraço familiar, fazendo-me privilegiado.

A minha tia Nenza, que sempre me apoiou e me ajudou diante das dificuldades por que passei.

A minha grande amiga Débora, que desde sempre demonstrou exemplo de companheirismo, reciprocidade e dedicação a nossa amizade. Carregá-la-ei por toda a vida.

Aos amigos de Água Boa: Rafael, Davi, Paulo André, Jéssica e Paulo Henrique, por todos os momentos compartilhados de alegria.

Aos colegas do ICA/UFMG, em especial Gustavo, Mel e Wellington que sempre foram bons companheiros e auxiliaram na resolução de muitas dúvidas a respeito de assuntos das mais variadas áreas das ciências agrárias e da vida.

Aos irmãos do Montes Claros Rugby (Terremoc) pelo exemplo de união e trabalho em equipe. Foi no rugby que, nos últimos anos, aprendi a enfrentar uma parte de meus tormentos. O apoio da equipe e a essência do esporte me tornou uma pessoa melhor, pelas virtudes que este esporte transmite.

Ao meu orientador Rodinei Facco Pegoraro e minha coorientadora Maria Nilfa Almeida Neta, por todo apoio, atenção e principalmente pela transmissão de conhecimento que obtive nesse período de trabalho em equipe. Aos colegas do grupo de estudos GENESIR: Gibson, Elaine, Márcio, Gilmar e Jéssica, pela ajuda nas atividades práticas.

RESUMO

O grão-de-bico é a terceira leguminosa mais cultivada no mundo com grande importância social. O Brasil um país de grande potencial agrícola, mas são necessários estudos que estabeleçam técnicas de manejo para a aplicação de fertilizantes no cultivo do grão-de-bico. O objetivo deste trabalho é avaliar a produção do grão-de-bico (cultivar BRS Aleppo) submetido a adubação com zinco e doses de fósforo. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, com uso das doses de fósforo 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ e manejos da adubação com zinco sendo sem adição de Zn, 50 % aplicada no plantio (via solo) + 50 % aplicado na floração (via foliar) e 100 % aplicado no plantio (via solo). Após a colheita foram analisados massa de 100 grãos, massa de vagens, número total de vagens, número médio de vagens por planta, número total de grãos, massa de grãos total no tratamento, massa médio de grão, população de plantas, produtividade, massa de matéria seca total, resíduo vegetal e eficiência agrônômica (EA). Apenas a massa média de grão apresentou interação significativa entre P e Zn. A massa de 100 grãos, número médio de vagens, massa de grãos total, massa média do grão, produtividade, massa total de matéria seca e resíduo vegetal apresentaram influência para presença de P. Nenhuma das características avaliadas apresentou diferença significativa para os manejos de Zn utilizado. O P apresentou resposta ao incremento nas características de produção da biomassa, evidenciando a resposta do grão-de-bico a adubação fosfatada. A eficiência agrônômica foi maior no solo com as menores doses de fósforo, obtendo-se de máxima EA de 24 após a aplicação de 60 kg há⁻¹ de P com manejo de Zn todo aplicado no plantio.

Palavras-chaves: *Cicer arietinum* L., fosfato monoamônico, produtividade, eficiência agrônômica (EA).

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Precipitação (mm) média mensal da cidade de Montes Claros entre o período de dezembro a julho de 2018	24
Figura 02	Temperatura máxima e mínima (C°) e umidade relativa (%) mensal da cidade de Montes Claros entre o período de dezembro a julho de 2018	24
Figura 03	Massa de 100 grãos (A), massa de grãos por planta (B), massa média de grãos (C), produtividade (D), massa de matéria seca total (E) e de resíduos vegetais de grão-de-bico após a adubação com doses de fósforo (F)	32
Figura 04	Índice de eficiência agronômica (EA) para a cultura de grão-de-bico após a adubação com doses de fósforo e manejo da adubação com zinco.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Médias de produtividade de dois cultivares de grão-de-bico no cerrado brasileiro	16
Tabela 02	Características químicas e físicas de amostra de solo da área experimental para a camada de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade	22
Tabela 03	Resumo da análise de variância para os componentes, massa de 100 grãos (M100); massa de vagens e grãos (MVG); número total de vagens no tratamento (NV); número médio de vagens por planta (NMV); número total de grãos (NG); massa de grãos total (MG); massa médio de grão (MMG); população de plantas (POP); produtividade (PROD); massa de matéria seca total (MS) e resíduo vegetal (RV) de grão-de-bico após a adubação com zinco e doses de fósforo.	27
Tabela 04	Componentes de produção e produtividade de grão-de-bico após a adubação com zinco	28
Tabela 05	Massa média de grãos (MMG) após a aplicação de doses de fósforo e manejos de zinco na semeadura e em cobertura no cultivo do grão-de-bico.	28
Tabela 06	Componentes de produção e produtividade de grão-de-bico após a adubação com doses de fósforo em comparação ao tratamento controle (sem adubação fosfatada)	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DBC	- Delineamento em blocos casualizados
ICARDA	- <i>Center for Agricultural Research in the Dry Areas</i>
EA	- Eficiência Agronômica
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAC	- Instituto de Ciências Agrárias
M100	- Massa de cem grãos
MG	- Massa de grãos total no tratamento
MS	- Massa de matéria seca total
MVG	- Massa de vagem e grãos
MMG	- Massa média de grão
NT 4	- Nível Tecnológico 4
NMV	- Número médio de vagens por planta
NG	- Número total de grãos
NV	- Número total de vagens
POP	- População de plantas
PG	- produção de grãos (kg) com uso de fertilizante fosfatado
PG _{Test}	- produção de grãos (kg) sem uso de fertilizantes fosfatado
PROD	- Produtividade
RV	- Resíduo vegetal
QTP	- total de fertilizante fosfatado (kg ha ⁻¹) utilizado
UFMG	- Universidade Federal de Minas Gerais

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. Aspectos gerais do grão-de-bico	13
2.1.1. Cultivar BRS Aleppo	15
2.2. O cerrado brasileiro	16
2.2.1. A fertilidade dos solos do cerrado brasileiro e a relação com P	17
2.3. Zinco	19
2.3.1. Deficiência induzida de Zn pelo P	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Localização e caracterização da área experimental	22
3.2. Delineamento experimental, semeadura e tratos culturais	23
3.3. Características avaliadas	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Eficiência Agronômica	34
5. CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma planta leguminosa anual, de origem asiática e de grande importância para a alimentação humana (AGUIAR; GOLÇALVES; PATERNIANI, 2014) devido a sua elevada qualidade nutricional. O grão-de-bico é uma cultura que apresenta boa adaptabilidade em diferentes condições climáticas do mundo, sendo notoriamente cultivado em regiões semiáridas do Oriente Médio, África, Ásia e Índia (MANARA; RIBEIRO, 1992; SHARMA, 1984).

Atualmente, o grão-de-bico é a quarta leguminosa de importância econômica mais cultivada no mundo com 10,1 milhões de t, atrás do feijão (21,5 milhões de t), da ervilha (10,4 milhões de t) (MUEHLBAUER; SARKER, 2017) e da soja (337 milhões de t) (AMAZONAS, 2018).

No Brasil foi introduzido por imigrantes espanhóis e do oriente médio (SHARMA, 1984), e a produção e consumo per capita ainda são considerados pequenos em comparação a países do continente asiático e europeu (AGUIAR; GOLÇALVES; PATERNIANI, 2014), bem como a realização de estudos científicos relacionados ao manejo e produção de grão-de-bico, porém há crescente incentivo para aumento na produção dessa leguminosa devido a elevada demanda pelo grão no mercado internacional (SANTOS, 2017).

Dentre os principais fatores de produção de grão-de-bico, a nutrição mineral é responsável por incrementos substanciais na produtividade, no entanto, existe escassez de informações relacionadas a aplicação de doses equilibradas de nutrientes, em especial de fósforo e zinco, pela baixa disponibilidade natural de fósforo em solos tropicais.

Nascimento, Pessoa e Giordano, (1998) indicavam para a adubação do grão-de-bico quantidades de cerca de 80 kg ha⁻¹ de N, 100 a 120 kg ha⁻¹ de P e 60 kg ha⁻¹ de K em solos de regiões do cerrado. Contudo, com o desenvolvimento de cultivares mais produtivas como a BRS Aleppo é necessária a adequação da recomendação de adubação e a possibilidade de inclusão de micronutrientes, como o Zn no manejo da adubação.

O zinco atua nas plantas como cofator enzimático sendo essencial para atividade, regulação e estabilização de estruturas proteicas e enzimáticas, afetando também na síntese e conservação de hormônios de crescimento como as auxinas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006), com isso, a nutrição equilibrada com Zn tem propiciado aumentos na produtividade de várias culturas, como a soja, feijão e o milho.

Sfredo e Borket (2004) relataram a diminuição do crescimento da cultura soja associada a menor taxa de formação de enzimas de crescimento como auxinas pela deficiência do Zn.

A adubação fosfatada é considerada imprescindível para o aumento da produtividade de leguminosas. O fósforo atua em atividades metabólicas (transferência de energia na célula, respiração e fotossíntese) e é importante para o enraizamento das plantas (VIECELLI, 2017; GRANT *et al.*, 2001). O fósforo quando deficiente no solo pode comprometer a produtividade da cultura, sendo importante principalmente para o enraizamento das plantas (SFREDO; BORKET, 2004; GRANT *et al.*, 2001).

A indefinição na demanda nutricional do P pela cultura de grão-de-bico pode limitar sua produção, pois esses solos apresentam baixa disponibilidade de fósforo e elevada adsorção específica com óxidos e baixa movimentação na solução do solo (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). O fósforo também interage no solo com outros elementos formando complexos pouco solúveis, como exemplo podem ser citadas as interações com Ca e Zn, reduzindo a solubilidade e disponibilidade desses íons para as plantas.

Situações como essa podem comprometer a produtividade de culturas em ascensão, como o grão-de-bico, cultura que ainda não possui recomendação de adubação consolidada para solos tropicais (AGUIAR; GOLÇALVES; PATERNIANI, 2014), assim a definição das recomendações de adubação se torna importante para a obtenção de maiores índices produtivos da cultura. Outro ponto é a observação do efeito das relações de interação entre nutrientes de importância para a cultura e de sua interferência na produtividade.

O objetivo deste trabalho é avaliar a produção do grão-de-bico submetido adubação com zinco e doses de fósforo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Aspectos gerais do grão-de-bico

O grão-de-bico (*Cicerarietinum* L.), ou *chickpea*, *garbanzo bean*, *Bengalgram* e *gram* com é conhecido em inglês, ou *garbanzo* como é conhecido em espanhol (VIEIRA; VIEIRA; VIEIRA, 2001), é uma leguminosa arbustiva anual, indicada para a alimentação humana e animal (AGUIAR; GOLÇALVES; PATERNIANI, 2014).

Seu centro de origem se dá na região nordeste da Síria com divisa com a Turquia (NASCIMENTO; PESSOA; GIORDANO, 1998). A partir dessa, o grão-de-bico foi levado para a Índia e demais países da Europa (NASCIMENTO *et al.*, 2014, NASCIMENTO; PESSOA; GIORDANO, 1998).

O grão de bico possui boa adaptação a regiões do oriente médio, o que indicando sua rusticidade quanto menor disponibilidade hídrica (SHARMA, 1984). Esta rusticidade fez o grão-de-bico apresentar boa adaptação a diferentes ambientes e regiões do mundo onde foi cultivado no oriente médio, América do Norte, Central e do Sul, Austrália, África e em regiões montanhosas como a Etiópia (MANARA; RIBEIRO, 1992).

A Índia é a maior produtora e maior importadora de grão-de-bico, com uma produção de cerca de 7,8 milhões de toneladas- 72% da produção mundial. O grão-de-bico possui grande importância socioeconômica, sua produção representar cerca de 25% do volume das leguminosas cultivadas de maneira tradicional em sistemas de produção manuais (com baixo nível tecnológico), sendo economicamente participativos na geração de renda em países de economia subdesenvolvida (MUEHLBAUER; SARKER, 2017).

No Brasil, o grão-de-bico foi introduzido por imigrantes espanhóis e do oriente médio, e seu cultivo e consumo eram basicamente para a subsistência. Inicialmente o grão-de-bico foi utilizado em estudos como planta antagônica a nematoides em solos do cerrado e por apresentar boa adaptação e bons índices de desempenho produtivo passou a ser estudada na década de 1980 devido à crise econômica que dificultava a importação de produtos alimentícios (SHARMA, 1984).

Regiões com alta umidade afetam a produtividade do grão-de-bico (SHARMA, 1984; TOMM *et al.*, 1999). Clima frio e seco são mais indicados para seu cultivo

(NASCIMENTO *et al.*, 2014), como ocorre na Índia, onde o plantio é realizado no período de inverno (SHARMA, 1984).

Tomm *et al.* (2001), em trabalho com o grão-de-bico na região sul do país destaca o risco do cultivo em ambientes com maior distribuição de chuvas indicando o seu cultivo em regiões onde a colheita coincide com períodos secos.

Hoskem (2014) afirma que para o grão-de-bico cultivar BRS Cícero que possui ciclo médio de 110 dias, o mês de junho é a melhor época de plantio para a cidade de Montes Claros-MG. Já Avelar (2016) afirma que para a cultivar de grão-de-bico BRS Aleppo que possui ciclo médio de 120 dias a melhor época de plantio para a cidade de Montes Claros-MG é no mês de maio e, em plantios realizados tardiamente nos meses de junho e julho podem na colheita (nos meses de outubro/novembro) ocorrer a incidência de chuvas que comprometam a produção e qualidade dos grãos.

No Brasil há um crescente incentivo a seu cultivo, pois apresenta condições climáticas favoráveis e áreas que possam ser utilizadas trazendo assim investimentos externos de países com a Índia, que é o maior consumidor de grão-de-bico do mundo, sendo crescente a tendência ao aumento da área cultivada no Brasil (SANTOS, 2017).

Devido a estas exigências climáticas, o cerrado brasileiro apresenta condições ideais para o cultivo do grão-de-bico, considerando que este bioma possui predominantemente o clima tropical sazonal de inverno seco (SHARMA, 1984).

Entre os anos de 1994 a 1996 a Embrapa Trigo avaliou a linhagem CNPH GB 91-005 de grão-de-bico onde obteve produtividade média de 1.370 kg ha⁻¹, indicando o grão-de-bico como leguminosa alternativa para condições de inverno (TOMM *et al.*, 1999).

Em 1999 a variedade Leopoldina foi a primeira cultivar de grão-de-bico desenvolvido para Minas Gerais onde apresentou produtividades entre 2.037 kg ha⁻¹ a 2.950 kg ha⁻¹ (VIEIRA; RESENDE; VIEIRA, 1999).

No ano de 2005 a EMBRAPA Hortaliças lançou a cultivar Cícero, adaptado as condições edafoclimáticas brasileira, com produtividade variando entre 1.600 kg ha⁻¹ a 2.700 kg ha⁻¹ em ensaios nas regiões de Goiás e do Distrito Federal (GIORDANO; NASCIMENTO, 2005).

Hoskem (2014) em seu estudo com o grão-de-bico cultivar BRS Cícero obteve produtividades entre 2.000 kg ha⁻¹ a 4.000 kg ha⁻¹ de grãos para plantios realizados nos meses de junho e julho na cidade de Montes Claros, região norte do estado de Minas Gerais.

No ano de 2014 foi lançado o cultivar BRS Aleppo, que apresenta maior tolerância a fungos de solo e com produtividade variando entre 2.500 kg ha⁻¹ e 3.500 kg ha⁻¹ (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Ainda segundo Nascimento *et al.* (2014), em regiões do cerrado de Goiás e do Distrito Federal nos anos de 2010 a 2013, os cultivares BRS Aleppo e Cícero obtiveram produtividades entre 441 kg ha⁻¹ a 3.515 kg ha⁻¹.

Avelar (2016) em seu estudo com grão-de-bico BRS Aleppo obteve produtividades de 6.251,89 kg ha⁻¹ de grãos em plantio realizado no mês de maio e produtividade de 3.000 kg ha⁻¹ de grãos nos plantios realizados nos meses de junho e julho.

Já Artiaga *et al.* (2015) avaliaram 15 genótipos de grão-de-bico, obtendo produtividades entre 132 kg ha⁻¹ a 1.338 kg ha⁻¹ em três diferentes épocas de plantio (20/01, 01/03 e 21/03 de 2011) na região do cerrado de Brasília-DF.

A Embrapa Hortaliças em 2015 lançou o cultivar de grão-de-bico BRS Cristalino, adaptada as áreas irrigadas do Planalto Central brasileiro com produtividade média de até 3.000 kg h⁻¹ e com estrutura que permite a colheita mecanizada (NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Diante deste contexto percebe-se que o avanço no desenvolvimento de novas cultivares aumentou o potencial produtivo do grão-de-bico no Brasil em especial nas regiões do Cerrado, onde estão concentradas as principais pesquisas relacionadas ao uso do Cerrado para a produção agropecuária.

2.1.1. Cultivar BRS Aleppo

A cultivar BRS Aleppo foi desenvolvida do cruzamento entre as linhagens X99TH104/FLIP84-11 e S95082, realizado no *Center for Agricultural Research in the Dry Areas- ICARDA*, Síria (NASCIMENTO *et al.*, 2014). Esta variedade apresenta plantas com porte semiereto atingindo cerca de 66 cm de altura, com ciclo precoce completado aos 120 dias (da emergência a maturação dos grãos). O espaçamento ideal para seu cultivo é entre 40 a 50 cm, com stand de 150 a 200 mil plantas há⁻¹ (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

A cultivar BRS Aleppo é indicada para cultivo no período da estação seca, de 15 de março a 15 de abril com a colheita ocorrendo entre 15 de julho a 15 de agosto. Esta é considerada a melhor época para plantio do cultivar devido a maior chance de não

ocorrência de chuvas período da colheita, garantindo assim maior produção e qualidade de grãos (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

A cultivar apresentou nos anos de 2010 a 2013 produtividades superiores a cultivar BRS Cícero em avaliações de campo em regiões do Cerrado em Goiás e no Distrito Federal (Tabela 01):

Tabela 01- Médias de produtividade de dois cultivares de grão-de-bico no cerrado brasileiro.

Cultivares/ Ano	Produtividade (kg ha ⁻¹)			
	2010	2011	2012	2013
BRS Aleppo	2907	3515	2506	3048
BRS Cícero	1067	441	1268	970

Adaptado de Nascimento *et al.* (2014).

2.2. O cerrado brasileiro

O cerrado brasileiro possui 2.036.448 km², cerca de 24% do território nacional, e está presente em 10 estados e no distrito federal (BRASIL, 2009). De acordo a classificação de Köppen-Geiger possui clima do tipo Aw (temperado de verão úmido e inverno seco).

A principal característica do cerrado é a definição dos períodos em relação as estações, sendo estação chuvosa de outubro a abril quando ocorrem cerca de 70 a 90% das chuvas; e estação seca de maio a setembro com poucas incidências de chuvas regulares (GARRIDO; AZEVEDO; JÚNIOR, 1976).

Lopes, Guimarães e Ramos (2012) mencionam em seu trabalho “A Saga do Desenvolvimento Agrícola no Cerrado Brasileiro” que metade da área do cerrado é adequada para fins de produção agrícola, e cerca de dois terços desta pode ser incorporada a área economicamente ativa do país para finalidade agropecuária.

A atividade agropecuária do cerrado brasileiro apresenta grande importância e impacto na economia, sendo responsável por quase um quarto do PIB no ano de 2017 (BRASIL, 2017).

O cerrado da região centro-oeste do Brasil na safra de grãos 2014/15 foi responsável por 42,47% da soja, milho e caroço de algodão produzidos, e a região do

cerrado ainda foi responsável pela produção de 93,4% da produção de algodão em pluma (AMPA; APROSOJA-MT; EMBRAPA, 2016).

Hoskem (2014) e Avelar (2016) relatam sobre o potencial que a região do cerrado do norte do estado de Minas Gerais possui para a produção do grão-de-bico, apresentando esta região condições edafoclimáticas propícias para o estabelecimento desta cultura através das altas produtividades que obtiveram em seus estudos.

2.2.1. A fertilidade dos solos do cerrado brasileiro e a relação com P

Por muito tempo se pensou que a disponibilidade de água fosse o fator limitante para o estabelecimento da agricultura no cerrado brasileiro principalmente devido as características que este bioma apresenta em relação a sua distribuição de chuvas. Esta afirmação sobre a questão hídrica foi contrariada por Ferri (1955 citado por MALAVOLTA *et al.*, 1965), que apresenta a questão mineral como limitante para o estabelecimento de culturas de interesse econômico, sendo este fator citado por Malavolta *et al.* (1965) em seu trabalho por meio de demais bibliografias da década de 1950.

Os solos do cerrado brasileiro apresentam-se intemperizados e com baixos teores naturais de fósforo (P), não obstante a isso, a maior proporção de fósforo aplicado via adubação fica indisponível para as plantas devido a formação de adsorção específica com óxidos do solo e a precipitação com outros elementos (SOUZA, 1997; SOUSA; LOBATO, 2003; RAIJ, 2011), dificultando a sua mobilidade no solo e tornando o manejo da adubação fosfatada ineficiente, quando comparado ao uso de outros nutrientes na adubação.

Devido ao baixo teor/disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros estes obtêm elevadas respostas quando a aplicação do elemento fósforo (SOUZA, 1997).

Deste modo o P se torna um fator considerado como limitante a produção agrícola no cerrado, já que naturalmente estes solos apresentam deficiência na disponibilidade deste elemento (SOUSA *et al.*, 2016).

Dechen e Nachtigall (2006) ainda abordam o fato de que o P mesmo adicionado via adubação, tem grande parte retida a solução do solo em compostos de baixa solubilidade, não ficando disponível para as plantas.

O P é um macronutriente de grande importância nestes ciclos de desenvolvimento das plantas, pois faz parte de diversas atividades metabólicas, atua na

transferência de energia na célula, na respiração e na fotossíntese (GRANT *et al.*, 2001). A forma H_2PO_4^- (dihidrogenofosfato) é a mais presente nos solos brasileiros devido o pH predominante estar entre 5,0 e 6,0 (RAIJ, 2011).

A adubação de fosfatada tem por finalidade elevar o teor de P a teores mínimos considerados adequados para o desenvolvimento da cultura (SOUSA *et al.*, 2016).

A deficiência de P causa a diminuição no crescimento da planta (VIECELLI, 2017; SFREDO; BORKET, 2004; GRANT *et al.*, 2001), em casos severos o raquitismo pelo atrofiamento de caules e a redução do número de sementes e redução e atraso da emissão de flores (VIECELLI, 2017).

Em plantas de soja (*Glycine max*) observa-se que a deficiência de P ocasiona além dos fatores citados acima a baixa inserção de vagens e coloração verde azulada em folhas velhas (SFREDO; BORKET, 2004). Na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) a deficiência de P causa o menor desenvolvimento das plantas, caules finos e encurtados e clorose foliar (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994). Leal e Prado (2008) constataram a redução do crescimento vegetativo pela omissão de P na cultura do feijoeiro, onde o número de folhas, altura de plantas, diâmetro de caule e área foliar foram reduzidos nos tratamentos sem a adubação fosfatada.

Nascimento *et al.* (2013) por meio da diagnose de deficiência nutricional na cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) pelo P relataram que a cultura apresentou menor área foliar comparada aos demais tratamentos que continham adubações fosfatadas.

Assim o suprimento ideal de P torna-se imprescindível para o desenvolvimento das culturas no cerrado e para o estabelecimento e manutenção de sistemas agrícolas de maneira viável (SOUSA *et al.*, 2016).

O resultado da adubação fosfatada nas culturas anuais em solos de cerrado é evidenciado por Souza *et al.* (2016), que mostra a ascendente relação da produtividade de grãos (culturas do milho, trigo, arroz, soja e feijão) com o aumento do teor de P extraído da solução do solo, que representa a quantificação deste elemento presente na solução do solo disponível para as culturas.

Neenu *et al.* (2014) em estudo com aplicação de doses de fósforo em variedades de grão-de-bico na Índia afirma que doses a partir de 60kg há^{-1} aumentam o rendimento da produtividade de grãos além de aumentar o teor de fósforo nos grãos, Balai *et al.* (2017) afirma que a aplicação de doses de fósforo a partir de 40kg há^{-1} proporciona

maior altura de plantas, maior acúmulo de matéria, maior número de vagens e grãos e maior produtividade e Wolde-meskel *et al.* (2018) com aplicação de 23 kg ha⁻¹ de P₂O₅ obteve aumento na proporção de 20,8 % na produção de grãos de grão-de-bico.

Tais resultados mostram que a cultura do grão-de-bico responde a aplicação de fósforo ao solo mesmo em doses pequenas comparadas a outras culturas em sistemas de produção com exigências de adubação mais intensas.

2.3. Zinco

O zinco (Zn) é adsorvido no solo na forma Zn²⁺ (DECHEN; NACHTIGALL, 2006; RAIJ, 2011), e é encontrado predominantemente nos horizontes superficiais do solo.

O Zn atua como cofator enzimático sendo essencial para atividade, regulação e estabilização de estruturas proteicas e enzimáticas, afetando também na síntese e conservação de hormônios de crescimento como as auxinas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Na planta o Zn possui baixa mobilidade (SFREDO; BORKET, 2004), com a maior parte de sua concentração presente nas raízes e nos frutos é encontrado em baixas quantidades (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Os principais sintomas de deficiência de Zn é a clorose internerval nas folhas novas, encurtamento dos entrenós e o raquitismo (SENGIK, 2003). Quando a planta apresenta lento desenvolvimento radicular a deficiência de Zn pode ocorrer mais facilmente, já que as raízes não se desenvolveram o suficiente para a absorção deste elemento (SENGIK, 2003).

Leal e Prado (2008) descreveram em seu trabalho sobre desordens nutricionais no feijoeiro por deficiência de nutrientes que, no caso do Zn, sua omissão resultou em menor altura de plantas e menor produção de matéria seca. Segundo Sfredo e Borket (2004), na cultura da soja o Zn estando associado a formação de enzimas como a auxina (AIA) pode afetar o crescimento da planta pelo encurtamento dos entrenós e diminuição do tamanho das folhas além de nelas provocar manchas cloróticas.

Dechen e Nachtigall (2006) afirmam que o teor e disponibilidade do Zn no solo podem ser influenciados pelo pH do solo, sendo que em solos mais ácidos pode haver maior disponibilidade deste nutriente. Em solos com pH acima de 7,00 o Zn pode

apresentar disponibilidade mínima, o que também pode ser ocasionado em situações de calagem excessivas.

Porém, a adsorção do Zn no solo também pode ser influenciada em pH ácido, tendendo a ser menor a adsorção do Zn quando menor for o pH (RAIJ, 2011). Outro aspecto em solos com baixos pH é que quando aplicados adubos fosfatados a disponibilidade do Zn ainda pode diminuir, isto porque ocorre formação de fosfatos de Zn que são de baixa solubilidade (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

O efeito que o P pode ocasionar da disponibilidade e absorção do Zn são dois, primeiro os adubos fosfatados ao serem diluídos no solo liberam íons H^+ que geram alteração de pH na rizosfera podendo interferir na absorção do Zn que é sensível a esta mudança da acidez, e o segundo fator é que o P faz ocorrer a precipitação do Zn, pois este Zn tem sua retenção afetada pela adsorção do P ao solo, que interfere na mudança de cargas ou na variação do pH da superfície dos coloides do solo (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Este efeito que o Zn sofre em função do P em suas formas de fosfato é descrito na literatura como “deficiência de Zn induzida pelo fosfato” (LOPEZ; MALAVOLTA, 1974) e vem sendo bastante estudada na literatura por autores como Lopez e Malavolta (1974); Carneiro (2006); Büll *et al.* (2008); Muner *et al.* (2011); Arshad *et al.* (2016); Balai *et al.* (2017) e Ullah *et al.* (2018).

2.3.1. Deficiência induzida de Zn pelo P

Lopez e Malavolta (1974) analisando a relação entre Zn e P na nutrição de plantas de cevada em solo e em solução nutritiva com raízes destacadas em diferentes pHs (5, 6 e 7), concluíram que quando há altas concentrações de P e baixas concentrações de Zn na solução ocorre efeito depressivo na translocação de Zn nas plantas. Os autores ainda mencionam que a calagem e adubação fosfatada diminuíram a concentração de Zn na planta, não alterando a presença e disponibilidade desse micronutriente no solo, sendo o efeito de inibição da absorção nas raízes, e a presença de sais (Na, K, NH_4 , Ca e Mg) causaram inibição não competitiva na absorção do Zn.

Araújo e Machado (2006) discorrem a respeito da interação entre P e Zn com variadas situações que ocorrem entre a interação desses dois elementos, do P não exercendo influência sobre a absorção de Zn, do P aumentando a absorção de Zn e do P

diminuindo a absorção do Zn. Ainda segundo os autores a relação de interação comumente descrita em estudos científicos é a de quando ambos nutrientes (P e Zn) estão presentes no ambiente de cultivo em teores mínimos e a partir da aplicação de P a planta tem seu crescimento vegetativo estimulado, o que “dilui” o teor de zinco pelos tecidos da planta promovendo sua deficiência, porém são observados casos que a diminuição do teor de Zn nas plantas vai além do que o crescimento vegetativo estimulado pelo fósforo pode ocasionar.

O fornecimento de nutrientes via adubação visando maiores índices de desenvolvimento das culturas de interesse e conseqüentemente maior produtividade pode ser comprometido quando exposto a situações onde há a o relato de interação entre elementos, em alguns casos aumentando produtividade ou quando um elemento compromete outro elemento.

Assim, a definição de doses e teores adequados de P e Zn para o cultivo de grão-de-bico torna-se imprescindíveis para o aumento de sua produção e qualidade de grãos, ciclo, custos e na lucratividade advinda do processo de produção da cultura. Este trabalho tem o objetivo de avaliar os componentes de produção e produtividade do grão-de-bico em resposta a adubação doses de P e manejo de zinco e avaliar a eficiência agrônômica do uso de fertilizantes na produção de grãos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi realizado no município de Montes Claros, georeferenciado na seguinte coordenada: lat. 16°41'02''S, long. 43°50'20''W, altitude: 684 m, classificação climática de Köppen-Geiger: Aw, na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG.

A área utilizada para instalação do estudo possui 345 m². O solo da área foi classificado como Cambissolo Háplico e para a caracterização físico-química inicial (Tabela 02) foram coletadas 20 amostras simples para uma amostra composta, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm.

Tabela 02- Características químicas e físicas de amostra de solo da área experimental para a camada de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade.

ATRIBUTOS DO SOLO	ATRIBUTOS QUÍMICOS	
	0-20	20-40
pH ¹	5,50	5,40
MO ² (dag kg ⁻¹)	7,37	5,18
P ³ (mg dm ⁻³)	2,93	2,09
K ³ (mg dm ⁻³)	76,00	71,00
Ca ⁴ (cmol _c dm ⁻³)	7,31	6,49
Mg ⁴ (cmol _c dm ⁻³)	3,46	3,49
Al ⁴ (cmol _c dm ⁻³)	0,04	0,06
H+Al ⁵ (cmol _c dm ⁻³)	3,95	4,27
SB (cmol _c dm ⁻³)	10,96	10,16
t (cmol _c dm ⁻³)	11,00	10,22
T (cmol _c dm ⁻³)	14,92	14,44
V (%)	73,00	70,00
Carb. Org. (dag kg ⁻¹)	4,27	3,00
	ATRIBUTOS FÍSICOS	
Areia (dag kg ⁻¹)	18	26
Silte (dag kg ⁻¹)	42	30
Argila (dag kg ⁻¹)	40	44

1/pH em água; 2/Colorimetria; 3/Extrator: Mehlich-1; 4/Extrator: KCl 1 mol/L; 5/pH SMP; 6/Extrator: CaCl₂; 7/ Solução equilíbrio de P; SB, Soma de bases; t, CTC efetiva;

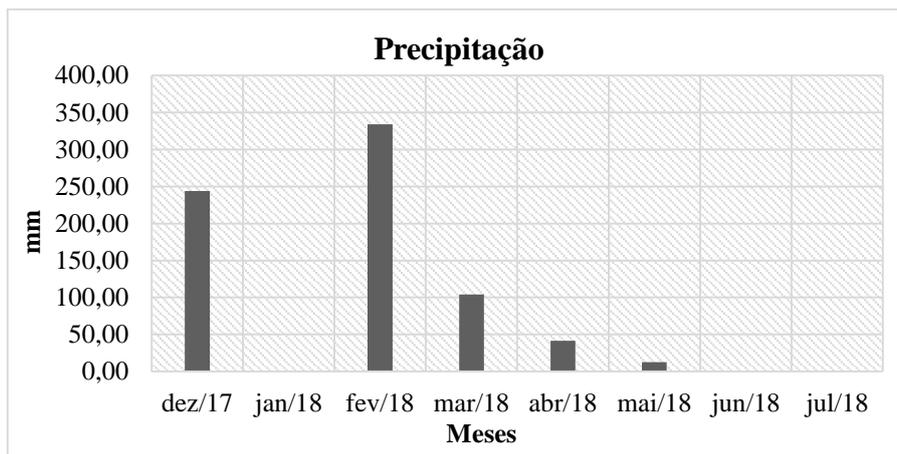
T, CTC a pH 7; V, Saturação por bases; P-rem, Fósforo remanescente; dag/kg= %; mg/dm³ = ppm; cmolc/dm³ = meq/100 cm³.

As parcelas foram compostas por quatro linhas de cultivo, espaçadas em 0,5m entre linhas e 0,10 m entre plantas. Cada linha com dois metros de comprimento totalizando 4 m² (2 x 2 m) de área total. Para a avaliação experimental foram selecionadas 10 plantas da parcela útil.

3.2. Delineamento experimental, semeadura e tratos culturais

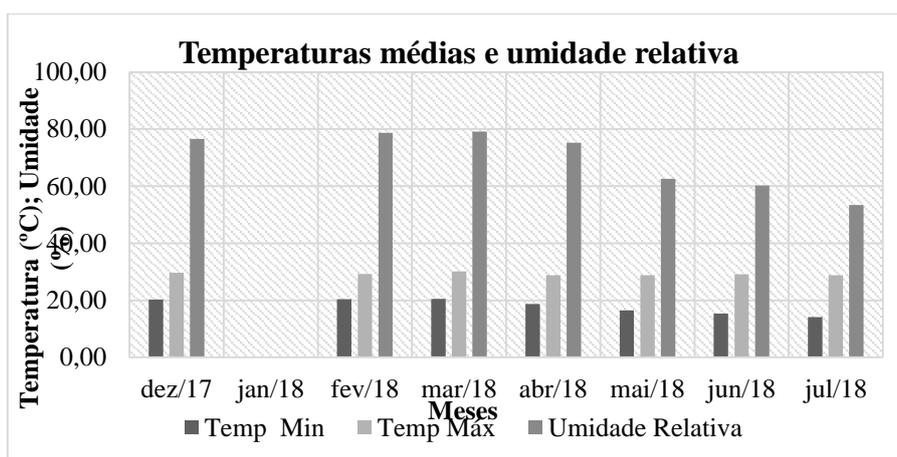
O estudo foi delineado em blocos casualizados com quatro repetições, consistindo de três manejos de adubação de zinco com 2 kg ha⁻¹ de Zn, na forma de sulfato de zinco (100 % da dose aplicada na semeadura, via solo; 50 % da dose aplicada na semeadura, via solo + 50 % da dose aplicada na floração plena, via foliar; e testemunha-sem zinco), e cinco doses de fósforo (0, 60, 120, 180, 240 kg ha⁻¹) essa que foi definida com base na adubação para a cultura do feijão no máximo nível tecnológico (CHAGAS *et al.*, 1999), em virtude da inexistência de informações consolidadas a respeito da recomendação de adubação fosfatada e com zinco para o grão-de-bico cultivar Aleppo em solos tropicais.

A semeadura do grão-de-bico, cultivar Aleppo indicado para cultivos na estação seca, do grupo Kabuli e de crescimento semiereto (NASCIMENTO *et al.*, 2014) foi realizada manualmente no dia 20 de fevereiro de 2018. O período de cultivo recebeu 210 mm de chuva natural (Figura 01), temperaturas máxima e mínima média de 29,3 °C e 18,5 °C, respectivamente, e umidade relativa média de 65 %. (Figura 02).



Obtido de INMET- BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.

Figura 01- Precipitação (mm) média mensal da cidade de Montes Claros entre o período de dezembro a julho de 2018.



Obtido de INMET- BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.

Figura 02- Temperatura máxima e mínima (C°) e umidade relativa (%) mensal da cidade de Montes Claros entre o período de dezembro a julho de 2018.

Após a abertura de sulcos as sementes foram distribuídas em densidade de 20 sementes por metro para posterior desbaste e manutenção média de 10 plantas por metro linear e em profundidade de 3 cm.

A adubação de N e K foram realizadas conforme recomendações de adubação proposta para a cultura do feijão nível tecnológico NT 4 (CHAGAS *et al.*, 1999), sendo

recomendados 100 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia (45% da dose aplicada no plantio e 55% da dose aplicada em cobertura aos 30 dias após a semeadura) e 40 kg ha⁻¹ de K₂O (aplicada na semeadura).

O P foi aplicado na forma de fosfato monoamônico (MAP), com 50% de P₂O₅, aplicado na linha de plantio. O Zn foi aplicado na forma de sulfato de zinco, com 27% de Zn e nos manejos de Zn que continham sua aplicação no plantio o Zn foi diluído em água e distribuído uniformemente pela parcela.

Os tratamentos fitossanitários e irrigação foram realizados de acordo com a necessidade da cultura e recomendações técnicas para a cultura na região, segundo Nascimento *et al.* (2016). O sistema de irrigação utilizado foi por aspersão convencional, com um turno de rega de quatro dias. Quando necessário foi realizado o controle manual de plantas daninhas.

3.3. Características avaliadas

No final do período de cultivo foram avaliados os componentes de produtividade e a eficiência agrônômica (EA) no grão-de-bico cultivar Aleppo.

Os componentes de produção do grão-de-bico foram obtidos de acordo com as recomendações de Silva (2015) e Moreira *et al.* (2013) para estimativa de produção da soja e desempenho de uso de fertilizantes na cultura do feijoeiro, respectivamente. Foram coletadas 10 plantas úteis por parcela para a caracterização dos seguintes componentes: massa de 100 grãos- M100 (g), massa de vagens e grãos- MVG (g planta⁻¹), número total de vagens- NV (vagens planta⁻¹), número médio de vagens- NMV, número de grãos- NG (grãos planta⁻¹), massa de grãos total no tratamento- MG (g planta⁻¹), massa médio de grão- MMG (g), população de plantas- POP (plantas há⁻¹), produtividade- PROD (kg ha⁻¹), massa de matéria seca total- MS (kg ha⁻¹) e resíduo vegetal- RV (kg ha⁻¹).

Para a estimativa da EA utilizou-se a equação sugerida por Fageria e Baligar (2005):

$$EA = \frac{(PG - PG_{Test})}{QTP}$$

Em que:

EA é o índice de eficiência agrônômica, resultado expresso em quilograma de grãos por quilograma de fertilizante fosfatado adicionado (kg kg⁻¹);

PG é a produção de grãos (kg) com uso de fertilizante fosfatado;

PG_{Test} é a produção de grãos (kg) sem uso de fertilizantes fosfatado (testemunha);

QTP é a dose total de fertilizante fosfatado (kg ha⁻¹) utilizado.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, e conforme a significância ($p < 0,05$) procedeu com o teste Dunnett para a comparação do tratamento controle (sem adubação fosfatada) com a adubação fosfatada. O fator qualitativo (manejo do zinco) foi comparado por meio de teste de médias (Tukey) e o fator quantitativo (doses de fósforo) foi descrito por meio de regressão linear escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão e no potencial para explicar o fenômeno biológico em questão.

A análise estatística foi realizada com o software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011). Para a eficiência agrônômica (EA) foi proposto à análise descritiva dos dados por meio da descrição do erro padrão da média nos tratamentos avaliados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A característica MMG foi influenciada ($p < 0,05$) pela interação entre manejo de zinco e doses de fósforo (Tabela 03). As demais características M100, MMV, MG, MMG, PROD, MS e RV foram influenciadas pelo fator isolado doses de fósforo e, nenhuma das características avaliadas foram alteradas ($p > 0,05$) pela aplicação isolada de zinco (Tabela 03).

Tabela 03. Resumo da análise de variância para os componentes, massa de 100 grãos (M100); massa de vagens e grãos (MVG); número total de vagens (NV); massa média de vagens (MMV); número total de grãos (NG); massa de grãos total (MG); massa média de grão (MMG); população de plantas (POP); produtividade (PROD); massa de matéria seca total (MS) e resíduo vegetal (RV) de grão-de-bico após a adubação com zinco e doses de fósforo.

FV	GL	M100	MVG	NV	MMV	NG	MG
Quadrado médio							
Bloco	3	9,656 ^{ns}	2,201 ^{ns}	272,346 ^{ns}	0,0027 ^{ns}	367,636 ^{ns}	72,412 ^{ns}
Zinco (Zn)	2	5,001 ^{ns}	0,425 ^{ns}	25,567 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	89,022 ^{ns}	18,364 ^{ns}
Doses de P(P)	4	9,316*	3,805 ^{ns}	267,323 ^{ns}	0,0027*	306,152 ^{ns}	56,288*
Zn x P	8	5,736 ^{ns}	1,867 ^{ns}	133,048 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	165,531 ^{ns}	25,190 ^{ns}
Resíduo		3,099	2,138	163,863	0,0009	134,178	19,725
CV(%)		4,97	47,74	33,57	6,78	32,44	31,80
Média		35,45	3,06	38,13	0,45	35,71	13,97
Continuação tabela 03							
FV	GL	MMG	POP	PROD	MS	RV	
Quadrado médio							
Bloco	3	0,0014 ^{ns}	133437500,00 ^{ns}	2488281,71 ^{ns}	4424196,59 ^{ns}	581456,86 ^{ns}	
Zinco (Zn)	2	0,0007 ^{ns}	810914351,84 ^{ns}	615876,51 ^{ns}	1948153,11 ^{ns}	303223,06 ^{ns}	
Doses de P(P)	4	0,0009*	421660879,63 ^{ns}	2044790,34*	33039326,60**	18989883,76**	
Zn x P	8	0,0007*	530489004,63 ^{ns}	936567,09 ^{ns}	3821972,06 ^{ns}	1880020,99 ^{ns}	
Resíduo		0,0003	719250992,06	733544,30	4418851,39	1846572,00	
CV(%)		5,12	19,48	32,22	23,68	22,34	
Média		0,37	137680,55	2658,46	8875,38	6082,22	

Após a aplicação de zinco na semeadura, em cobertura ou na ausência de sua aplicação obteve-se para os componentes de produção do grão-de-bico M100, MVG, NV, MMV, NG, MG, MMG, POP, PROD, MS e RV as seguintes médias: 35,45 g; 3,06 g planta⁻¹; 38,13 vagens planta⁻¹; 0,45 g; 35,71 grãos planta⁻¹; 13,97 g; 0,37g; 137.680,56 plantas ha⁻¹; 2.658,46kg ha⁻¹; 8.875,38kg ha⁻¹; e 6.082,22kg ha⁻¹, respectivamente, (Tabela 04).

Tabela 04. Componentes de produção e produtividade de grão-de-bico após a adubação com zinco.

Tratamento	M100	MVG	NV	NMV	NG	MG
	g	g pl	vagens pl		grãos pl	g pl
Sem Zn	35,96	3,14	37,29	0,44	34,83	13,81
Zn-Sem e Foliar	35,42	2,89	39,42	0,45	38,12	14,99
Zn-Semeadura	34,96	3,16	37,68	0,45	34,18	13,10
Média	35,45	3,06	38,13	0,45	35,71	13,97

Continuação tabela 04

Tratamento	MMG	POP	PROD	MS	RV
	g	plantas ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	
Sem Zn	0,38	139416,67	2615,08	8786,40	6025,22
Zn-Sem e Foliar	0,37	130625,00	2851,56	9222,31	6223,53
Zn-Semeadura	0,36	143000,00	2508,74	8617,43	5997,93
Média	0,37	137680,56	2658,46	8875,38	6082,22

Para a MMG houve diferença significativa apenas para manejo de zinco e doses de fósforo na dose de P aplicada de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, onde na ausência do Zn houve massa média de 0,40 g na maior dose de P (240 kg ha⁻¹ de P₂O₅), apesar desse manejo não diferir da aplicação 50 % na semeadura + 50 % na floração (Tabela 05).

Tabela 05. Massa média de grãos (MMG) após a aplicação de doses de fósforo e manejos de zinco na semeadura e em cobertura no cultivo do grão-de-bico.

Doses de P kg ha ⁻¹	Manejo com Zinco			
	Sem Zn	Zn-Sem e Foliar	Zn-Semeadura	Média
0	0,35 a	0,37 a	0,35 a	0,36

60	0,36 a	0,37 a	0,37 a	0,37
120	0,39 a	0,38 a	0,36 a	0,38
180	0,38 a	0,36 a	0,38 a	0,37
240	0,40 a	0,37 ab	0,35 b	0,38
Média	0,38	0,37	0,36	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Observou-se que as médias de MMG nesta ocasião diminuem em comparação com os demais tratamentos, isto é, houve uma menor massa média de grãos quando se aumentava as doses de P e na presença do zinco, que neste caso pode ter ocorrido pela maior produção de grãos que diminui a concentração de reserva em cada grão, assim diminuindo sua massa média. As médias obtidas foram de 0,38, 0,37 e 0,36 para manejo sem zinco, zinco 50 % na semeadura + 50 % na floração e zinco aplicado total na semeadura, respectivamente.

Estudos realizados por Rosal (2013) com a aplicação de 0,1 e 3 kg ha⁻¹ de Zn na cultura do feijão-caupi não obteve efeito significativo para os componentes de produção massa de 100 grãos e massa média de grãos, porém a produção de grãos apresentou incremento de 11% na produtividade após a aplicação de 3 kg ha⁻¹ de Zn em comparação ao tratamento controle (sem Zn).

A mesma autora obteve a máxima produção (1.648 kg ha⁻¹ de grãos) após a aplicação de doses combinadas de 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 2,6 kg ha⁻¹ de Zn, o que proporcionou incremento de 1.156 kg ha⁻¹ de grãos em comparação ao tratamento controle, sem aplicação de fertilizantes (492 kg ha⁻¹ de grãos). Lana *et al.* (2008) também obteve resultados significativos apenas para a produtividade quanto a aplicação de Zn na cultura do feijoeiro, onde com a aplicação de 5 kg ha⁻¹ resultou em uma produtividade de 4.056 kg ha⁻¹ de grãos, 41 % maior que a testemunha (sem Zn) que foi de 2.868 kg ha⁻¹.

Já Melo *et al.* (2018) estudando doses de fósforo e zinco testadas na produtividade de duas variedades de feijão-caupi, obtiveram rendimento de grãos de 1.376 kg ha⁻¹ de grãos para a variedade BRS Guariba com a aplicação de 118 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 0,9kg ha⁻¹ de Zn, e 2.165kg ha⁻¹ de grãos com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 3,1kg ha⁻¹ de Zn para a variedade BRS Aracê.

Enquanto o estudo de Rosal (2013) mostra que as maiores doses de fósforo e zinco não produziram os maiores rendimentos de grãos do feijão-caupi o que se assemelha

aos dados deste trabalho, relacionar o efeito ocorrido da menor massa média de grãos pelas maiores doses aplicadas de P na presença de Zn ainda não é possível, uma vez que os resultados não são substanciais o suficiente para tal afirmação. Melo *et al.* (2018) mostram através de seu estudo resultados com maiores rendimentos de grãos para a cultura do feijão-caupi com as maiores doses de fósforo testadas, o que não aparenta caráter de inibição do fósforo pelo zinco que resultaria em menores produtividades, porém em sua metodologia não é especificado como o zinco foi distribuído, se em dose única ou via foliar ou via solo.

Na literatura o efeito de inibição do zinco pelo fósforo é explicado que quando o fósforo em altas concentrações diminui a concentração de zinco na parte aérea das plantas ou ocasiona o efeito depressivo na translocação do zinco (LOPEZ e MALAVOLTA, 1974).

Teorias mais recentes apresentadas por Dechen e Nachtigall (2006) mencionam sobre o efeito da dissolução do adubo fosfatado aplicado ao solo, e que a partir dessa dissolução ocorre a liberação de íons H^+ ocasionando a alteração da acidez na região da rizosfera e, sendo o Zn sensível a esta alteração acabaria sendo precipitado aos componentes do solo ficando indisponível para a absorção pelas raízes. Os mesmos autores ainda apresentam uma segunda teoria que relaciona o efeito do fósforo na imobilização do zinco pela formação de fosfato de zinco em condições de altas concentrações de fósforo, e a planta sendo incapaz de absorver o fosfato de zinco se fica com o suprimento do Zn comprometido.

As doses de fósforo proporcionaram aumento da massa de grãos (MG), massa de matéria seca total (MS), matéria seca residual (RV) e produtividade de grãos (PROD), em comparação ao tratamento testemunha, sem a aplicação de fósforo (Tabela 6). A MG, PROD, MS e RV foram incrementadas em 35, 34, 48, e 55 % respectivamente com a aplicação de doses de fósforo. Tais resultados indicaram a essencialidade do fósforo para aumento da produção e produtividade no grão-de-bico.

Tabela 06. Componentes de produção e produtividade de grão-de-bico após a adubação com doses de fósforo em comparação ao tratamento controle (sem adubação fosfatada)

Tratamento	M100	MVG	NV	MMV	NG	MG
		g pl	va pl		grãos pl	g pl
Sem P	34,06a	2,1a	32,23a	0,44a	29,08a	10,91b

Doses de P	35,80a	3,27a	39,60a	0,45a	37,36a	14,73a
Média	34,93	3,73	35,90	0,445	33,22	26,64

Continuação tabela 06

Tratamento	MMG	POP	PROD	MS	RS
	g	plantas ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	
Sem P	0,36a	145208,33a	2080,41b	6391,36b	4208,48b
Doses de P	0,37a	135798,61a	2802,97a	9496,39a	6550,66a
Média	0,365	140503,47	2441,69	7943,87	5379,57

¹Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Dunnett (p<0,05).

A produtividade de grão-de-bico passou de 2.080 kg ha⁻¹, no tratamento testemunha para 2.802 kg ha⁻¹, nos tratamentos com doses de fósforo. A maior produtividade obtida com o adubo fosfatado foi atrelada ao fato de o solo onde foi conduzido o experimento apresentar baixo teor natural de P.

Costa Filho (2013) obteve resultados significativos para a influência de doses de P₂O₅ no peso de 100 grãos para a cultura do feijão-caupi, onde foi observado que de acordo com o aumento das doses de P₂O₅ (0 a 240 kg ha⁻¹) foi proporcionado aumento linear do peso de 100 grãos de 9,5 %. O mesmo autor ainda descreve que este aumento comparado aos demais incrementos proporcionados pelo P aos demais coeficientes de produção é bem reduzido, assim sugerindo que a variável peso de 100 grãos é pouco influenciada pelas doses de P₂O₅.

No entanto, Nascente *et al.* (2014) não observaram diferença significativa de doses de P para a massa de 100 grão de feijão comum cv. Pérola em trabalho realizado no cerrado goiano, resultado semelhante ao de Zucareli *et al.* (2006), que também não obteve resposta significativa para a mesma variável em trabalho realizado com o feijão cv. IAC Carioca na cidade de Botucatu.

Sousa *et al.* (2016) relatam sobre a elevação dos teores de P no solo visando atender as exigências mínimas das principais culturas anuais cultivadas no cerrado e a resposta desse aumento da disponibilidade do P não só refletindo no aumento da produtividade, mas também da qualidade dos grãos obtidos, incluindo a qualidade fisiológica pela maior massa que estes grãos apresentam.

Rosal (2013) menciona o efeito do aumento da massa de grãos de feijão-caupi em seu trabalho de acordo com o aumento da disponibilidade de P via adubação, atuando este elemento na biofortificação dos grãos (aumento da reserva energética na massa de

grãos). Marin *et al.* (2015) também observou aumento da massa e qualidade de sementes de soja de acordo com aumento da disponibilidade de P.

As doses de fósforo utilizadas nesse estudo aumentaram de modo linear a massa de 100 grãos, massa de grãos, massa média de grãos, produção de matéria seca total, residual e a produtividade (Figura 03).

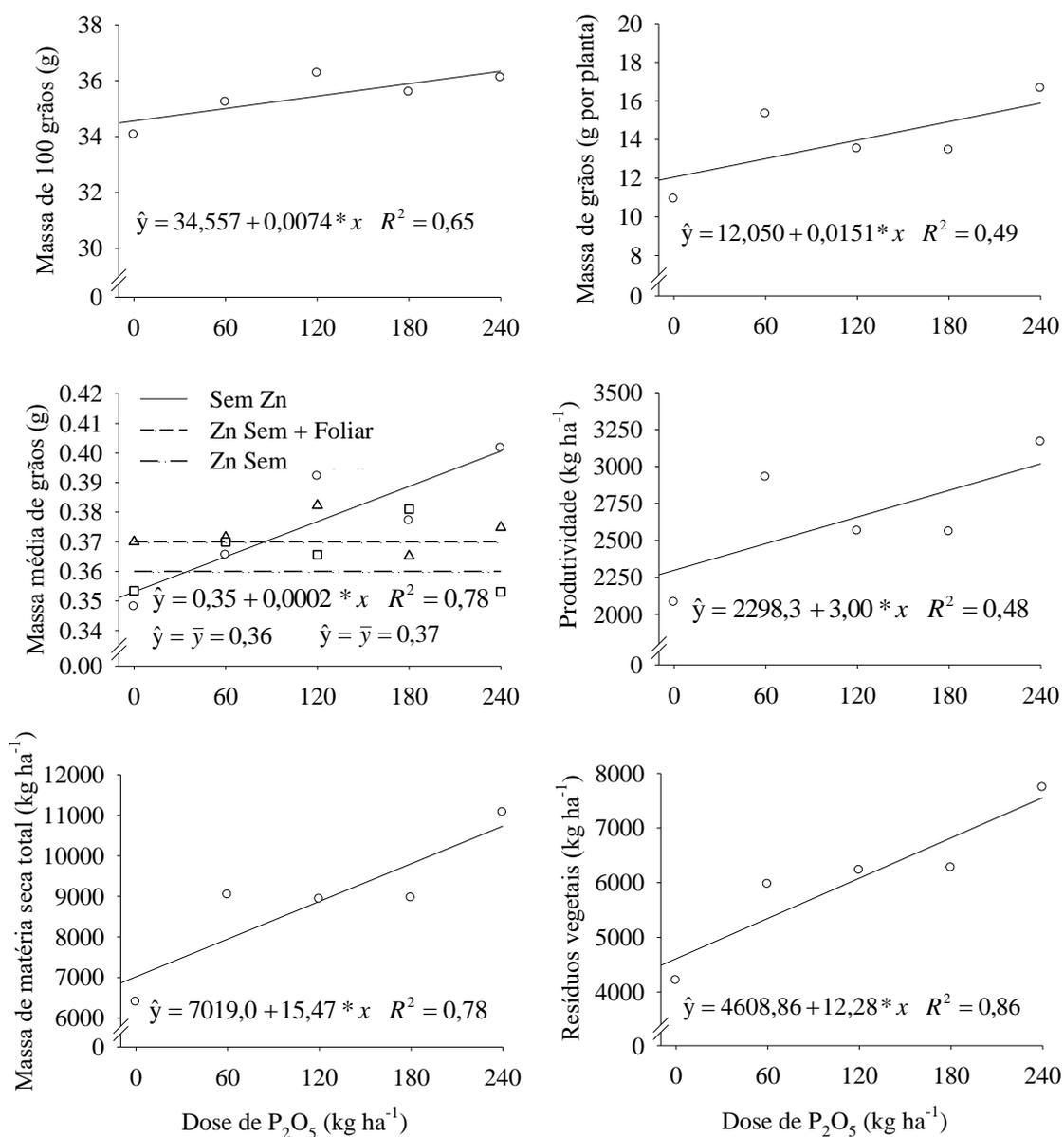


Figura 03. Massa de 100 grãos (A), massa de grãos por planta (B), massa média de grãos (C), produtividade (D), massa de matéria seca total (E) e de resíduos vegetais de grão-de-bico após a adubação com doses de fósforo (F).

Para cada quilograma de P₂O₅ adicionado ao solo obteve-se aumento de 0,0074 e 0,0151 g na massa de 100 grãos e massa de grãos, respectivamente. Para

produtividade e produção total de matéria seca esse incremento corresponde a 3,00 e 15,47 kg, respectivamente, para cada quilograma de P_2O_5 adicionado, indicando elevada resposta do grão-de-bico a adubação fosfatada em solos tropicais com baixa disponibilidade natural deste nutriente.

Corroborando com os dados de produtividade obtidos neste trabalho, podem ser citados exemplos com outras espécies leguminosas que apresentaram resposta de produtividade influenciada por crescentes doses de P.

Wolde-meskel *et al.* (2018) obteve aumento na proporção de 20,8 % na produção de grãos de grão-de-bico com aplicação de dose de 23kg ha^{-1} de P_2O_5 , sendo o rendimento médio de grãos de 1.943kg ha^{-1} com a aplicação de fósforo e 1.611kg ha^{-1} de grãos no controle (0kg ha^{-1} de P_2O_5).

Badini *et al.* (2015) avaliando as variedades de grão-de-bico D.G-92 e D.G-89, obteve resposta linear da produtividade de grãos para adubação fosfatada. Na variedade D.G-92 as produtividades foram de 1.214,00, 1.381,00, 1.493,70, 1.664,30, 1.780,70, e 1.851,20 kg ha^{-1} de grãos para as doses de 0, 15, 25, 35, 45 e 55 kg ha^{-1} de P_2O_5 , respectivamente, e para a variedade D.G-89 as produtividades foram de 995,30, 1.132,30, 1.207,00, 1.346,70, 1.406,70 e 1.531,22 g ha^{-1} de grãos para as doses de 0, 15, 25, 35, 45 e 55 kg ha^{-1} de P_2O_5 , respectivamente, evidenciando o efeito de incremento da produção de grãos de acordo com o aumento da aplicação de fósforo.

Marin *et al.* (2015) no cultivo da soja obteve aumento da produtividade de grãos de $2.935,20\text{kg ha}^{-1}$ no tratamento controle com 0kg ha^{-1} de P_2O_5 para $4.430,90\text{kg ha}^{-1}$ na dose de $108,68\text{kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 onde obteve a máxima produtividade em seu estudo realizado na cidade de Itiquira- MT.

Nascente *et al.* (2014) avaliando a produtividade de grãos de feijão comum com adubação fosfatada e foliar na cidade de Santo Antônio de Goiás (GO), observou resposta linear da produção de grãos para a aplicação de fósforo, comparado as testemunhas (sem aplicação de fósforo) a aplicação de 1.662g ha^{-1} de P_2O_5 via foliar incrementou em 18 % a produção de grãos (de 2.320kg ha^{-1} para 2.818kg ha^{-1}), e a adubação de fósforo via solo na dose de 120kg ha^{-1} de P_2O_5 incrementou cerca de 10,8 % na produção de grãos (de 3.057kg ha^{-1} para 3.446kg ha^{-1}).

Costa Filho (2013) observou elevada relação da nutrição da cultura do feijão-caupi com o maior rendimento de grãos, concluindo que esta cultura possui resposta a adubação fosfatada com aumento da produtividade e máximo rendimento de grãos na dose $183,13\text{kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , com produção de $2.023,25\text{kg ha}^{-1}$ de grãos, aumento de

aproximadamente 400 % na produtividade comparado a testemunha (0 kg ha⁻¹ de P₂O₅) que obteve rendimento de pouco mais de 500 kg ha⁻¹ de grãos.

O autor também relata o aumento significativo da matéria seca da parte aérea por planta, onde este aumento foi na proporção de 168 %, (4,83 para 12,36 g por planta nas doses de 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 188 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente)

Já Zucarrelí *et al.* (2006) não observaram variação da produtividade de sementes de feijão cv. IAC Carioca pelas doses de P mesmo em solo com baixo teor deste elemento em trabalho realizado na cidade de Botucatu-SP, o que se mostra resultado bem diferente aos resultados deste trabalho que mostram resposta significativa com solo também apresentando baixo teor de P quando comparadas o comportamento produtivo de plantas leguminosas.

4.1. Eficiência Agronômica

A maior EA foi obtida no cultivo de grão-de-bico após a aplicação de menor dose de fósforo (60 kg ha⁻¹ de P₂O₅) em associação com a utilização de Zn, 100 % na semeadura ou parcelado na semeadura e cobertura, em comparação a ausência de adubação com zinco (Figura 04).

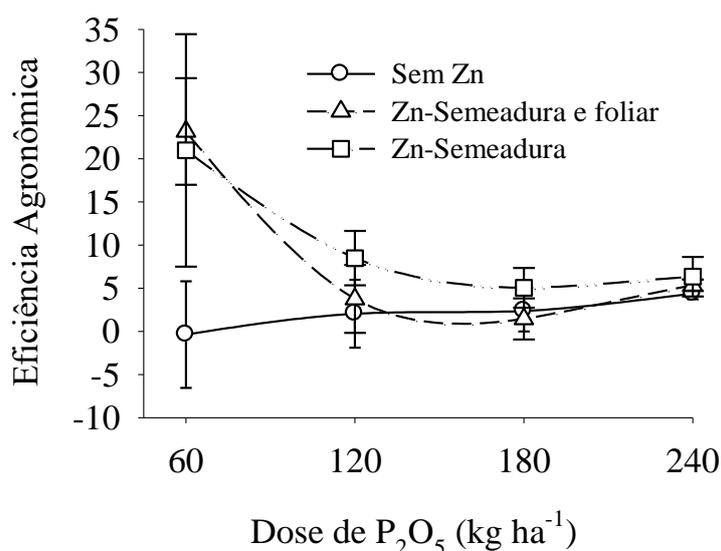


Figura 04. Índice de eficiência agronômica (EA) para a cultura de grão-de-bico após a adubação com doses de fósforo e manejo da adubação com zinco.

Com a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 2 kg ha⁻¹ de zinco na semeadura obteve-se a EA igual a 22, para a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 2 kg ha⁻¹ de zinco (50 % na semeadura + 50 % da floração) obteve-se a EA igual a 24 enquanto no tratamento sem zinco a máxima EA obtida correspondeu a 5 na dose de 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e, para menores doses de P nesse manejo de zinco, isto é, sem a aplicação de Zn as EA foram ainda menores, evidenciando, nessa condição, efeito positivo da aplicação de zinco na EA. No entanto, com o aumento das doses de fósforo a EA foi semelhante entre os tratamentos com zinco.

Resultado semelhante foi encontrado por Bento *et al.* (2015), que analisando o índice de eficiência agronômica de fósforo (IEAP) na cultura da soja com duas fontes de fósforo (uma com revestimento de diminuição da insolubilização fósforo pelo solo) encontrou pelo mesmo modelo utilizado neste estudo uma IEAP de 17 para a fonte de fósforo com revestimento e IEAP igual a 8 para a fonte de fósforo não revestida para a dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. No estudo realizado por Bento *et al.* (2015) a máxima IEAP foi de 48, obtida pela menor dose de fósforo com adubo revestido e dose de 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e este índice decresce de acordo com o aumento das doses de fósforo.

Apesar de ambos manejos com zinco terem apresentado EA semelhantes, o manejo somente na semeadura deve ser adotado preferencialmente nos cultivos em virtude do menor custo de operação, quando comparado a aplicação de zinco parcelado com 50 % da semeadura e 50 % no início da floração, pois esse requer uma operação de campo a mais e pode exigir emprego de maquinário, mão de obra e depreciação de implementos.

5. CONCLUSÕES

A aplicação de fósforo e zinco não interferem nos componentes de produção massa de vagens, número de vagens, número de grãos e a densidade populacional de grão-de-bico.

A aplicação de doses de P aumenta de modo linear a produção de matéria seca, massa de grãos e a produtividade do grão-de-bico.

A aplicação de 240 kg ha⁻¹ propicia a produtividade de 3.018 kg ha⁻¹ e incrementa em 720 kg ha⁻¹ em comparação ao tratamento testemunha, sem a adição de fósforo.

A maior eficiência agrônômica (EA) no grão-de-bico é obtida com a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 2 kg ha⁻¹ de Zn em dose única na semeadura.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. T. da E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S.; CASTRO, C. E. F. de. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7.^a Ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. 452 p. (Boletim IAC, nº 200).

AMAZONAS, L. **Análise Mensal: Soja**. 2018. Brasília- DF. CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 12/12/2018.

AMPA- Associação Mato-Grossense Dos Produtores De Algodão; APROSOJA MT- Associação Dos Produtores De Soja E Milho De Mato Grosso; EMBRAPA- Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Desafios do cerrado: como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade**. 2016. Cuiabá-MT.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. X – FÓSFORO. In: FERNANDES, M. S. (Org.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Edição 2006. Viçosa- MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006. [viii], 432 p.: il. Algumas col.; 26 cm.

ARTIAGA, O. P.; SPEHAR, C. R.; BOITEUX, L. S; NASCIMENTO, W. M. **Avaliação de genótipos de grão-de-bico em cultivo de sequeiro nas condições do Cerrado**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. Recife- PE, 2015. ISSN (online) 1981-0997. v.10, n. 1, p. 102-109.

ARSHAD, M.; ADNAN, M.; ALI, A.; KHAN, A. K.; KHAN, F.; KHAN, A.; KAMAL, M. A.; ALAM, M.; ULLAH, H.; SALEEM, A.; HUSSAIN, A.; SHAHWAR, D. **Integrated Effect of Phosphorous and Zincon Wheat Quality and Soil Properties**. 2016. Pakistan. Department of Agriculture, University of Swabi. Advances in Environmental Biology, February 2016, Pages: 40-45.

AVELAR, R. I. S. **Produção e qualidade de sementes de grão-de-bico em diferentes épocas de plantio e colheita no Norte de Minas Gerais**. 2016. 100 p.: il. + tab. e quadros., Dissertação (Mestrado) – Área de concentração em Produção Vegetal, Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

BADINI, S. A.; KHAN, M.; BALOCH, S. U.; BALOCH S. K.; BALOCH, H. N.; BASHIR, W.; BADINI, A. R.; BADINI, M. A. **Effect of Phosphorus Levels on Growth and Yield of Chickpea (*Cicer arretinum L.*) Varieties**. 2015. Tandojam, Sindh, Pakistan. Sindh Agriculture University, Journal of Natural Sciences Research, ISSN 2224-3186 (Paper) ISSN 2225-0921 (Online) Vol.5, No.3, 2015.

BALAI, K.; SHARMA, Y.; JOJORIA, M.; DEEWAN, P.; VERMA, R. **Effect of Phosphorus, and Zinc on Growth, Yield and Economics of Chickpea (*Cicer arretinum L.*)**. 2017. Índia. College of Agriculture, S. K. R. A. U., Bikaner, Rajasthan, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* - Volume 6, Number 3. Journal homepage: <http://www.ijcmas.com>.

BENTO, R. U.; VENÂNCIO, D. G.; OLIVEIRA, L. G. G. de; MENDES, R. T.; PÉLA, A.; REIS Jr; R. dos A. **Eficiência Agronômica e Produtividade Soja em resposta à**

Fontes e Doses de Fósforo. 2015. Natal- RN. XXXV congresso brasileiro de ciência do solo. 02 a 07 de ago. de 2015.

BRASIL- Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **PIB e Performance do Agronegócio- Perspectivas 2017.** 2017. Brasília- DF.

BRASIL- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado -PPCerrado.** 2009. Brasília-DF, setembro de 2009.

BÜLL, L. T.; NOVELLO, A.; CORRÊA, J. C.; VILLAS BOAS, R. L. **Doses De Fósforo E Zinco Na Cultura Do Alho Em Condições De Casa De Vegetação.** Campinas- SP, 2008. V.67, n.4, p.941-949.

CARNEIRO, L. F. **Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho.** 2006. Lavras: UFLA, Dissertação (Mestrado). 75 p.: il.

CHAGAS, J. M.; BRAGA, J. M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L. T.; NETO, A. J.; ARAÚJO, G. A. de A.; ANDRADE, M. J. B. de; LANA, R. M. Q.; RIBEIRO, A. C. **Sugestões de adubação para as diferentes culturas em Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes 1999 em Minas Gerais: 5ª Aproximação.** Viçosa- MG, 1995. p. 169-341.

COSTA FILHO, R. S. da. **Biometria e componentes de produção do feijão-caupi em diferentes doses de adubação fosfatada.** 2013. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI. 2013.

COSTA, A. R. da. **Nutrição Mineral de Plantas Vasculares.** 2014. Évora- Portugal. Escola de Ciências e Tecnologias da Universidade de Évora. ISBN: 978-989-97060-9-5. 2014.

COSTA, R. S. S.; **Aplicação De Quelatos De Zinco Em Um Solo Deficiente Cultivado Com Milho Em Casa De Vegetação.** 2008. 44 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias- Unesp, *Câmpus* Jaboticabal, Jaboticabal- SP, 2008.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. XIII – Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Org.). **Nutrição Mineral de Plantas.** Edição 2006. Viçosa- MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006. [viii], 432 p.: il. Algumas col.; 26 cm.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. *Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy.* 2005. v.88, p.97-185.

FALEIRO, F. G.; SOUZA, E. S. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o Cerrado.** 2007. Plalantina, DF. Embrapa Cerrados, 2007. 138 p. : il.

FERREIRA, D, F. *Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons.* Ciênc. agrotec. [online]. 2011, vol. 38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 . Disponível: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-0542014000200001>.

FERRI, M. G. 1955 **Contribuição a ecologia de caatinga e de cerrado. Estudo comparativo da economia d'água e de sua vegetação.** Tese, Fac. Filosofia Ciências e Letras, U.S.P., 170 págs. *apud* MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O. J.; ANDRADE, R. G. de; ALVIZURE, C.; VENCOWSKY, R.; FREITAS, L. M. M. de. Estudo sobre a fertilidade dos solos do Cerrado. I. Efeito da calagem na disponibilidade do fósforo. Piracicaba- SP, 1965. **Anais da E. S. A. Luiz de Queiroz. Vol. XXII.**

GARRIDO, W. E.; AZEVEDO, L. G. de.; JÚNIOR, M. J. O clima da região dos cerrados em relação à agricultura. 1976. **Comunicado Técnico nº 4 do CPAC, 1976.**

GIORDANO, L. de B.; NASCIMENTO, W. M. **Cícero: sabor e qualidade.** Brasília-DF, julho de 2005. Embrapa Hortaliças.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta.** Piracicaba- SP, set/2001.

HOSKEM, B. C. S. **Época de plantio de grão-de-bico em Montes Claros, Minas Gerais: produtividade e qualidade de semente.** 2014. 64 f.: il., Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Produção Vegetal - Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

INMET - CSC - BDMEP - **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.** Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em 20/11/2018.

LANA, R. M. Q.; PEREIRA, R. P.; LANA, A. M. Q.; FARIA, M. V. de. **Utilização de micronutrientes na cultura do feijoeiro cultivado no sistema plantio direto.** 2008. Uberlândia- MG. Biosci. J., Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 58-63, Oct./Dec. 2008.

LEAL, R. M.; PRADO, R. de M. **Desordens nutricionais no feijoeiro por deficiência de macronutrientes, boro e zinco.** 2008. Recife-PE, UFRPE. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. v.3, n.4, p.301-306. www.agraria.ufrpe.br.

LIMA FILHO, O. F. de. **Guia de Diagnose Visual de Deficiências Nutricionais em Sorgo-Sacarino.** 2014. Dourados-MS. Embrapa Agropecuária Oeste. Circular Técnica 31.

LOPEZ G. O. E.; MALAVOLTA, E. Estudos Sobre as Relações Entre Zinco a Fósforo na Nutrição da Planta. 1974. **Anais da E. S. A. Luiz de Queiroz. Volume XXXI** Piracicaba- SP, 16 p.

LOPES, S. A.; GUIMARÃES, G. L. R.; RAMOS, S. J. **A saga do desenvolvimento agrícola no cerrado brasileiro.** 2012. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O. J.; ANDRADE, R. G. de; ALVIZURE, C.; VENCOWSKY, R.; FREITAS, L. M. M. de. Estudo sobre a fertilidade dos solos do Cerrado. I. Efeito da calagem na disponibilidade do fósforo. Piracicaba- SP, 1965. **Anais da E. S. A. Luiz de Queiroz. Vol. XXII.**

MANARA, W.; RIBEIRO, N. D. **Grão-de-bico. Chickpea**. Ciência Rural, Santa Maria-RS, 22(3):359-365, 1992.

MANARIN, S. A. **Combinações de doses de fósforo e de zinco em solução nutritiva para o capim Tanzânia**. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiros”-ESALQ, Piracicaba- SP, 2005.

MARIN, R. S. F.; BAHRY, C. A.; NARDINO, M.; ZIMMER, P. D. **Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja**. 2015. Viçosa- MG. Rev. Ceres, Viçosa, v. 62, n.3, p. 265-274, mai-jun, 2015.

MARSCHNER, P. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2012. Australia. School of Agriculture, Food and Wine, The University of Adelaide. 2012.

MELO, F. de B.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. **Cowpea Response To Phosphorus And Zinc**. 2018. Mossoró- RN. Rev. Caatinga, v. 31, n. 1, p. 240 – 245, jan. – mar. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2018.

MOREIRA, G. B. L.; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M. B.; BORGES, I.; KONDO, M. K. **Desempenho agrônômico do feijoeiro com doses de nitrogênio em semeadura e cobertura**. Campina Grande- PB. 2013. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.17, n.8, p.818–823, 2013., UAEA/UFCG – <http://www.agriambi.com.br>.

MUEHLBAUER, F. J.; SARKER, A. *Economic Importance of Chickpea: Production, Value, and World Trade*. 2017. ICARDA South Asia & China Regional Program, New Delhi- India. Springer International Publishing AG 2017 R.K. Varshney *et al.* (eds.), The Chickpea Genome, Compendium of Plant Genomes, DOI 10.1007/978-3-319-66117-9_2. 2017.

MUNER, L. de; RUIZ, H. A; VENEGAS, V. H. A; NEVES, J. C. L; FREIRE, F. J; FREIRE, M. B. G. dos S. **Disponibilidade de zinco para milho em resposta à localização de fósforo no solo**. Campina Grande- PB, 2011. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.1, p.29–36. 2011.

NASCENTE, A. S.; COBUCCI, T.; GOMES DE SOUSA, D. M.; DE PAIVA LIMA, D. **Adubação fosfatada no sulco e foliar afetando a produtividade de grãos do feijoeiro Comum**. Semana: Ciências Agrárias, vol. 35, núm. 3, maio-junho, 2014, pp. 1231-1240 Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, Brasil.

NASCIMENTO, R. B. T; JESUS, T. K. S.; ANDRADE, J. A. M.; NASCIMENTO, E. C.; SILVA, E. C. **Diagnose De Deficiência Nutricional Em Feijão Caupi [Vigna unguiculata(FABACEA)]**. Belo Horizonte- MG. 2013. 64º Congresso Nacional de Botânica. Universidade Federal de Sergipe- SE.

NASCIMENTO, W. M.; ARTIAGA, O. P.; BOITEUX, L. S.; SUINAGA, F. A.; REIS, A.; PINHEIRO, J. B., SPEHAR, C. R. **BRS Aleppo: grão-de-bico. Maior tolerância a fungos de solo**. Brasília-DF/Anápolis-GO: Embrapa Hortaliças, 2014.

NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S.; GIORDANO, L. de B. **Cultivo do Grão-de-Bico (*Cicer arietinum* L.)**. 1998. EMBRAPA. Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças 14. Dezembro de 1998.

NASCIMENTO, W. M.; SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; PINHEIRO, J. B.; ARTIAGA, O. P. **BRS Cristalino: Nova cultivar de grão-de-bico de dupla aptidão**. Brasília-DF/Anápolis-GO: Embrapa Hortaliças, 2015.

NEENU, S.; RAMESH, K.; BISWAS, A. K.; SUBBA RAO, A. *Growth and Yield of Different Varieties of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as Influenced by the Phosphorus Nutrition under Rainfed Conditions on Vertisols*. 2014. Índia. Indian Institute of Soil Science, Nabibagh, Bhopal, Madhya Pradesh - India. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 1. Ed. Piracicaba- SP: Divisão de Biblioteca e Documentação – ESALQ/USP, 2011. 420 p.

ROSAL, C. J. S de. **Doses de fósforo e zinco na cultura do feijão-caupi**. 2013. 48 p. Dissertação (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal- SP. 2013.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. **Seja o doutor do seu feijoeiro**. 1994. POTAFOS- Encarte de informações agronômicas - nº 68 - dezembro/94.

SANTOS, T. **Grão-de-bico produzido em GO conquista o mercado internacional**. Globo Rural, Cristalina- GO, 17/09/2017. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural>. Acessado em:06/04/2018.

SENGIK, E. S. **Os Macronutrientes E Os Micronutrientes Das Plantas**. 2003. Pós-Graduação em Zootecnia.

SFREDO, J. G; BORKET, C. M. **Deficiências e Toxicidades de Nutrientes em Plantas de soja**: Descrição dos sintomas e ilustração com fotos. 2004. Londrina: Embrapa Soja.

SHARMA, R. D. **Algumas informações sobre a cultura do Grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)** Planaltina, EMBRAPA – CPAC, 1984. 20 p.

SILVA, É. D. B. **Estimando a Produtividade na Cultura da Soja**. Blog Agronegócio em Foco. 23/06/2015. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br>>. Acesso em 08/06/2018.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Adubação Fosfatada em Solos da Região Do Cerrado**. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1º. Ed., 2003, Piracicaba- SP: POTAFOS e ANDA, 2003. Encarte do Informações Agronômicas Nº 102. 2013

SOUSA, D. M. G. de; NUNES, R. de S.; REIN, T. A.; JÚNIOR, J. de D. G. dos S. **Manejo da Adubação Fosfatada para Culturas Anuais no Cerrado**. Planaltina-DF, junho/2016. Embrapa Cerrados. Circular Técnica 33, 10 p. 2016.

SOUZA, E. C. A. **Uso agronômico de fosfato natural**. Jaboticabal-SP, 1997. Funep. 2ª ed. 49 p.

TOMM, G. O.; GIORDANO, L. de B.; SANTOS, H. P. dos; FERNANDES, J. M. C. **Desempenho de genótipos de ervilha, de lentilha e de grão-de-bico no Planalto Médio do Rio Grande do Sul**. Passo Fundo- RS, 2001. 56 p.: 21 cm. Embrapa Trigo. Documentos, 28.

TOMM, G. O.; GIORDANO, L. de B.; SANTOS, H. P. dos; ROSINHA, R. C. **Leguminosas de Grãos como Alternativas de Inverno**. Passo Fundo- RS, EMBRAPA Trigo, Nº 2, agosto/1999, p.1-6.

ULLAH, S.; JAN, A.; ALI, M.; AHMAD, W.; REHMAN, H. U.; ISHAQ, M.; AHMAD, B. **Response of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) to Phosphorus and Zinc Levels and Their Application Methods**. 2018. Pakistan. Department of Agronomy, The University of Agriculture, Peshawar, Khyber Pakhtunkhw. Sarhad Journal of Agriculture. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2018/34.3.575.582>.

VIECELLI, C. A. (organizadora). **Guia de deficiências nutricionais em plantas**. – Toledo, PR: PUCPR Câmpus Toledo / Grupo Marista, 2017. ASSOESTE, 2017.

VIEIRA R. F.; VIEIRA, C.; VIEIRA, R. F. **Leguminosas Graníferas**. 2001. Viçosa, Editora UFV. 206p. Este capítulo: p.141-150.

VIEIRA, R. F.; RESENDE, M. A. V. DE; VIEIRA, C. **Leopoldina: primeira cultivar de grão-de-bico para Minas Gerais**. Horticultura Brasileira, Brasília- DF, nov/1999. n. 3, p. 256-257.

WOLDE-MESKEL, E.; VAN HEERWAARDEN, J.; ABDULKADIR, B.; ALIYI, I.; DEGEFU, T.; WAKWEYA, K.; KANAMPIU, F.; GILLER, K. E. **Additive yield response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to rhizobium inoculation and phosphorus fertilizer across small holder farms in Ethiopia**. 2018. Addis Ababa, Ethiopia. Contents lists available at Science Direct. Agriculture, Ecosystems and Environment. journal homepage: www.elsevier.com/locate/agee. 2018.

ZUCARELI, C.; JUNIOR, E. U. R.; BARREIRO, A. P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. **Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão**. 2006. Revista Brasileira de Sementes. UNESP- Botucatu- SP. vol. 28, nº 1, p.09-15, 2006.