

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS EXATAS E
TECNOLÓGICAS
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**Fontes e doses de zinco na nutrição e produção
de feijão-comum e mamona em consórcio**

Fabiana Rodrigues Cardoso

Anápolis
2012

FONTES E DOSES DE ZINCO NA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO-COMUM E MAMONA EM CONSÓRCIO

FABIANA RODRIGUES CARDOSO

Orientador: Professor Dr. Itamar Rosa Teixeira

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás (UEG), Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas de Anápolis como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Engenharia de Sistemas Agroindustriais para obtenção do título de MESTRE.

Anápolis
2012

CARDOSO, Fabiana Rodrigues.

Fontes e doses de zinco na nutrição e produção de feijão-comum e mamona em consórcio. 2012. 43f.

Orientador: Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis-GO.

Mestrado em Engenharia Agrícola. 2012. Bibliografia.

1. Ciências Agrárias. 2. Engenharia Agrícola.

3. Tecnologia e Produção de Sementes. I. Título.

**FONTES E DOSES DE ZINCO NA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE
FEIJÃO-COMUM E MAMONA EM CONSÓRCIO**

POR
Fabiana Rodrigues Cardoso

Dissertação apresentada como parte de exigência para obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovada em: ___/___/___

Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira
Orientador

Prof. Dr. Adilson Pelá
Membro

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro
Membro

Aos meus pais, Francisco e Laura, pelas palavras de incentivo, confiança e amor sincero.

Aos meus queridos irmãos pelos estímulos, pela compreensão e pelo constante apoio e amizade.

Ao meu esposo, pelos momentos de compreensão, apoio e pelo nosso amor.

À mais nova razão da minha vida, minha filha Eleonora, que, com sua ingenuidade, me faz perspicaz; com sua simplicidade, me faz completa; com seu pouco conhecimento, me faz sábia; com sua tão pouca idade, me faz gigante!

A Deus, pois é Ele que me proporciona vida e saúde. Sem Ele, nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela presença e força em todos os momentos.

Aos meus pais, Francisco e Laura, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos tristes e alegres, compreendendo a minha ausência. Vocês são a razão e a dádiva da minha vida. Amo vocês.

Aos meus irmãos, Caroline, Alan, Álvaro, Fábio, Katiúscia e Katiane, mesmo distantes, pelos estímulos, compreensão, constante apoio e amizade.

À CAPES, pela bolsa de estudo a mim concedida ao longo do curso.

À Universidade Estadual de Goiás, Campus de Anápolis, pela oportunidade de mais uma realização pessoal.

Ao Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira, pela orientação, dedicação e amizade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás, pela amizade, colaboração, pelos conselhos e conhecimentos transmitidos durante este trabalho.

À banca examinadora, por ter aceitado o convite para tarefa tão importante.

Aos colegas de pesquisa da Engenharia Agrícola da UEG, Poliana, Eline, Valter, Lucas, Daniel, Danilo, Antônio, Mateus, Rafael, Rodney.

À Eliete, secretária do curso de pós-graduação, pela dedicação a nós, alunos do mestrado.

Aos funcionários do Laboratório de Engenharia Agrícola da UEG, em especial ao Waldeir e ao Igor, pelo apoio e pela amizade.

Ao meu cunhado, Fábio Ornelas, pela tradução do resumo desta dissertação.

Aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, minha eterna gratidão e meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	08
LISTA DE FIGURAS.....	09
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUÇÃO.....	12
1. REVISÃO DA LITERATURA.....	14
1.1 Aspectos socioeconômicos das culturas de feijão e mamona.....	14
1.2 Consorciamento de culturas.....	15
1.3 Zinco na nutrição de plantas.....	17
1.4 Resposta de feijão e mamona à adubação com zinco.....	20
2.MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
2.1 Informações gerais.....	22
2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	23
2.3 Implantação e condução.....	23
2.4 Características avaliadas.....	24
2.5 Análise estatística.....	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
3.1 Aspectos nutricionais.....	26
3.2 Aspectos agronômicos.....	31
CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1:** Resultado da análise de solo retirada na camada de 0-20 cm. UEG, Anápolis-GO, 201123
- TABELA 2:** Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos teores foliares médios de nutrientes em plantas de feijão consorciado com mamona e em monocultivo, submetidas a diferentes fontes e doses de zinco. UEG, Anápolis-GO, 2011.....27
- TABELA 3:** Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos teores foliares médios de nutrientes em plantas de mamona consorciada com feijão em monocultivo, submetidas a diferentes fontes e doses de zinco. UEG, Anápolis-GO, 2011.....28
- TABELA 4:** Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das características agrônômicas de feijão e mamona sob consórcio e monocultivo, submetidos a diferentes fontes e doses de zinco. UEG, Anápolis-GO, 2011.....33
- TABELA 5:** Relação C/M (rendimento no consórcio/rendimento em monocultivo) e uso eficiente de terra - UET dos sistemas de consórcio feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) sob diferentes doses de zinco. UEG, Anápolis-GO, 2011.....35
- TABELA 6:** Relação C/M (rendimento no consórcio/rendimento em monocultivo) e uso eficiente de terra - UET dos sistemas de consórcio feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) sob diferentes fontes de zinco. UEG, Anápolis-GO, 2011.....35

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1:** Dados diários climáticos do campo durante o ciclo das plantas consortes/monocultivos referentes à temperatura máxima (Temp. máx.) e mínima (Temp. mín.) em graus Celsius (° C) e precipitação em milímetros (mm) em Anápolis-GO.....22
- FIGURA 2:** Teores foliares de fósforo (a), manganês (b) e zinco (c) em feijão consorciado com mamona, submetido a diferentes doses de zinco.....29
- FIGURA 3:** Teores foliares de cálcio (a) e magnésio (b) em mamona consorciada com feijão, submetida a diferentes doses de zinco.....30
- FIGURA 4:** Rendimento de grãos de feijão consorciados com mamona, submetidos a diferentes doses de zinco.....34
- FIGURA 5:** Número de racemos por planta (a) e rendimento de grãos (b) de mamona consorciada com feijão, submetidos a diferentes doses de zinco.....34

FONTES E DOSES DE ZINCO NA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO-COMUM E MAMONA EM CONSÓRCIO

RESUMO

O consorciamento de culturas é de uso comum no Brasil, especialmente na pequena propriedade rural. Contudo, a vantagem efetiva dessa técnica em relação ao sistema solteiro se torna mais evidente quando as culturas envolvidas apresentarem diferenças entre as suas exigências quanto aos recursos disponíveis, seja em qualidade e/ou quantidade. Acrescenta-se que produtividades satisfatórias somente serão conseguidas com conhecimentos das reais exigências nutricionais das culturas participantes do sistema consorciado. Diante disso, objetivou-se neste trabalho avaliar a nutrição e as características agrônômicas das culturas de feijão-comum e mamona em consórcio, submetidas a diferentes fontes e doses de zinco. Empregou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial $2 \times 5 + 2$, com três repetições. Os tratamentos foram compostos de duas fontes de zinco (óxido de zinco = 15% de Zn e sulfato de zinco = 20% de Zn) combinadas com cinco doses de zinco (0,0; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 kg ha⁻¹ de Zn no solo) em consórcio de feijão-comum e mamona, mais os tratamentos adicionais do sistema solteiro de mamona e feijão. Conclui-se que a adubação com zinco influenciou os teores foliares de fósforo, cálcio, magnésio, manganês e zinco nas referidas culturas no sistema consorciado, especialmente de sulfato de zinco; a fertilização com 4,1 e 4,9 kg ha⁻¹ de zinco, propiciaram maiores rendimentos de grãos de feijão e mamona sob consórcio, com patamares máximos de 1.850 kg ha⁻¹ e 1.951 kg ha⁻¹, respectivamente; o sistema de consorciamento feijão-comum e mamona foi mais eficiente que o solteiro, conforme os valores médios de UET – 1,98 para as diferentes doses de zinco adicionadas via fertilizante.

Palavras-chave: Consórcio, *Ricinus communis* L., *Phaseolus vulgaris* L., Nutrição, Micronutriente, Adubação com zinco.

SOURCES AND DOSES OF ZINC ON BEANS AND CASTOR BEANS NUTRITION AND PRODUCTION UNDER INTERCROPPING

ABSTRACT

Intercropping is commonly used in Brazil, specially at small rural properties. Nevertheless the real advantage of this technique in relation to monocropping turns more evident when the cultivation concerned presents differences between their demands of available resources, qualitative or/and quantitative. Also, satisfactory productivity of the involved cultures will be archived only with the knowledge of the real nutritional demands of the intercropping cultures. Facing that, this work aimed to evaluate nutrition, agronomical characteristics and the physiologic quality of the common bean and castor bean seeds used in intercropping subjected to different sources and doses of zinc in. The randomized block design was used in a factorial arrangement $2 \times 5 + 2$ with three repetitions. The treatments were composed of two zinc sources (zinc oxide = 15% de Zn and zinc sulfate = 20% de Zn) combined with five zinc doses (0,0; 1,0; 2,0; 4,0 and 8,0 kg ha⁻¹ of Zn on the ground) in common bean and castor bean intercropping plus additional treatments in the monocropping of bean and castor bean. It concludes that: a) the fertilizing using zinc affected the leaf percentage of phosphorus, calcium, magnesium, manganese and zinc in these cultures specially zinc sulfate. In general, the leaf nutrient content in castor beans and beans submitted to intercropping under sources and doses of zinc were within the range considered suitable for the development of both crops; b) fertilization with 4.1 and 4.9 kg/ha of zinc led to higher yields of beans and castor beans seeds under intercropping with maximum heights of 1,850 kg/ha and 1951 kg/ha for the respective cultures; c) there was no difference in nutrition and the agronomic part of the bean and castor bean cultivated in monocropping and intercropping systems; d) the intercropping of common bean and castor bean system was more efficient than the monocropping according to the values of UET - 1.98 for the different doses of zinc added by means fertilizer.

Keywords: Intercropping, *Ricinus communis* L., *Phaseolus vulgaris* L., nutrition, micronutrient, fertilization with zinc.

INTRODUÇÃO

O consorciamento de culturas é de uso comum no Brasil, especialmente na pequena propriedade rural. Contudo, a vantagem efetiva dessa técnica em relação ao sistema solteiro se torna mais evidente quando as culturas envolvidas apresentarem diferenças entre as suas exigências quanto aos recursos disponíveis, seja em qualidade, quantidade e época de demanda. Desta forma, a eficiência dos cultivos consorciados é dependente da complementaridade entre as culturas envolvidas.

Neste contexto, o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.), indicada pelo governo federal como principal cultura para projetos relacionados à produção de biodiesel, é usada, sobretudo sob consorcimento com culturas de ciclo curto como o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), principal fonte proteica da população de menor poder aquisitivo, pode configurar como boa opção aos agricultores. Ademais, a adoção do sistema possibilitará ao agricultor familiar conviver com a seca no período de entressafra em regiões de períodos climáticos bem definidos como nas áreas de cerrado, proporcionando ganhos extras, melhorando, conseqüentemente, a sua qualidade de vida. Com relação à mamoneira, pode dizer que tem sido utilizada com muito sucesso no consórcio com culturas anuais de ciclo curto (TÁVORA et al., 1988; AZEVEDO et al., 1998; AZEVEDO et al., 1999, AZEVEDO et al., 2001; KUMAR, 2002; CORRÊA et al., 2006), pela facilidade de ser conduzida e pelo retorno do capital que tem proporcionado ao produtor com a venda de suas sementes, além da incorporação de restos culturais e do resíduo de fertilizante que permanece no solo.

Nesse sentido, o feijoeiro-comum pode ser apontado como boa alternativa para consórcio, por ser importante na alimentação do brasileiro, como pela adaptação morfofisiológica das plantas ao sistema por ser planta C3 (VIEIRA, 2006), além de ser uma fabácea (leguminosa), e, portanto, com capacidade de repor nitrogênio ao solo.

Para o caso da mamona usada em consórcio com o feijão, há na literatura informações referentes somente a espécie *Vigna unguiculata* cujas denominações atribuídas são: feijão miúdo, feijão de corda, feijão catador, dentre outras, mas como é sabido, esse material apresenta alta agressividade de crescimento por ser de hábito trepador (Tipo IV), podendo comprometer seriamente, o rendimento da mamona, conforme constatado por Corrêa et al. (2006).

Em geral, a adubação da mamoneira é pouco estudada no Brasil, com predomínio de uma literatura antiga (CANECCHIO FILHO e FREIRE, 1958;

NAKAGAWA e NEPTUNE, 1971; SOUZA e NEPTUNE, 1976; NAKAGAWA et al., 1986). Contudo, estudos nessa temática foram retomados recentemente (LANGE et al., 2005; SEVERINO et al., 2006a,b; SILVA et al., 2007; LIMA et al., 2008) devido à importância da cultura na produção de biocombustível, porém são ainda escassos, e contemplam poucos genótipos de uso comum pelos produtores (TEIXEIRA et al., 2011), além de serem recomendados em sua maioria, para a região nordeste.

Para a região Centro-Oeste, onde a cultura da mamona é emergente ainda não se dispõe de informações a respeito do assunto, e em algumas situações as recomendações de adubações de cultivo solteiro são generalizadas, sem o real conhecimento da exigência da lavoura nas condições edafoclimáticas predominantes na região em questão. Obstante, pode-se dizer que estudos abordando o assunto nutrição de mamona foram realizados há mais de trinta anos, utilizando cultivares tradicionais, não havendo, portanto, conhecimento referente aos aspectos nutricionais dessa oleaginosa atualmente.

Com relação ao feijão-comum pode-se afirmar que a cultura em sistema solteiro se tornou altamente rentável, com emprego de alto nível tecnológico na atividade, e o que tem levado a obtenção de patamares de produtividade superiores a 3500 kg ha⁻¹, como acontece na região Centro-Oeste em estados como Goiás e Distrito Federal (CONAB, 2012). Porém, para a condição de consórcio, estudos de nutrição mineral são praticamente inexistentes.

Algumas respostas ao uso de micronutrientes na cultura do feijoeiro e mamoneira têm sido observadas (JUNQUEIRA NETTO et al., 1993; OLIVEIRA et al., 1996; ANDRADE, 1997; DECHEN et al., 1991; AMANE et al., 1994; LANA et al., 2008; ROJAS e NEPTUNE, 1971; HOCKING, 1982; NAKAGAWA et al., 1986; SOUZA e NATALE, 1997; LANGE et al., 2005). Mas, em relação ao zinco, sabe-se que é um micronutriente exigido em menores quantidades, porém, essencial para um bom desenvolvimento das plantas. A deficiência de zinco afeta as funções bioquímicas, impedindo que a planta se desenvolva corretamente. Isto resulta em colheitas com piora na qualidade e menor rendimento da produção.

Este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de zinco na nutrição a produção de feijão-comum e mamona, em consórcio, nas condições edafoclimáticas da região central do Estado de Goiás.

1. REVISÃO DA LITERATURA

1.1 Aspectos socioeconômicos das culturas de feijão e mamona

O feijão do gênero *Phaseolus* é uma fabacea de grande importância na economia brasileira tanto por questões sociais, relacionadas com seu papel na alimentação humana, por ser uma alternativa de exploração econômica para propriedades rurais, inclusive as pequenas, e por ser uma alternativa que ocupa a mão-de-obra menos qualificada (VIEIRA, 2006).

A produção mundial de feijão situa-se em torno de 18,7 milhões de toneladas e ocupa uma área de 26,9 milhões de hectares (FAO, 2009). Os países em desenvolvimento respondem por 89,2% desta produção, sendo o Brasil o maior produtor de feijão-comum. Os maiores estados produtores no Brasil são o Paraná seguido por Minas Gerais, Distrito Federal e Goiás (CONAB, 2012).

O Brasil é também o maior consumidor dessa leguminosa, com um consumo *per capita*, em 2011, de cerca de $17 \text{ kg}^{-1} \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Entretanto, na década de 70, era de $25 \text{ kg}^{-1} \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (BORÉM e CARNEIRO, 2006). As possíveis causas do menor consumo de feijão nas últimas décadas foram o êxodo rural, com alterações dos padrões de consumo da população, e a redução do preço de outras fontes protéicas, como a carne de frango. Ainda assim, o feijão é um dos alimentos mais tradicional na alimentação brasileira, cultivado por pequenos e grandes produtores, em diversos sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras (WANDER, 2007).

Com relação à mamona, os maiores produtores mundiais desta oleaginosa é a Índia (804 mil toneladas em baga e 247 mil toneladas em óleo) seguido pela China (275 mil toneladas em baga e 170 mil toneladas em óleo) e o Brasil (149 mil toneladas em baga e 34 mil toneladas em óleo) (FAO, 2009).

No Brasil a mamona experimentou um período de decadência na década de 90, com produção de 148 mil toneladas. Mas, em 2005, a safra brasileira apresentou uma extraordinária recuperação da produção, sendo da ordem de 161 mil toneladas. Já na safra 2010/2011, a produção atingiu 183 mil toneladas (IBGE, 2011; CONAB, 2012).

Pode-se dizer que a recuperação da produção nacional de mamona é uma resposta ao lançamento de diversos programas, no âmbito de distintas esferas governamentais, que têm em vista incentivar e aperfeiçoar a produção de biodiesel no país, priorizando oleaginosas que propiciem mais emprego e mão de obra e insiram várias regiões como o

Centro-Oeste, Sudeste e Sul do País (SANTOS et al., 2007). Nesse contexto, os referidos autores consideram que a mamona é uma das culturas incentivadas, especialmente para a região do Nordeste. Cumpre, porém, lembrar que a exploração da mamoneira depende da formação de relações permanentes e estáveis entre produtores de matéria-prima e empresários da indústria, na sua condição de importantes agentes da sua cadeia produtiva. Também é de fundamental importância o comprometimento governamental (federal, estadual e municipal), por meio de políticas agrícola e industrial adequadas, dada a importância social do agronegócio da mamona no Brasil.

1.2 Consorciamento de culturas

Define-se como consórcio o sistema de cultivo de duas ou mais culturas, com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, exploradas concomitantemente, no mesmo terreno. Estas não são necessariamente semeadas ao mesmo tempo, mas convivem durante apreciável parte de seus períodos de desenvolvimento, forçando uma interação entre elas (PINTO et al., 2011; TEIXEIRA et al. 2005; VIEIRA, 2006).

O consorciamento de culturas é importante para pequenos e médios agricultores, pois, possibilita, quase sempre, produção superior à exploração solteira das culturas. Além disso, ocorre a possibilidade de produção diversificada de alimentos em uma mesma área, melhora a cobertura vegetal do solo e reduz os riscos de insucesso com a implantação de apenas uma cultura (MARIA e RAMOS, 2009; KLUTHCOUSKI et al., 1988).

A mamoneira, pelo seu ciclo vegetativo, pela sua altura e por sua arquitetura de planta, permite que se realize consorciação com culturas alimentícias e, por isso, diversos trabalhos a respeito do manejo das espécies consorciadas envolvendo a cultura da mamona com culturas alimentícias são cada vez mais frequentes (AZEVEDO et al., 1997; BELTRÃO et al., 2006a,b; CORRÊIA et al., 2006; LIMA et al., 2008; PINTO et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2012).

No que diz respeito ao feijão-comum em consorciamento, a maioria dos trabalhos dizem respeito à associação com milho (SANGOI e ALMEIDA, 1993; CANDAL NETO e VIEIRA, 1994; RAPOSO et al., 1995; KRONKA et al., 2000; ANDRADE et al., 2001; FLESCHE, 2002; COSTA e SILVA, 2008), sendo que na maioria destes estudos tem sido comprovado a eficiência dos consorciamentos em relação aos monocultivos.

O feijão-comum apresenta-se como boa opção de cultivo em sistema consorciado com a mamoneira por ser de ciclo vegetativo curto, possuir metabolismo fotossintético C_3 , apresentar baixo ponto de saturação luminosa, elevado ponto de compensação de CO_2 , taxa fotossintética menor, pouca competitividade e poder ser semeado em diferentes épocas. Ademais, configura-se como alimento básico do povo brasileiro e seu preço geralmente alcança bons níveis no mercado (VIEIRA, 2006).

De um modo geral, o consórcio é de difícil avaliação se comparado estatisticamente com o cultivo solteiro, já que as diferenças no rendimento obtido em consórcio e o cultivo solteiro são resultantes de inúmeros fatores como densidade e arranjo de plantas e todas as interações entre as culturas do sistema consorciado (SOARES et al., 2001). Nestas interações está inclusa a competição interespecífica pelos fatores de crescimento e outros fenômenos característicos de algumas culturas, capazes de provocar danos ou benefícios de uma cultura sobre outra. Exemplos dessas interações são os efeitos alelopáticos ou o aproveitamento do nitrogênio pela outra cultura (TÁVORA, 1982).

O indicador utilizado nas pesquisas com maior frequência para tais comparações de sistemas têm sido o índice de “Uso Eficiente da Terra” (UET). Este índice representa a área relativa de terra, em cultivo solteiro, necessária para ter os mesmos rendimentos que o cultivo consorciado (WILLEY e OSIRU, 1972; MEAD e RILEY, 1981). É calculado do seguinte modo: $UET = M_c/M_s + F_c/F_s$, em que M_c e F_c representa a produtividade das culturas ‘M: mamona’ e ‘F: feijão’ em consórcio, M_s e F_s é a produção do cultivo solteiro. Considerando que se $UET > 1$ então ocorre vantagem produtiva, se $UET = 1$ não ocorre vantagem produtiva, se $UET < 1$ então ocorre desvantagem produtiva.

Para que o UET seja válido, é necessário observar que as produções dos cultivos solteiros devem ser obtidas com as populações ótimas de plantas para esse sistema cultural e, o nível de manejo deve ser o mesmo para a o cultivo solteiro e para a associação cultural (VIEIRA, 2006). Segundo o mesmo autor, deve-se ainda enfatizar que, na apresentação dos resultados de estudos sobre consórcio, apenas os valores do UET pouco significam, sendo necessário acompanhá-los das produções realmente obtidas, ou seja, estes valores devem ser relacionados com os rendimentos culturais obtidos.

1.3 Zinco na nutrição de plantas

A aplicação de micronutrientes nos solos de cerrado constitui uma prática indispensável para a obtenção de altos rendimentos de diversas culturas (GALRÃO, 2004). As principais razões para adotá-la são: carência desses nutrientes na maioria dos solos, notadamente zinco; cultivo de materiais com alto potencial de rendimento e, conseqüentemente, com alta demanda por macro e micronutrientes; uso crescente de fertilizantes de alta concentração que contém menores quantidades de micronutrientes. Ademais, Raij et al. (1996) consideram que o uso adequado de calagem e adubação fosfatada é prática essencial para aumentar a produtividade das culturas anuais em solos de cerrado, situação em que a deficiência de Zn é esperada, sendo imprescindível conhecer os níveis adequados e tóxicos deste elemento no solo e na planta, para se fazer uma recomendação correta.

A recomendação de micronutrientes para solos de cerrado, com base na análise química de solo, ainda é bastante limitada devido, praticamente, à inexistência de estudos de calibração de métodos da análise do solo para esses nutrientes (SOUZA e LOBATO, 2004). Galvão, (2004) sugere como base para interpretação de resultados das análises dos solos da região do cerrado, os teores de zinco extraído por Mehlich-1 sendo interpretado como: baixo - 0 a 1,0 mg kg⁻¹; médio - 1,1 a 1,6 mg kg⁻¹ e alto - maior que 1,6 mg kg⁻¹. Em trabalho conduzido por Teixeira et al. (2008) em solo de cerrado com teor de Zn de 2,1 mg dm⁻³, não foi constatada resposta da cultura do feijão à fertilização com zinco, fato este atribuído a presença do Zn no solo, e que foi capaz de fornecer o nutriente em quantidade adequada para o crescimento/desenvolvimento satisfatório das plantas. Semelhantemente, Fageria (2000) avaliou o efeito de doses crescentes de zinco sobre a produção de massa seca de feijoeiro cultivado até os 35 dias após o plantio e não verificou efeito significativo da aplicação das doses de zinco na produção de massa seca da parte aérea e das raízes, sendo o nível adequado de zinco no solo para o feijoeiro igual a 1 mg kg⁻¹.

O zinco ocorre na solução do solo na forma de Zn⁺², que é a forma absorvida pelas plantas. Sua concentração também diminui cerca de 100 vezes para cada aumento de uma unidade de pH (ABREU, 2001). Também, como micronutriente catiônico, em solos com adequado teor de matéria orgânica, a maior parte de zinco da solução ocorre em formas complexas ou quelatos com radicais orgânicos. Assim, em solos com pH mais elevado e/ou com baixo teor de matéria orgânica a deficiência de zinco pode ser

um sério problema. O cálcio, normalmente presente em grandes quantidades em solos com pH elevado, é um potente deslocador do Zn^{+2} de complexos ou quelatos, deixando este micronutriente livre na solução. Nesta condição, o zinco precipita na forma de $Zn(OH)_2$ (VALE et al., 1997).

Dentre os micronutrientes o zinco merece especial atenção, por se tratar de um elemento que atua como ativador de várias enzimas e como componente estrutural de outras, assim como de estruturas celulares. É considerado elemento essencial para a síntese do triptofano, que, por sua vez, é o precursor do ácido indol acético, o qual é um dos responsáveis pelo aumento do volume celular (VALE, 2001). Devido à baixa imobilidade do Zn no floema e sua associação com reguladores de crescimento, os sintomas de deficiência de Zn se manifestam, em geral, nas partes novas das plantas, com aparecimento de clorose na área internerval das folhas, seguida de redução de crescimento (MALAVOLTA et al., 1997).

A deficiência de zinco é relatada em várias culturas anuais, incluindo o feijoeiro e a mamoneira (FAGERIA, 1994; BARBOSA FILHO e SILVA, 2000; BATAGLIA & RAIJ, 1994; GALRÃO, 1994). Para Martinez et al. (1999) o limite de zinco considerado adequado na folha de feijão é de 45 a 55 $mg\ kg^{-1}$, contudo este valor pode ser mais amplo a exemplo daqueles citados por Raij et al. (1996) – 18 a 50 $mg\ kg^{-1}$ e Malavolta et al. (1989) – 20 a 100 $mg\ kg^{-1}$. Fageria (2000) avaliando os níveis tóxicos de zinco na produção de feijão em solo de cerrado, concluiu que o teor tóxico de Zn na planta foi de 133 $mg\ kg^{-1}$, e que o feijão é mais tolerante à deficiência de zinco quando comparado a outras culturas como o milho, arroz e trigo. Para mamona não há valores de referencia disponíveis na literatura em tabelas de recomendação, porém, em trabalhos de pesquisa, foram encontrados teores foliares de zinco em folhas de mamona que variam de 14 a 43 $mg\ kg^{-1}$ (SOUZA e NATALE, 1997) em plantas desenvolvidas em solo de baixa e de alta fertilidade, respectivamente.

Diferentes materiais podem ser utilizados como fonte de zinco nas adubações, tais como: óxidos, cloretos, sulfatos, complexos orgânicos, fritas e quelatos (RAIJ et al., 1996). O comportamento diferenciado entre estas fontes deve ser atribuído ao íon acompanhante do zinco, a solubilidade que é afetada pela granulometria, bem como a contaminantes presentes especialmente no produto comercial (RIBEIRO e SANTOS, 1996).

Os principais fertilizantes são sais inorgânicos, solúveis em água, como o sulfato de zinco, embora o óxido de zinco, insolúvel em água, seja bastante utilizado na

formulação de fertilizantes comerciais que contenham este micronutriente (RAIJ et al., 1996). Em ensaio de curta duração, Amrani et al. (1999) avaliaram a produção de massa seca de milho de acordo com a aplicação de sulfatos e oxissulfatos de zinco com diferentes solubilidades em água e concluíram que o teor total de zinco não foi suficiente para caracterizar a disponibilidade do elemento; porém a solubilidade em água é um importante fator em relação à disponibilidade. Assumindo que doses de 5 a 10 kg ha⁻¹ de zinco são normalmente recomendadas para boa produtividade, os autores sugeriram que em torno de 50 % do zinco contido nos fertilizantes seja solúvel em água, visando ao suprimento adequado do elemento para as culturas. Em contrapartida, Prado e Mouro (2007) observaram que a aplicação de zinco na forma de óxido promoveu maior incremento de massa seca em plantas de sorgo e proporcionou maior eficiência de utilização do micronutriente, embora, com menor eficiência de absorção, quando comparado a fonte sulfato.

Vale e Alcarde (2002) avaliando a solubilidade do zinco contido em fertilizantes (sulfato de zinco, óxido de zinco, zinco metálico e quatro “fritas” comerciais) correlacionando com a disponibilidade desse elemento para as plantas de arroz e milho, concluíram que o zinco presente no sulfato de zinco foi o mais disponível às plantas, seguido daquele contido no óxido de zinco, enquanto as “fritas” apresentaram menor disponibilidade. O índice de eficiência agrônômica, em relação ao sulfato de zinco, foi próximo de 90 %, para o óxido de zinco, e de 50 %, para as fritas.

A aplicação de zinco via solo deve ser preferencial, devido a sua baixa mobilidade no interior da planta, e que trás como exigência o fornecimento constante durante o ciclo da planta (MALAVOLTA et al., 1997). Mas, há outras alternativas do fornecimento do referido nutriente, como adubação via foliar e via semente, entretanto, as pulverizações têm a desvantagem da baixa mobilidade do zinco no floema, requerendo para isto maior número de aplicações (MARSCHNER, 1995), enquanto a aplicação diretamente na semente pode promover efeito fitotóxico nas plântulas, fase esta extremamente sensível (RIBEIRO et al., 1994).

1.4 Resposta de feijão e mamona à adubação com zinco

Apesar de o zinco ser o micronutriente juntamente com boro de mais frequente resposta da culturas graníferas em condições tropicais, no caso do feijoeiro a capacidade de resposta ainda é conflitante, pois há casos de resposta positiva e negativa. Junqueira

Netto et al. (2002), obtiveram respostas positivas à aplicação de zinco com aumentos médios de 702 kg ha^{-1} de grãos de feijão em Latossolo Roxo distrófico de Lavras, MG. Teixeira et al. (2008), avaliando fontes (sulfato e cloreto de zinco) e doses de zinco (0, 100, 200, 400 e 800 g ha^{-1}) aplicados via foliar, em três safras diferentes (inverno, água e seca) cultivado em Ipameri-GO, constataram que na safra de inverno, foram obtidos os maiores rendimentos de grãos e de seus componentes (número de vagens por planta e número de grãos por vagem) e teor foliar de zinco, comparativamente, às safras das águas e seca. Em contrapartida, Fernandes et al. (2005) verificaram que a aplicação via foliar do mesmo nutriente no cultivar IAC – Carioca não promoveu incrementos significativos à produtividade da cultura, assim como Fageria (2000) ao avaliarem o efeito de doses crescentes de zinco (zero até 120 mg kg^{-1} de Zn) sobre a produção de massa seca de feijoeiro cultivado até os 35 dias após a semeadura e não detectar efeito significativo da aplicação das doses de zinco na produção de massa seca da parte aérea e das raízes.

A falta de resposta da cultura do feijão a adubação com zinco se deve comumente a utilização de solos contendo teores adequados ao crescimento e desenvolvimento das plantas do nutriente em questão, quer seja acima de 1,0 e $2,1 \text{ mg dm}^{-3}$ Zn, conforme constatado em trabalhos de pesquisa realizados por Teixeira et al. (2008) e Fageria et al. (2000).

São poucos os estudos envolvendo nutrição mineral da mamona no Brasil. No tocante aos macronutrientes foram desenvolvidos trabalhos recentes no intuito de caracterizar deficiências e teores adequados na planta (SEVERINO et al., 2006b; SILVA et al., 2007; LAVRES JÚNIOR et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010a, 2010b). Já para os micronutrientes, apesar da verificação de acréscimos de trabalhos recentes (LANGE et al., 2005; SEVERINO et al., 2006a; CHAVES et al., 2009; OLIVERIA et al., 2010a, 2010b), ainda não há consenso sobre a fertilização com Zn em condições tropicais, referentes a doses e fontes a ser usada.

Sabe-se que a mamoneira é mais tolerante a deficiência de zinco, seja por sua baixa necessidade ou pela alta capacidade de extração desse nutriente do solo (FERREIRA et al., 2004). Pacheco et al. (2006), trabalhando com mamoneira, cultivar IAC 226, observaram que 20 mg kg^{-1} de zinco foi o teor foliar associado à máxima produtividade econômica da cultura. Já Camargo e Zabini (2005), testando vários adubos foliares, obtiveram mamoneiras, sem sintomas de deficiência ou excesso de nutrientes, com teor foliar médio de zinco de 39 mg kg^{-1} . Teor de 9 mg kg^{-1} de zinco foi

observado no limbo superior de plantas de mamoneira, do híbrido comercial Íris, coletado aos 84 dias após a semeadura, cultivadas em solução nutritiva (LANGE et al., 2005).

Chaves et al. (2009) investigaram o efeito de zinco sobre o estado nutricional da mamoneira BRS 188 Paraguaçu, conduzido em casa de vegetação, e concluíram que os tratamentos com níveis crescentes de zinco aumentam os teores deste elemento nas folhas e no caule os quais se encontram na faixa (14 a 43 mg kg^{-1}) considerada adequada para as culturas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Informações gerais

O experimento foi conduzido na safra das “águas” de 2010/2011, na Estação Experimental da Emater em Anápolis-GO (Antiga Agência Rural). As coordenadas geográficas da área são: 17°43'19" latitude Sul e 48°09'35" longitude Oeste. A altitude do município é de 820 m e o clima regional é classificado como Cwa-Mesotérmico úmido, com precipitação e a temperatura média anual de 1750 mm e 25°C, respectivamente (SEPLAN, 2011).

Os dados de clima referente à precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa ocorrida de dezembro de 2010 a agosto de 2011 são apresentados na Figura 1.

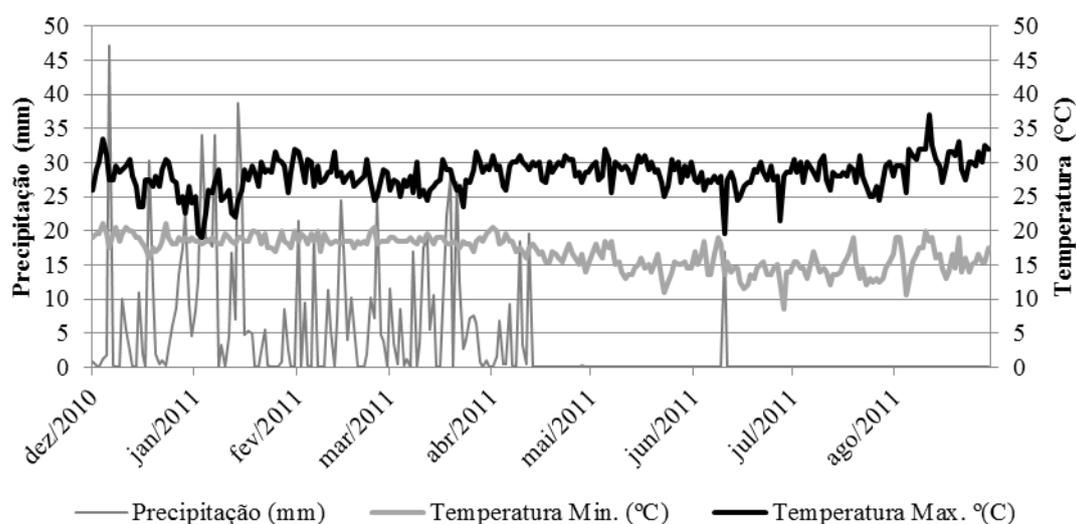


FIGURA 1: Dados diários climáticos do campo durante o ciclo das plantas consortes/monocultivos referentes à temperatura máxima (Temp. máx.) e mínima (Temp. mín.) em graus Celsius (° C) e precipitação em milímetros (mm) em Anápolis-GO.

Fonte: Secretaria de Ciências e Tecnologia do Estado de Goiás

Foram coletadas amostras de solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distroférico nas camadas de 0-20 cm e enviadas ao laboratório para análise químico-física cujo resultados são apresentados na Tabela 1. Anteriormente, nessa área, havia instalada a cultura de algodão.

TABELA 1: Resultado da análise de solo retirada na camada de 0-20 cm. Estação Experimental da Emater, Anápolis-GO, 2011.

cmol dm ⁻³				mg dm ⁻³		g dm ⁻³
Ca	Mg	Al	H+Al	K	P (Mel.)	Mat. Org.
4,5	1,5	0,3	5,5	7,2	2,1	23
mg dm ⁻³						
Zn	B	Cu	Fe	Mn		
3,7	0,3	1,8	175	16,5		
Dados complementares			Textura (g kg ⁻¹)			
pH(H ₂ O)	Sat. Base (%)	Sat. Al.(%)	Areia	Limo	Argila	
6,1	61	0,4	315	153	532	

2.2. Delineamento experimental e tratamentos

Empregou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5 + 2, com três repetições. Os tratamentos foram compostos de duas fontes de Zn (óxido de zinco = 15% de Zn e sulfato de zinco = 20% de Zn) combinadas com cinco doses de zinco (0,0; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 kg ha⁻¹ de Zn no solo) em consórcio de feijão-comum e mamona, mais os tratamentos adicionais do sistema solteiro de mamona e feijão. Essas doses foram definidas com base em trabalhos de Teixeira et al. (2008).

2.3. Implantação e condução

As parcelas de mamona sob consórcio foram constituídas de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 3,0 m, e nas suas entrelinhas foram colocadas quatro fileiras de feijão obedecendo ao espaçamento de 0,5 m entre as mesmas. As parcelas dos sistemas solteiros de mamona foram constituídas de quatro linhas de cinco metros, espaçadas de 3,0 m; para feijão foram utilizadas quatro fileiras de plantas com cinco

metros de comprimentos, espaçadas de 0,5 m. Tanto no sistema de consórcio como de monocultivo, foram tomadas as duas linhas centrais de cada parcela como área útil.

A cultivar de mamona utilizada foi a Paraguaçu, a qual possui porte médio (altura média de 1,6m), caule coberto de cera com coloração roxa, frutos semideiscentes, sementes grandes de cor preta e alto teor de óleo (48%). Ciclo médio de 250 dias entre o plantio e a maturação dos últimos cachos. Esta cultivar foi desenvolvida para o cultivo na região semiárida e uso na agricultura familiar com semeadura e colheita manual. Possui grande tolerância a seca e susceptibilidade moderada ao mofo-cinzento (EMBRAPA, 2007).

Quanto ao feijão, empregou-se a cultivar Pérola, que possui tipo comercial de grãos carioca, porte semiereto e ciclo normal (85-95 dias). Possui resistência à ferrugem, ao mosaico comum e a uma raça de antracnose. Apresenta também resistência intermediária (a doença ataca, mas sem grandes perdas de produção) à murcha do fusarium e à mancha angular (EMBRAPA, 2004).

O preparo do solo foi realizado de modo convencional, com uma aração e duas gradagens. A semeadura de mamona e feijão foi feita simultaneamente e manualmente dentro dos sulcos das linhas. Semeou 25% a mais de sementes, e 10 dias após emergência (DAE) foi efetuado o desbaste das plantas com o objetivo de atingir densidade de mamona e feijão de 1 e 12 plantas por metro linear, respectivamente. Aos 25 DAE foi efetuada a adubação de cobertura com uréia na dose de 40 kg ha⁻¹ de N, em filete contínuo ao longo das linhas de plantio tanto na mamona e do feijão.

Na adubação de semeadura empregou-se o formulado 05-25-15 + 0,3% Zn na dose de 400 kg ha⁻¹ para ambas as culturas. Durante o ciclo das culturas realizou-se controle de plantas daninhas em pós-emergência com o herbicida fomesafen+fluazifop-p-butil - dose de 1,0 L a.i. ha⁻¹, aos 20 e 30 DAE. Foram efetuadas duas aplicações do fungicida procymidone na dose de 1,0 Kg a.i. ha⁻¹ para o controle de mofo-cinzento (*Amphobotrys ricini*) na cultura da mamona, e de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) no feijoeiro. Efetuou-se ainda, a aplicação do inseticida deltametrina para controle de cigarrinha (*Empoasca kraemeri*) - dose de 50 ml a.i. ha⁻¹.

2.4. Características avaliadas

Por ocasião do pleno florescimento das culturas envolvidas no estudo foram

realizadas coletas, aleatoriamente, de 10 folhas (4ª folha a partir do ápice) e 20 trifólios (3ª folha a partir do ápice) de mamona e feijão-comum, respectivamente, na área útil de cada parcela. Posteriormente, os materiais foram analisados quanto aos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Na maturação dos grãos foram avaliados no feijoeiro o rendimento de grãos e seus componentes (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos). Na cultura da mamona foi quantificada a produtividade de grãos e seus componentes (número de racemos por planta, número de bagas por racemo e massa de 100 grãos).

A comparação entre os sistemas de cultivo consorciado e solteiro foi feita por meio de cálculo do Uso Eficiente de Terra (UET) conforme a fórmula proposta (WILLEY e OSIRU, 1972; MEAD e RILEY, 1981):

$$UET = Mc/Ms + Fc/Fs$$

em que Mc e Fc representa a produtividade das culturas 'M: mamona' e 'F: feijão' em consórcio, Ms e Fs é a produção do monocultivo. Considerando que se $UET > 1$ então ocorre vantagem produtiva, se $UET = 1$ não ocorre vantagem produtiva, se $UET < 1$ então ocorre desvantagem produtiva.

2.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando pertinente as médias do fator fontes foram comparadas pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade. Já o fator doses de Zn foi estudado por análise de regressão. Os cálculos estatísticos foram realizados pelos softwares de análises estatísticas – SISVAR versão 5.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Aspectos nutricionais

Os teores foliares de fósforo e manganês em feijão consorciado com mamona foram influenciados pelas doses de zinco, enquanto o teor foliar de zinco foi influenciado pela interação fontes x doses de zinco (Tabela 2). Para mamona consorciada com feijão foram influenciados pelo fator doses de zinco os teores foliares de cálcio e magnésio (Tabela 3). Não foi detectado qualquer efeito dos tratamentos sobre os demais nutrientes analisados para as culturas de feijão e mamona consorciadas. Também não foi detectado qualquer efeito significativo sobre os teores de macro e micronutrientes em folhas de feijão e mamona na interação consórcio x solteiro. Quanto à precisão experimental, a exceção dos teores foliares de cálcio e ferro para feijão e de zinco para mamona, que foram superiores a 30%, pode-se verificar que os valores de coeficiente de variação estão dentro dos limites considerados como adequado, conforme valores citados por Pimentel Gomes (1990).

O teor foliar de fósforo apresentou comportamento quadrático em resposta à adubação com zinco, tendo apresentado decréscimo a partir da dose de zinco de 2,96 kg ha⁻¹ (Figura 2a). A ocorrência de interação negativa entre fósforo e zinco, em que os teores de fósforo decrescem em função da adubação com zinco, é comumente relatada na literatura (MALAVOLTA et al., 1997). Comportamento quadrático das doses de zinco também foi verificado para o teor foliar de manganês (Figura 2b), com decréscimo a partir do emprego de 4,43 kg ha⁻¹ Zn.

Comportamento quadrático e linear, respectivamente, para as fontes sulfato de zinco e óxido de zinco em função das doses de zinco, foi constatado para o teor foliar de zinco no feijoeiro (Figura 2c). O fato do sulfato de zinco ser mais solúvel pode ter promovido maior taxa de absorção pelas plantas até determinado limite. Por outro lado, a fonte de óxido de zinco por ser menos solúvel foi capaz de fornecer continuamente o zinco para as plantas, evitando toxidez.

TABELA 2: Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos teores foliares médios de nutrientes em plantas de feijão consorciado com mamona e em sistema solteiro, submetidas a diferentes fontes e doses de zinco. UEG, Anápolis-GO, 2011.

Tratamentos	G.L.	Quadrados Médios										
		Nutrientes Foliares										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	2	0,0840 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,162 ^{ns}	0,078 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,700 ^{ns}	18,433 ^{ns}	1408,633 ^{ns}	230,833 ^{ns}	122,033**
Fontes Zn (A)	1	0,000 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,278 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,833 ^{ns}	8,533 ^{ns}	3141,633 ^{ns}	14,700 ^{ns}	246,533**
Doses Zn (B)	4	0,087 ^{ns}	0,020*	0,073 ^{ns}	0,102 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,017 ^{ns}	1,883 ^{ns}	10,583 ^{ns}	15435,880 ^{ns}	572,950*	206,283**
A x B	4	0,072 ^{ns}	0,018	0,065 ^{ns}	0,248 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,019 ^{ns}	2,083 ^{ns}	75,283 ^{ns}	18421,380 ^{ns}	182,450 ^{ns}	189,450**
Cons. x Mono.	-	0,050 ^{ns}	0,150 ^{ns}	0,060 ^{ns}	0,157 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,018 ^{ns}	1,446 ^{ns}	52,439 ^{ns}	7,323,69 ^{ns}	530,435 ^{ns}	180,369 ^{ns}
Resíduo	18	0,044	0,005	0,119	0,104	0,003	0,002	1,367	37,878	8347,522	154,833	19,219
C.V. (%)	-	4,0	14,86	10,75	31,22	15,13	12,20	12,85	20,07	32,65	15,16	12,84

Trat. – Tratamentos; G.L. Graus de Liberdade; * Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo.

Cons. – Consórcio; Mono. – Monocultivo.

TABELA 3: Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos teores foliares médios de nutrientes em plantas de mamona consorciada com feijão em sistema solteiro, submetidas a diferentes fontes e doses de zinco. UEG, Anápolis-GO, 2011.

Tratamentos	G.L.	Quadrados Médios										
		Nutrientes Foliares										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	2	0,133 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,324*	0,474 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,001*	1,200 ^{ns}	172,900**	294,433 ^{ns}	93,100 ^{ns}	180,133**
Fontes Zn (A)	1	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,833 ^{ns}	10,800 ^{ns}	5,633 ^{ns}	26,133 ^{ns}	17,633 ^{ns}
Doses Zn (B)	4	0,029 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,637*	0,024*	0,000 ^{ns}	1,133 ^{ns}	21,617 ^{ns}	5995,450 ^{ns}	60,583 ^{ns}	45,450 ^{ns}
A x B	4	0,016 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,102 ^{ns}	0,369 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,333 ^{ns}	33,383 ^{ns}	10529,380 ^{ns}	197,217 ^{ns}	45,883 ^{ns}
Cons. x Mono.	-	0,025 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,116 ^{ns}	0,215 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,000 ^{ns}	1,213 ^{ns}	23,413 ^{ns}	512,634 ^{ns}	77,179 ^{ns}	56,385 ^{ns}
Resíduo	18	0,037	0,000	0,061	0,171	0,007	0,000	3,867	22,233	5095,507	151,804	29,874
C.V. (%)	-	4,68	11,66	12,16	16,58	14,66	15,73	19,46	13,17	24,81	15,02	37,35

Trat. – Tratamentos; G.L. Graus de Liberdade; * Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. Cons. – Consórcio; Mono. – Monocultivo.

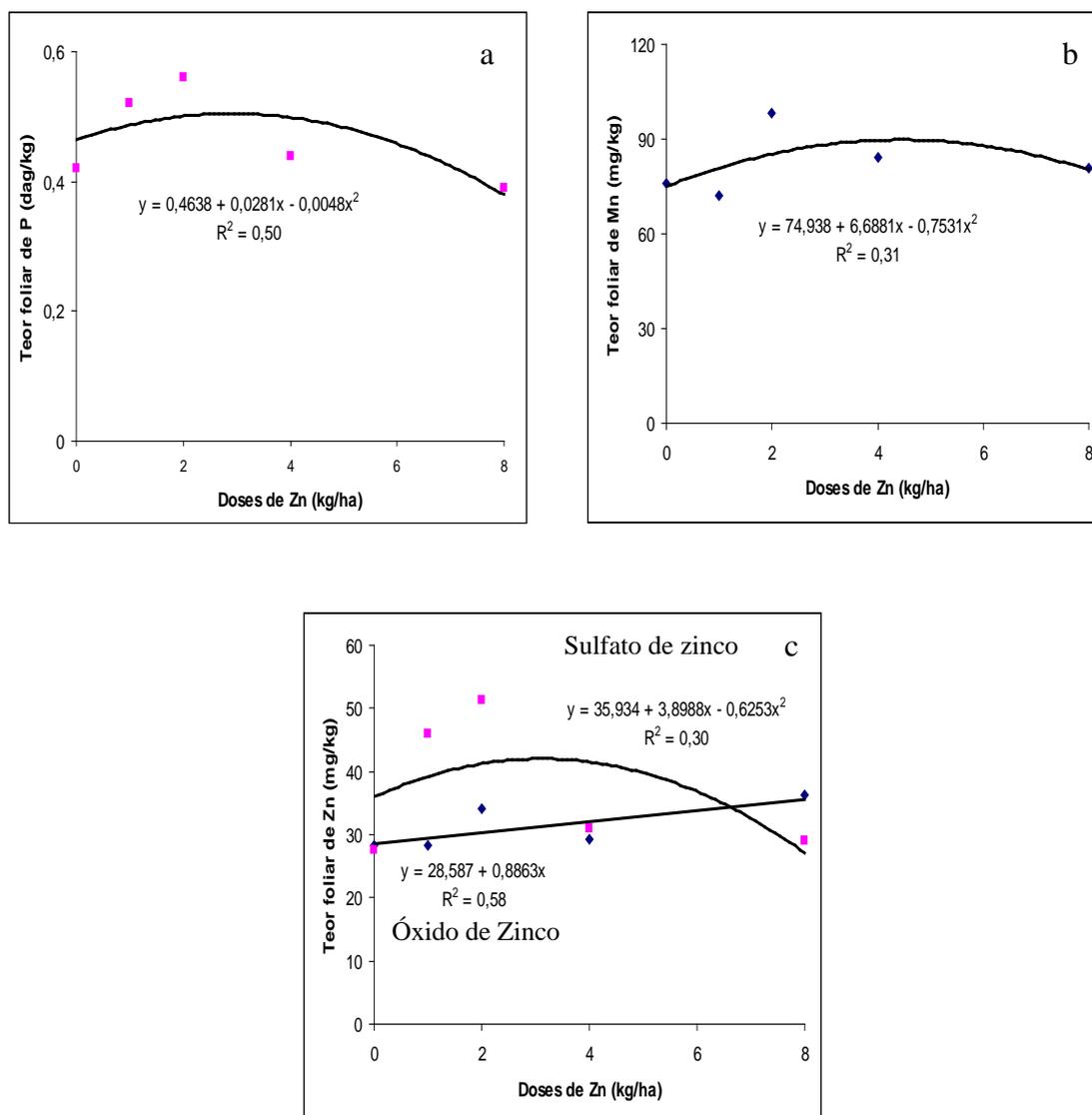


FIGURA 2: Teores foliares de fósforo (a), manganês (b) e zinco (c) em feijão consorciado com mamona, submetido a diferentes doses de zinco.

Os teores foliares de cálcio e magnésio em folhas de mamona consorciada com feijão apresentaram comportamento quadrático com os maiores valores obtidos de 2,5 e 0,6 dag kg⁻¹, respectivamente, nas doses de zinco de 4,2 e 3,9 kg ha⁻¹ (Figura 3a e 3b). Por outro lado, os menores teores foliares de cálcio (2,07 dag kg⁻¹) e magnésio (0,52 dag kg⁻¹) foram verificados nas testemunhas.

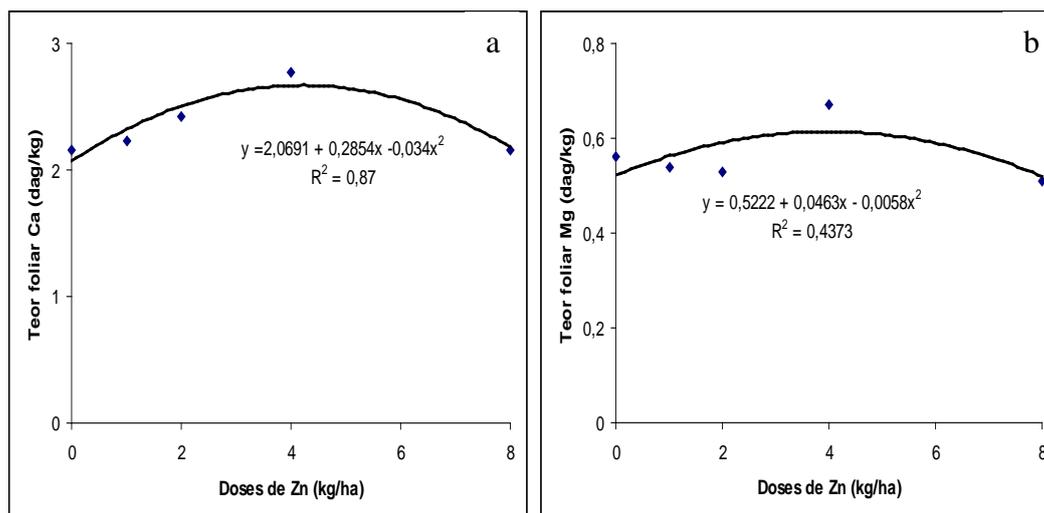


FIGURA 3: Teores foliares de cálcio (a) e magnésio (b) em mamona consorciada com feijão, submetida a diferentes doses de zinco.

Os teores foliares médios de macronutrientes em folhas de feijão (em dag kg⁻¹), sob consórcio com mamona, de N, P, K, Ca, Mg e S foram respectivamente de 5,2; 0,5; 3,2; 1,0; 0,4 e 0,4. Já os de micronutrientes (em mg kg⁻¹) de B, Cu, Fe, Mn e Zn foram de 9; 31; 280; 82 e 34. Nas folhas de mamona sob consorcio com feijão os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, foram respectivamente de: 4,1; 0,2; 2,0; 2,5; 0,6; 0,1; 10; 36; 288; 82 e 15.

Para Martinez et al. (1999) os teores adequados de nutrientes encontrados em folhas de feijão no pleno florescimento são para macronutrientes (em dag kg⁻¹) de: N= 3,0-3,5; P= 0,4-0,7; K= 2,7-3,5; Ca= 2,5-3,5; Mg= 0,3-0,6; S= 0,15-0,20, e para mamona de: N= 4,0-5,0; P= 0,3-0,4; K= 3-4; Ca=1,5-2,5; Mg= 0,3-0,4 e S= 0,3-0,4. Já para os micronutrientes (em mg kg⁻¹) em folhas de feijão é de: B= 100-150; Cu= 8-10; Fe= 300-500; Mn= 200-300 e Zn= 45-55, enquanto para mamona não há valores de referencia disponíveis na literatura.

Neste contexto, e baseando nas informações de referências, pode-se constatar, em geral, que os teores médios foliares de nutrientes, a exceção de boro e manganês que são inferiores aos dados de referencia para feijão, estão dentro ou próximo dos limites considerados adequados para bom crescimento/desenvolvimento das culturas de feijão e mamona. Apesar dos teores inferiores de boro e manganês apresentados acima, não foram notados sintomas de deficiências dos micronutrientes em questão na cultura do feijão.

3.2. Aspectos agronômicos

Dentre as características agronômicas avaliadas do feijoeiro somente o rendimento de grãos foi influenciado significativamente pelos tratamentos. Quanto à mamoneira, as características número de racemos por planta e o rendimento de grãos sofreram influencia significativa da interação fontes x doses de zinco e doses de zinco respectivamente. Não houve qualquer efeito significativo na interação consórcio x solteiro (Tabela 4). O coeficiente de variação das características avaliadas de ambas as culturas variou de 8,02 a 26,24%, demonstrando boa precisão experimental, conforme comparativo com Pimentel Gomes (1990).

O maior rendimento do feijoeiro – 1.850 kg ha⁻¹ foi obtido na dose de 4,1 kg ha⁻¹ de zinco, independente da fonte utilizada. Por outro lado, a maior dose de zinco testada (8,0 kg ha⁻¹) propiciou obtenção de rendimento de feijão de 1.168 kg ha⁻¹, mostrando desta forma que certamente ocorreu efeito prejudicial pelo excesso de zinco nas plantas de feijão sob consórcio com mamona, quando adicionado em doses superiores 4,1 kg ha⁻¹ de zinco (Figura 4). Acréscimos de rendimento de grãos de feijão em resposta a adubação com zinco são encontrados em outros trabalhos de pesquisa (JUNQUEIRA NETO et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2008), corroborando então aos resultados obtidos. Ressalta-se que mesmo com o teor de zinco no solo de 3,7 mg kg⁻¹ (Tabela 1), considerado elevado na literatura para verificar resposta de culturas à adubação (GALRÃO, 2004), a cultura do feijão cultivada em consórcio com mamona respondeu positivamente a adubação com zinco, fato este que permite observar que certamente os atuais genótipos em cultivos de feijão são mais exigentes em zinco, e que torna necessário a revisão dos atuais níveis de zinco presentes nos solos de cerrado existentes nas tabelas de recomendação de adubação.

Quanto ao rendimento médio obtido (dados não mostrados) para o feijoeiro, pode-se verificar valor de 1.435 kg ha⁻¹, sendo, portanto, 50% acima do rendimento médio desta leguminosa conseguido em condições de solteiro, que, segundo CONAB (2012), é atualmente de 945 kg ha⁻¹, obtido na safra 2010/11. Este fato demonstra que a cultura do feijão pode perfeitamente ser cultivada em consórcio com mamona, sem que o seu rendimento seja reduzido, como é comum acontecer nos consorciamento em que está envolvido (VIEIRA, 2006).

Com relação à cultura da mamona, o número de racemo por planta apresentou comportamento quadrático para as duas fontes de zinco testadas (Figura 5a e 5b), com

decréscimo inicialmente nas menores dosagens, seguida de acréscimos nas maiores dosagens, não se encontrando uma explicação satisfatória para este comportamento.

O rendimento de grãos de mamona foi maior - 1.951 kg ha⁻¹ na dose de 4,9 kg ha⁻¹, enquanto a maior dose testada de zinco (8,0 kg ha⁻¹) propiciou decréscimo do rendimento, com valor obtido de 1.521 kg ha⁻¹ (Figura 5b), ou seja, 22% inferior, confirmando a hipótese levantada anteriormente sobre o efeito promovido às plantas pelas maiores doses de zinco. Na testemunha (dose 0) o rendimento de grãos da mamona foi apenas de 1.004 kg ha⁻¹, mostrando desta forma, a importância da adubação com zinco em solos em solos de cerrado, mesmo sem a comprovada deficiência do nutriente em questão, como encontrado no solo no estudo.

Ademais, o rendimento médio da mamona sob consórcio com feijão (dados não mostrados), obtido no experimento de zinco foi de 1.496 kg ha⁻¹, sendo o rendimento médio nacional de 637 kg ha⁻¹ obtido na safra 2009/10 (CONAB, 2012) sob solteiro. Desta forma, pode-se notar que o rendimento médio constatado na presente condição foi praticamente duas vezes superior a média obtida no sistema solteiro, confirmando que o consorciamento com feijão não promoveu redução da produtividade da oleaginosa em questão, além de propiciar aos agricultores maiores renda pela diversificação dos produtos em sua propriedade.

TABELA 4: Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das características agronômicas de feijão e mamona sob o sistema de consórcio e solteiro, submetidos a diferentes fontes e doses de zinco. UEG, Anápolis-GO, 2011.

Tratamentos	G.L.	Características Agronômicas							
		Feijão				Mamona			
		NVP	NGV	P100GF	RENDF	NRP	NFR	P100GM	RENDM
Blocos	2	2,107 ^{ns}	0,285 ^{ns}	3,766 ^{ns}	83475,63 ^{ns}	157,2013**	107,9770 ^{ns}	8,640 ^{ns}	60555,83 ^{ns}
Fontes B (A)	1	4,256 ^{ns}	0,236 ^{ns}	7,400 ^{ns}	96560,13 ^{ns}	1,121 ^{ns}	3,6750 ^{ns}	42,721 ^{ns}	0,83 ^{ns}
Doses B (B)	4	7,736 ^{ns}	0,231 ^{ns}	7,425 ^{ns}	725118,40**	40,080*	83,772 ^{ns}	91,171 ^{ns}	698301,20**
A x B	4	3,157 ^{ns}	0,121 ^{ns}	13,095 ^{ns}	69588,13 ^{ns}	43,320*	10,612 ^{ns}	20,792 ^{ns}	46857,08 ^{ns}
Cons. x Mono.	-	4,174 ^{ns}	0,198 ^{ns}	10,740 ^{ns}	55256,904 ^{ns}	5,285 ^{ns}	18,947 ^{ns}	35,284 ^{ns}	22,385 ^{ns}
Resíduo	18	6,118	0,569	4,567	141855,40	13,338	33,678	37,879	127143,80
C.V. (%)	-	21,19	18,00	9,53	26,24	21,07	17,04	8,02	23,83

Trat. – Tratamentos; G.L. Graus de Liberdade; * Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo. NVP – Número de vagens por planta; NGV – Número de grãos por vagem; P100GF – Peso de 100 grãos de feijão; RENDF – Rendimento de grãos de feijão; NRP – Número de racemos por planta; NFR – Número de frutos por racemo; P100GM – Peso de cem grãos de mamona; RENDM – Rendimento de grãos de mamona. Cons. – consórcio; Mono. – Monocultivo.

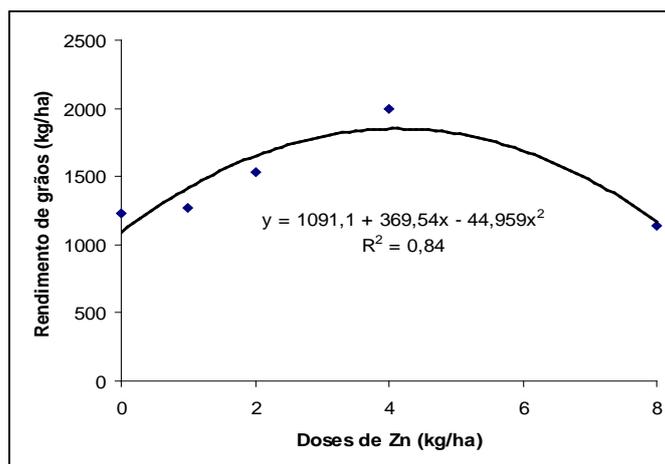


FIGURA 4: Rendimento de grãos de feijão consorciados com mamona, submetidos a diferentes doses de zinco.

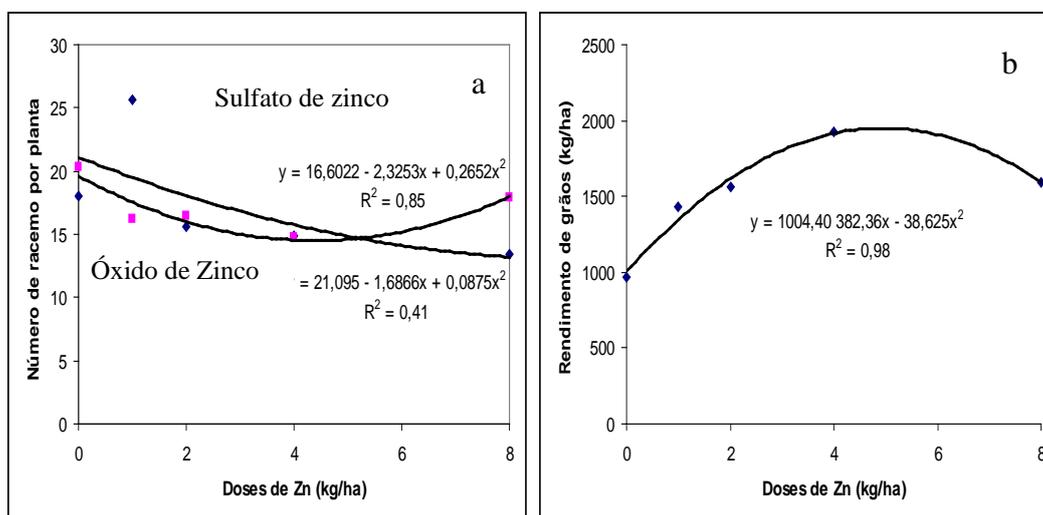


FIGURA 5: Número de racemos por planta (a) e rendimento de grãos (b) de mamona consorciada com feijão, submetidos a diferentes doses de zinco.

A avaliação biológica dos sistemas de cultivo foi estudada por meio do UET, o qual mostrou vantagem produtiva na combinação mamona e feijão sob consórcio, comparado ao solteiro, em todas as doses de zinco utilizadas, com valores variando de 1,48 a 2,38 (Tabela 5). Considerando-se a média da UET obtida das doses de zinco, nota-se um valor de 1,98 o que permite afirmar que o sistema consorciado é 98% mais eficiente em relação ao cultivo solteiro.

Além disso, pode-se afirmar que um UET de 1,98 significa dizer que faz necessário incorporar 0,9 hectare de área de monocultivo das espécies investigadas a mais, em comparação a área de consorciada, para que se tenha rendimentos idênticos.

Com relação ao UET das fontes de zinco aplicadas no sistema consorciado (Tabela 6), pode-se dizer que este foi novamente mais eficaz quando comparado com o monocultivo, uma vez que os valores variaram de 2,24 a 2,74, ou seja, acima de 1,0.

Os resultados aqui obtidos para UET são concordantes aos outros trabalhos de pesquisa em que a cultura de mamona consorciada com outras espécies se mostraram mais eficiente que o monocultivo (PINTO et al., 2011; BELTRÃO et al., 2010a, 2010b; KUMAR et al., 2010; AZEVEDO et al., 2007; CORRÊA et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2011; 2012). Em adição, os resultados obtidos comprovam que o feijoeiro não promoveu qualquer comprometimento fisiológico no crescimento/desenvolvimento da cultura da mamona.

TABELA 5: Relação C/M (rendimento no consórcio/rendimento em sistema solteiro) e uso eficiente de terra - UET dos sistemas de consórcio feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) sob diferentes doses de zinco. UEG, Anápolis-GO, 2011.

Doses (kg ha ⁻¹)	C/M Feijão	C/M Mamona	UET
0	0,92*	0,67**	1,59***
1,0	1,35	0,63	1,98
2,0	1,04	0,44	1,48
4,0	1,21	1,17	2,38
8,0	1,18	1,15	2,33

Produção (kg ha⁻¹), nas diferentes doses de zinco, para cultura do feijão em monocultivo: 0 (kg ha⁻¹ Zn) = 2.354; 1,0 (kg ha⁻¹ Zn) = 1.712; 2,0 (kg ha⁻¹ Zn) = 2.191; 4,0 (kg ha⁻¹ Zn) = 2.124; 8,0 (kg ha⁻¹ Zn) = 1.778. Produção (kg ha⁻¹), nas diferentes doses de zinco, da cultura do feijão sob consórcio: 0 (kg ha⁻¹ Zn) = 2.167; 1,0 (kg ha⁻¹ Zn) = 2.319; 2,0 (kg ha⁻¹ Zn) = 2.294; 4,0 (kg ha⁻¹ Zn) = 2.585; 8,0 (kg ha⁻¹ Zn) = 2.115. Exemplo do cálculo do UET: * (2.167/2.354); ** (1.011/1.495); *** C/M feijão+C/M mamona.

TABELA 6: Relação C/M (rendimento no consórcio/rendimento em sistema solteiro) e uso eficiente de terra - UET dos sistemas de consórcio feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.) sob diferentes fontes de zinco. UEG, Anápolis-GO, 2011.

Fontes	C/M Feijão	C/M Mamona	UET
Óxido de zinco	0,88*	1,36**	2,24***
Sulfato de Zinco	1,14	1,60	2,74

Produção (kg ha⁻¹), nas diferentes fontes de zinco, para cultura do feijão em monocultivo: Óxido de zinco = 2.031 kg ha⁻¹ Zn; Sulfato de Zinco = 2.380 kg ha⁻¹ Zn. Produção (kg ha⁻¹), nas diferentes fontes de zinco, da cultura do feijão sob consórcio: Óxido de zinco = 2.296 kg ha⁻¹ Zn; Sulfato de Zinco = 2.090 kg ha⁻¹ Zn. Exemplo do cálculo do UET: * (2.031/2.296); ** (2.033/1.495); *** C/M feijão+C/M mamona.

CONCLUSÕES

A adubação com zinco influencia os teores foliares de fósforo, cálcio, magnésio, manganês e zinco nas referidas culturas, especialmente de sulfato de zinco. De modo geral, os teores foliares de nutrientes em feijão e mamona sob consórcio, submetido a fontes e doses de zinco, encontram-se dentro dos limites considerados adequados para o desenvolvimento de ambas as culturas.

As doses de 4,1 e 4,9 kg ha⁻¹ de zinco propiciam maiores rendimentos de grãos de feijão e mamona sob consórcio, com patamares máximos de 1.850 kg ha⁻¹ e 1.951 kg ha⁻¹ para as respectivas culturas.

Não há diferença na nutrição e nas características agronômicas de feijão-comum e mamona produzidas em consórcio e solteiro.

O sistema de consorciamento feijão-comum e mamona é mais eficiente que o sistema solteiro conforme os valores médios de UET – 1,98 das diferentes doses de zinco aplicadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.A.; FERREIRA, M.E.; BORKET, C.M. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: zinco e cobre. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 125-150.
- AMANE, M. I. V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A. A.; ARAUJO, G. A. A. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenadas e molíbdica. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 41, n. 234, p. 202-216, 1994.
- AMRANI, M.; WESTFALL, D.G.; PETERSON, G.A. Influence of water solubility of granular zinc fertilizers on plant uptake and growth. **Journal Plant Nutrition**, Georgia, v.22, n.8, p.1815-1827, 1999.
- ANDRADE, M.J.B.; MORAES, A.R.; TEIXEIRA, I.R.; SILVA, M.V. Avaliação de sistemas de consórcio de feijão com milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.242-250, 2001.
- ANDRADE, C. A. B. Limitações de fertilidade e efeito do calcário para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de várzea do sul de Minas Gerais. 1997. 107p. Tese (Doutorado em Agronomia – Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.
- AZEVEDO, D.M.; LIMA, E.F.; SANTOS, J.W.; BATISTA, F.A.S.; NOBREGA, L.B., VIEIRA, D.J.; PEREIRA, J.R. População de plantas no consórcio mamoneira/caupi. I. Produção e componentes da produção. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.3, n.1, p.13-20, 1999.
- AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, J.W.S.; SANTOS, J.W.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; NÓBREGA, L.B.; VIEIRA, D.J.; PEREIRA, J.R. Efeito de população de plantas no rendimento do consórcio de mamona/sorgo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.2, n.3, p.183-192, 1998.
- AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M.; BATISTA, F.A.S.; LIMA, E. F. **Arranjo de fileiras no consórcio mamona/milho**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. (Boletim de Pesquisa, 34).
- AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M.; SEVERINO, L.S.; SANTOS, J.W.; LEÃO, A.B. Arranjos de fileiras no consórcio mamoneira com milho no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.11, n.2, p.91-105, 2007.
- AZEVEDO, D.M.P.; SANTOS, J.W.; LIMA, E.F; BATISTA, F.A.S.; PEREIRA, J.R.; VIEIRA, D.J.; NÓBREGA, L.B.; PEREIRA, J.R. Efeito de população de plantas no consórcio mamoneira/milho. II. Eficiência Agronômica. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.5, n.1, p.255–265, 2001.
- BELTRÃO, N.E.M.; CARTAXO, W.V.; PEREIRA, S.R.; SILVA, O.R.R.F. **O cultivo sustentável da mamoneira no semi-árido**. Campina Grande: Embrapa, 2006.
- BELTRÃO, N.E.M.; VALE, L.S.; MARQUES, L.F.; CARDOSO, G.D.; OUTO, J.S. Consórcio mamona e amendoim: opção para a agricultura familiar. **Revista Verde de**

Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa, v.5, n.4, p. 222-227, 2010a.

BELTRÃO, N.E.M.; VALE, L.S.; MARQUES, L.F.; CARDOSO, G.D.; MARACAÇA, P.B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v.5, n.5, p. 67-73, 2010b.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **A cultura do feijão**. Viçosa: UFV, 2006. p.13-18.

CAMARGO, A.P.M.; ZABINI, A.V. Diagnóstico nutricional da mamoneira em resposta a adubação foliar no oeste da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2, 2005. Varginha. **Resumos expandidos...** Lavras: UFLA, 2005. CD Rom.

CANDAL NETO, J.F.; VIEIRA, R.F. Comportamento de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em consórcio com milho (*Zea mays*) na região serrana do Espírito Santo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 168-177, 1994.

CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: experiências preliminares. **Bragantia**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 243-259, 1958.

CHAVES, L.H.G; CABRAL, P.C.P.; BARROS JUNIOR, G.; LACERDA, R.D. Efeito de zinco e cobre no estado nutricional da mamoneira, BRS 188. Paraguaçu. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p.129-135, 2009.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamento de avaliação da safra de grãos 2010/11**. 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/11_10_06_17_41_32_boletim_outubro-2011.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2012.

CORRÊA, M.L.P.; TÁVORA, F. J.A.F.; PITOMBEIRA, J.B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.37, n.2, p.200-207, 2006.

COSTA, A.S.V.; SILVA, M.B. Sistemas de consórcio milho feijão para a região do Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 663-667, 2008.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C. Função dos micronutrientes nas plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES, 1., 1988, Jaboticabal. Anais... Piracicaba: POTAFOS/CNPq, p. 65-78, 1991.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. **Cultivares**: cultivar Paraguaçu. 2007. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/cultivares.html>> Acesso em: 01 jun. 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Cultivar Pérola**. 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias>> Acesso em: 01 jun. 2011.

FAGERIA, N.K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.390-395, 2000.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**. 2009. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>> Acesso em: 30 ago. 2011.

FERNANDES, F.A.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S.; ROMANINI JUNIOR, A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.F. Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 7-15, 2005.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; SANTOS, A.C.M.; XAVIER, R.M.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; DANTAS, J.P.; MORAES, C.R.A. Deficiência de enxofre e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...**, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

FLESCHE, R.D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 51-56, 2002.

GALRÃO, E.Z. Micronutrientes. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

HOCKING, P.J. Accumulation and distribution of nutrients in fruits of castor bean (*Ricinus communis* L.) **Annals of Botany**, v.49, p.51-62, 1982.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 jun. 2011.

JUNQUEIRA NETTO, A.D.A.; ANDRADE, M.J.B., FURTINI NETTO, A.E.; FAQUIN, V.; JUNQUEIRA, G.D.A. Diagnóstico da fertilidade de um solo de várzea do sul de Minas visando à cultura do feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Edição especial, p. 1369-1402, 2002.

JUNQUEIRA NETTO, A.; RAMOS, A. A.; VALIRIO, C. R. Efeito da adubação foliar com zinco sobre a produtividade do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. Resumos... Londrina: IAPAR, p. 162, 1993.

KLUTHCOUSKI, J.; BOUZINAC, S.; SEGUY, L. Preparo do solo. In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Orgs.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, p.249-259, 1988.

KRONKA, A.Z.; OSUNA, J.T.A.; KRONKA, S.N. Comportamento de cultivares de milho no consórcio com feijão. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 273, p. 543-553, 2000.

KUMAR, H.C.S.; MUDALAGIRIYAPPA, J.L.; NANJAPPA, H.V.; RAMACHANDRAPPAN, B.K. Productive performance of castor (*Ricinus communis* L.) based intercropping systems under rainfed conditions of Central Dry Zone in Karnataka. **Mysore Journal of Agricultural Sciences**, v. 44, n. 3, p. 481-484, 2010.

[KUMAR, S.](#) Effect of planting pattern and fertilizer management on castor (*Ricinus communis*) - based intercropping system. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v. 47, n.3, p.355-360, 2002.

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

LANGE, A.; MARTINES, A.M.; SILVA, M.A.C.; SORREANO, M.C.M.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p.61-67, 2005.

LAVRES JUNIOR, J.; NOGUEIRA, T.A.R.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no crescimento e na produção da mamoneira cultivar Íris. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.4, p.405-413, 2009.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; ALBUQUERQUE, R.C.; BELTRÃO, N.E.M.; SAMPAIO, L.R. Casca e torta de mamona avaliados em vasos com fertilizantes orgânicos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 102-106, 2008.

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

MARIA, I.C.; RAMOS, N.P. Conservação e manejo do solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F; AIDAR, H. **Fundamentos para uma agricultura sustentável: com ênfase na cultura do feijoeiro**. Goiânia: CNPAF, 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. (Orgs.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais, p.143-168, 1999.

MEAD, R.; RILEY, J. A review of statistical ideas relevant to intercropping research. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A (General), v. 144, n. 4, p. 462-509, 1981.

NAKAGAWA, J.; LEVORATO, E.; BOARETTO, A.E. Efeito de doses crescentes de termofosfato na presença e ausência de micronutrientes em dois cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.). **Científica**, Piracicaba, v. 14, n.1, p. 55-64, 1986.

NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A.M.L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.), cultivar "Campinas". **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 28, v. 2, p. 323-337, 1971.

OLIVEIRA, J.P.M.; SCIVITTARO, W.B.; CASTILHOS, R.M.V.; OLIVEIRA FILHO, L.C.I. Adubação fosfatada para cultivares de mamoneira no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.8, p.1835-1839, 2010a.

OLIVEIRA, R.H.; SOUZA, M.J.L.; MORAIS, O.M.; CASTRO GUIMARÃES, B.V.; PEREIRA JÚNIOR, H.A. Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. **Acta Scientiarum – Agronomy**, Maringá, v.32, n.4, p.701-707, 2010b.

OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafós, p. 169-2, 1996.

PACHECO, D. D.; SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P.; SANTOS, D.A.; LOPES, H.F.; SOUZA, R.P.D.; DOURADO, I.C.; ANTUNES, P.D.; RIBEIRO, D.P. Diagnóstico nutricional para micronutrientes em mamona adubada com NPK em solo de chapada da Bacia do Rio do Jequitinhonha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2006. Aracaju. **Anais...** Aracaju: SAGRI, Embrapa Tabuleiros Costeiros e Embrapa Algodão, 2006. CD Rom.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 1990.

PINTO, C.M.; FILHO, F.A.S; CYSNE, J.R.B.; PITOMBEIRA, J.B.. Produtividade e índices competição da mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, Mossoró, v.6, n.2, p. 75 - 85, 2011.

PRADO, R.M.; MOURO, M.C. Fontes de zinco aplicado em sementes de sorgo cv. BRS 310 e o crescimento inicial. **Semina - Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p.355-364, 2007.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.N.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. (Boletim Técnico, 100).

RAPOSO. J.A.A.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N.; MACHADO, A.A. Consórcio de milho e feijão em diferentes arranjos e populações de plantas, em Pelotas, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 639-647, 1995.

RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n.1, p.159-165, 1996.

RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S.; MENEZES, N.L. - Efeito do tratamento com fontes de zinco e boro na germinação e vigor de sementes de milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.51, n.3, p.481-485, 1994.

ROJAS, A.I.; NEPTUNE, A.M.L. Efeitos dos macronutrientes e do ferro no crescimento e composição química da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivada em solução de nutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.28, p.31-67, 1971.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L. Influencia do arranjo de plantas e da época de semeadura sobre as características agrônômicas do milho e feijoeiro consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 10, p. 1173-1181, 1993.

SANTOS, R.F.; KOURI, J.; BARROS, M.A.L.; MARQUES, F.M.; FIRMINO, P.T.; REQUIÃO, L.E.G. In: AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M. **O agronegócio da**

mamona no Brasil. Embrapa Algodão (Campina Grande, PB), Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

SEPLAN - Secretária de Planejamento do Estado de Goiás. **Coordenadas geográficas dos municípios**. 2011. Disponível em: <<http://portalsepin.seplan.go.gov.br>> Acesso em: 18 jul. 2012.

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, W.S.A.; CASTRO, D.A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.R. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutriente e micronutriente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 563-568, 2006a.

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; CARDOSO, G.D.; VIRIATO, J.R.; BELTRÃO, N.E.R. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 879-882, 2006b.

SILVA, T.R.B.; LEITE, V.E.; SILVA, A.R.B.; VIANA, L.H. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1357-1359, 2007.

SOARES, C.S.; SILVA, L.C.; GOUVEIA, J.P.G.; BRUNO, R.L.A. **Revista Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.5, n.3, p.397-404, 2001.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

SOUZA, E.A.; NEPTUNE, A.M.L. Resposta da cultura de *Ricinus communis* L. à adubação e calagem. **Científica**, Piracicaba, v. 4, n. 2, p. 274-281, 1976.

SOUZA, E.C.A.; NATALE, W. Efeito do boro e do zinco na cultura da mamoneira. **Científica**, Piracicaba, v.25, n.2, p. 327-333, 1997.

TÁVORA, F. J. A. **A cultura da mamoneira**. Fortaleza: EPACE, 1982.

TÁVORA, F.J.A.F.; MELO, F.I.O.; SILVA, F.P.; BARBOSA FILHO, M. Consorciação da mamona com culturas anuais de ciclo curto. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 19, n. 2, p. 85-94, 1988.

TEIXEIRA, I.R.; BORÉM, A.; SILVA, A.G.; KIKUTI, H. Fontes e doses de zinco no feijoeiro cultivado em diferentes épocas de semeadura - **Acta Scientiarum – Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 255-259, 2008.

TEIXEIRA, I.R.; MOTA, J.H.; SILVA, A.G. Consórcio de hortaliças. **Semina - Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 507-514, 2005.

TEIXEIRA, I.R.; SILVA, G.C.; OLIVEIRA, J.A.P.; TIMOSSI, P.C. Arranjos de plantas do feijoeiro-comum consorciado com mamona. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n.1, p.85-91, 2012.

TEIXEIRA, I.R.; TEIXEIRA, G.C.S.; TIMOSSI, P.C.; [SILVA, A.G.](#) Desempenho agrônômico de cultivares de feijão-comum consorciado com mamona. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n.1, p.55-61, 2011.

VALE, F. **Avaliação e caracterização da disponibilidade do boro e zinco contido em fertilizantes**. ESALQ: Piracicaba, 2001. 91p. Tese (Doutorado)

VALE, F.; ALCARDE, J.C. Extratores para avaliar a disponibilidade do zinco em fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 26, n.5, p.655-662, 2002.

VALE, F.R.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997.

VIEIRA, C. Cultivos consorciados. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa: UFV, p.493-528, 2006.

WANDER, A.E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.37, n.2, p.7-21, 2007.

WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) it particular reference to plant population. **Journal of Agricultural Science**, v.79, n. 6, p.571-29, 1972.