

WILLIAM FENNER

**OTIMIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS APLICADOS À CULTURA DO
FEIJOEIRO NO ESTADO DE MATO GROSSO - BRASIL**

TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL

2015

WILLIAM FENNER

**OTIMIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS APLICADOS À CULTURA DO
FEIJOEIRO NO ESTADO DE MATO GROSSO - BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Rivanildo Dallacort

TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL

2015

WILLIAM FENNER

**OTIMIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS APLICADOS À CULTURA DO
FEIJOEIRO NO ESTADO DE MATO GROSSO - BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 19 de fevereiro de 2015

Prof. D. Sc. Rivanildo Dallacort
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

Prof. D. Sc. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Prof. D. Sc. Flávio Carlos Dalchiavon
Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT

TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL

2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais, Erci Maria Fenner e Lucídio Griep Fenner, que são verdadeiros exemplos de humildade, perseverança e sabedoria, e a meus irmãos Adam Fenner e Richard Fenner, parceiros inigualáveis de todas as horas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de toda a sabedoria pelo dom da vida, por minha família, amigos, momentos difíceis e por todas as graças e bênçãos recebidas em todos os dias de minha vida.

A minha família, por todo apoio e incentivo incondicional durante todos os anos de minha existência.

A minha noiva Stéfany França da Silva, por todo o amor, incentivo, companheirismo, amizade e apoio incondicional nos momentos alegres e difíceis e sua mãe, Vera Lúcia Martins França da Silva por todo o apoio e auxílio.

Ao professor orientador D. Sc. Rivanildo Dallacort, por sua orientação, prontidão, incentivo e contribuição para meu amadurecimento profissional e pessoal, por sua amizade construída desde a graduação e por todo o auxílio prestado para que essa pesquisa se concretizasse.

A Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT e a todos os profissionais que nela trabalham agradeço a oportunidade e o apoio.

Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Ambientes e Sistemas de Produção Agrícola – PPGASP.

A todos os amigos e integrantes do Laboratório de Agroclimatologia e Horticultura que contribuíram em todos os momentos deste projeto: Cleonir de Andrade Faria Júnior; Esdras da Silva, Fabio Melo, Guilherme Bariviera, Henrique da Cruz Ramos, Heulon Diogo, João Danilo Barbieri, Karin Prestes, Karolina Ascari de Souza, Kássio de Marco, Ronaldo Coutinho Ribeiro, Thiago Garcia Villela e Thiago Oliveira.

A Erdenandes Evangelino de Campos e Luiz Marques da Silva – “Sucuri” (*In memoriam*), que trabalharam na construção de alvenaria dos lisímetros e ao Edejamil (Balanças Açores – Cambé – PR), que contribuiu para a montagem das balanças.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela contribuição com o fornecimento de bolsa de estudo.

A Dora Ana Pedrini Marcondes e Levi Pedrini pela colaboração no fornecimento de sementes para a pesquisa e ao Glauco pela recepção e esclarecimentos.

A todos que de alguma forma contribuíram para que esta pesquisa fosse concretizada, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	-
ABSTRACT	-
INTRODUÇÃO	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
ARTIGO 1 - Zoneamento de índices de satisfação de necessidade hídrica do feijoeiro para o Estado de Mato Grosso	11
ARTIGO 2 - Determinação do coeficiente duplo de cultivo do feijoeiro em Tangará da Serra, Mato Grosso	38
ARTIGO 3 - Lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio no feijoeiro em Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS	73

RESUMO

O Estado de Mato Grosso apresenta enorme potencial agrícola e é reconhecido por ser um dos maiores Estados produtores do mundo. No Estado é crescente o uso da irrigação na agricultura, principalmente nas culturas do feijão e arroz. Outro aspecto importante é que o mesmo é caracterizado por três importantes biomas que também atuam nos regimes hídricos de cada região. Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo a otimização dos recursos hídricos aplicados a cultura do feijoeiro no Estado de Mato Grosso. O trabalho é dividido em três capítulos sendo o primeiro o zoneamento de índices de satisfação de necessidade de água para a cultura do feijoeiro em todo o Estado com o auxílio de ferramentas de balanço hídrico e geotecnologias. Foram utilizados dados climáticos de 38 estações meteorológicas automáticas, e para cada estação foram determinados o índice de satisfação de necessidade de água para a cultura, no período de floração e enchimento de grãos, em 12 épocas de semeadura decendiais, de janeiro a abril, para três capacidades de água disponível no solo (CAD) (30, 50 e 75 mm). Para estes índices foram gerados e ajustados semivariogramas os quais foram interpolados por método de krigagem e classificados em três classes de aptidão ao cultivo. Observou-se que, com o avanço das épocas de semeadura o risco de cultivo aumenta principalmente nos solos de menor CAD. O sentido de deslocamento do regime hídrico é noroeste-sudeste, acompanhando as divisões dos biomas dentro do Estado. O segundo capítulo teve como objetivo a determinação do coeficiente duplo de cultivo da cultura do feijoeiro em lisímetros de pesagem por células de carga de alta precisão no município de Tangará da Serra - MT. Foram utilizados seis lisímetros com 2,25 m² cada, previamente calibrados para a determinação da evapotranspiração da cultura do feijoeiro, cultivar BRS Estilo. Utilizou-se de quatro microlisímetros de pesagem para a determinação diária do coeficiente de evaporação do solo. Com estas informações determinou-se e construiu-se a curva do coeficiente basal da cultura e do coeficiente de evaporação do solo. Nos primeiros dias após a emergência, a evaporação do solo é o maior determinante da evapotranspiração da cultura, o que se inverte quando a cultura atinge o máximo de desenvolvimento vegetativo. Com a maturação fisiológica e senescência a evaporação do solo começa a ter aumento gradativo, no entanto, com menor intensidade que no início do ciclo. Por fim, o terceiro capítulo teve por objetivo verificar a influência de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro. Foram utilizados quatro lâminas de irrigação (30, 70, 110 e 150 % da ETo) e cinco doses de N aplicados aos 35 dias após a emergência (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹). O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão convencional com coeficiente de uniformidade de 85 % com 30 mca de pressão de trabalho. Houve interação significativa entre as lâminas de irrigação e doses de nitrogênio para os principais componentes de produção.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, Geotecnologias; Lisímetro; Irrigação; Adubação Nitrogenada.

ABSTRACT

The State of Mato Grosso has enormous agricultural potential and is recognized as one of the largest producing states in the world. In the state is increasing the use of irrigation in agriculture, especially in cultures of beans and rice. Another important aspect in the state is that it is characterized by three major biomes that also operate in the water systems of each region. Given the above, this research aims at optimization of water resources applied to bean crop in the State of Mato Grosso. The work is divided into three chapters and the first is the zoning of water requirement satisfaction index for the bean crop in the entire state of Mato Grosso with the aid of water balance and geotechnology tools. For the same, were used climatic data of 38 automatic weather stations and for each station were determined the water requirement satisfaction index for the bean in the period of flowering and grain filling, in 12 sowing dates decennial of January-April for three available water capacity in the soil (CAD) (30, 50 and 75 mm). For these indices were generated and adjusted semivariogram which were interpolated by kriging method and classified into three classes of cultivation. It was observed that with the advancement of sowing dates the risk of cultivation increases mainly in the soils of lower CAD. The displacement direction of the water regime is northwest-southeast, following the divisions of biomes within the state. The second chapter aimed to determine the coefficient of cultivation double of bean crop in lysimeters of weighing by high precision load cells in Tangará da Serra municipality - MT. Six lysimeters were used with 2.25 m² each, calibrated to determine the bean crop evapotranspiration, BRS Estilo. We used four weighing microlysimeters for daily determination of soil evaporation coefficient. With this information was determined and built up the curve of the coefficient baseline of culture and soil evaporation coefficient. In the first days after emergence, the soil evaporation is the major determinant of crop evapotranspiration, which is reversed when the culture reaches maximum vegetative growth. With physiological maturation and senescence soil evaporation begins to have a gradual increase, however less intensively than in the beginning of the cycle. Finally, the third chapter aimed to verify the influence of irrigation levels and nitrogen rates in covering in the bean crop. Four irrigation levels were used (30, 70, 110 and 150 % of ETo) and five doses of N applied at 35 days after emergence (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹). The irrigation system was used with conventional spray, uniformity coefficient of 85 % with 30 mca working pressure. There was a significant interaction between irrigation levels and nitrogen levels for the main production component.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, Geotechnologies; Lysimeter; Irrigation; Nitrogen Fertilization.

INTRODUÇÃO GERAL

A dinâmica acerca do processo de produção agrícola abrange uma série de questões relacionadas às práticas de cultivo. A produção agrícola contrasta atualmente com a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente, gerando embates entre entidades de produção e de preservação.

Os maiores problemas enfrentados são por excesso ou falta de água aplicada, aplicação insuficiente em períodos de maior demanda pelas culturas em épocas inadequadas, comprometendo assim a sustentabilidade econômica, social e ambiental da agricultura.

Os danos causados por veranicos e variabilidade climática podem ser minimizados com a utilização de ferramentas como o zoneamento agroclimático, para que sejam identificadas as melhores épocas de cultivo. Diversas são as pesquisas utilizando a krigagem em dados climáticos com o objetivo da espacialização dos mesmos para a identificação de regiões mais favoráveis ao cultivo agrícola (ÁVILA; MELLO; VIOLA, 2009; MELLO et al., 2003; MELLO et al., 2008; MOUSINHO et al., 2006; VIOLA et al., 2010).

Farias et al. (2001) alertam que as informações geradas devem ser utilizadas de forma responsável e que este tipo de estudo deve estar em constante aprimoramento, revisão e atualização. Os autores realizaram a caracterização da ocorrência de déficit hídrico na cultura da soja para as regiões produtoras do Brasil, utilizando a simulação do balanço hídrico, estimativas do índice de satisfação de necessidade de água (ISNA), a interpolação e a geoestatística.

Outro aspecto importante é o manejo correto do uso da água pelas culturas em cultivos irrigados, pois o processo de evapotranspiração é fundamental na identificação de épocas mais favoráveis ao cultivo, como também época apta à realização de tratamentos culturais, como a semeadura, pulverizações e fertilização (FARIA; CAMPECHE; CHIBANA, 2006; MENDONÇA et al., 2003; SANTOS et al., 2008). Desta maneira, o cenário agrícola atual exige cada vez mais soluções tecnológicas que otimizem a produção de alimentos reduzindo os custos de produção, devido as culturas agrícolas serem altamente dependentes das condições ambientais.

No entanto, o conhecimento local dos valores de demanda hídrica da cultura, conhecidos também como coeficiente de cultivo (kc), é muito importante para otimizar os cultivos, minimizando os riscos e os desperdícios de água e insumos. Para tanto,

os lisímetros são instrumentos fundamentais para a determinação correta do consumo hídrico de culturas em uma região (CARVALHO et al., 2007; FARIA; CAMPECHE; CHIBANA, 2006). Segundo pesquisas já realizadas em regiões de Cerrado, os valores de kc tendem a ser maiores do que os demais coeficientes encontrados na literatura até então, surgindo assim a necessidade da investigação a respeito deste assunto para a sua confirmação (GUERRA et al., 2003).

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa é a otimização dos recursos hídricos aplicados à cultura do feijoeiro no Estado de Mato Grosso, o qual foi dividido em três capítulos. O primeiro artigo, consiste no zoneamento dos índices de satisfação de necessidade de água da cultura do feijoeiro para o Estado de Mato Grosso. O segundo, tem por objetivo a determinação do coeficiente duplo de cultivo do feijoeiro para a região de Tangará da Serra. O terceiro, tem como objetivo o estudo de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro comum.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Mapeamento da precipitação mínima provável para o sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 906-915, 2009. Suplemento.

CARVALHO, D. F. et al. Instalação, calibração e funcionamento de um lisímetro de pesagem. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 363-372, maio/ago. 2007.

FARIA, R. T.; CAMPECHE, F. S. M.; CHIBANA, E. Y. Construção e calibração de lisímetros de alta precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 237-242, mar. 2006.

FARIAS, J. R. B. et al. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 415-421, ago. 2001.

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; ROCHA, O. C.; EVANGELISTA, W. Necessidade hídrica no cultivo de feijão, trigo, milho e arroz sob irrigação no bioma Cerrado, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 15 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 100).

MELLO, C. R. et al. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 925-933, set./out. 2003.

MELLO, C. R.; et al. Continuidade espacial de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 532-539, mar./abr. 2008.

MENDONÇA, J. C. et al. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 275-295, maio/ago. 2003.

MOUSINHO, F. E. P. et al. Variabilidade espacial dos percentis 75 da precipitação pluvial anual para o Estado do Piauí. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 178-187, abr./jun. 2006.

SANTOS, F. X. et al. Desempenho de lisímetro de pesagem hidráulica de baixo custo no semiárido nordestino. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 115-124, jan./mar. 2008.

VIOLA, M. R. et al. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 970-978, set. 2010.

ZONEAMENTO DE ÍNDICES DE SATISFAÇÃO DE NECESSIDADE HÍDRICA DO FEIJOEIRO PARA O ESTADO DE MATO GROSSO

[Revista INTERCIENCIA]

RESUMO

O Estado de Mato Grosso apresenta ampla biodiversidade, sendo composto por três grandes biomas que contrastam com o avanço da agricultura. Estudos são fundamentais na conservação e manutenção desta riqueza. O objetivo deste trabalho foi realizar o zoneamento agroclimático da cultura do feijoeiro para o Estado de Mato Grosso em segunda safra. Utilizou-se de dados de 38 estações meteorológicas distribuídas no Estado e em regiões limítrofes. O zoneamento foi realizado com base nos índices de satisfação de necessidade de água (ISNA) para a cultura do feijoeiro, para as três CAD (Capacidade de Água Disponível) dos solos do Estado (30, 50 e 75 mm), para 12 épocas de semeadura (01 de janeiro a 30 de abril). Gerados os índices para os municípios, procedeu-se ao ajuste de variogramas para possibilitar a interpolação dos dados para o Estado. Os dados foram inseridos no ArcGIS™ 10.0 e o método interpolador krigagem ordinária foi o utilizado. Gerados os mapas, recortou-se e classificou-se para o Estado de Mato Grosso as seguintes classes de ISNA: Apta ($ISNA \geq 0,65$); Restrita ($0,55 < ISNA < 0,65$) e Inapta ($\leq 0,55$) para a fase de florescimento e enchimento de grãos. Foi possível a interpolação apenas do decêndio 8 ao 12, pois do 1 ao 7, todas as regiões do Estado são aptas ao cultivo considerando temperatura e precipitação. O comportamento da aptidão das épocas de semeadura é semelhante ao deslocamento das massas de ar atuantes no Estado, com sentido de deslocamento noroeste-sudeste.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*; Geotecnologias; Geoestatística; Épocas de semeadura; Índices de satisfação de necessidade hídrica.

ZONING OF INDEX SATISFACTION WATER NECESSITY FOR BEAN OF STATE MATO GROSSO

ABSTRACT

The State of Mato Grosso has a wide biodiversity, is composed of three major biomes that contrast with the advance of agriculture. Studies are essential to the conservation and maintenance of this wealth. The aim of this study was the agroclimatic zoning of bean crop in the State of Mato Grosso in the second harvest. We used data from 38 meteorological stations in the state and in neighboring regions. The zoning was based on water requirement satisfaction index (ISNA) for the bean crop, for the three CAD (water holding capacity) of state land (30, 50 and 75 mm) in 12 seasons sowing (January 1 to April 30). Generated the indexes for municipalities, we proceeded to adjustment of the variogram the data to enable interpolation of data for the state. Data were entered into ArcGIS™ 10.0 and the interpolation method ordinary kriging was used. Generated maps clipped them to the State of Mato Grosso and classified them in the following classes of ISNA: suitable ($ISNA \geq 0.65$); Restricted ($0.55 < ISNA < 0.65$) is unsuitable (≤ 0.55) for the flowering stage and grain filling. was unable the interpolation of only decendials 8 to 12, for the 1 to 7, all regions of the state are able to cultivation, considering temperature and precipitation. The behavior of the aptitude of sowing dates is similar to the displacement of the active air masses in the state, with a sense of northwest-southeast displacement.

KEY WORDS: *Phaseolus vulgaris*; *Geotechnology*; *Geostatistics*; *Sowing dates*; *Water requirement satisfaction index*.

Introdução

O Estado de Mato Grosso localiza-se na região Centro-Oeste do Brasil e possui uma área de 903.357,91 km², tendo como limites a Bolívia e abrangendo os Estados do Pará, Amazonas, Tocantins, Goiás, Mato Grosso do Sul e Rondônia, 141 municípios e 25 microrregiões (Seplan – MT, 2011).

A Amazônia, o Cerrado e o Pantanal são os biomas que compõem o Estado com 53,6, 39,6 e 6,8 % cada, respectivamente. Atualmente possui um total de 75 terras indígenas, 44 unidades de conservação municipais, 42 estaduais e 19 federais caracterizadas como reservas, parques, bosques, estações ecológicas e reservas de

patrimônio particular – RPPN (Seplan – MT, 2011). Um contraste com esta biodiversidade é a produção agrícola, crescente no Estado, que ocupa as áreas de vegetação natural ao lado da pecuária extensiva.

Mato Grosso destaca-se como o principal produtor agrícola nacional. A soja, o algodão, o arroz, o milho e o feijão (segunda safra) são as principais culturas produzidas, sendo o Estado o maior produtor brasileiro em segunda safra de feijão, ultrapassando a produção de 117.000 toneladas da leguminosa. Entretanto, a busca por tecnologias que agreguem aumento de produtividade com conservação da biodiversidade tem sido alvo de pesquisas científicas (Conab, 2014).

Desta maneira, o cenário agrícola atual exige cada vez mais soluções tecnológicas que otimizem a produção de alimentos, reduzindo os custos de produção, devido às culturas agrícolas serem altamente dependentes das condições ambientais. Com esse objetivo, a geoestatística, os GIS's (Geographic Coordinates System) também conhecidos como SIGs e modelos de simulação têm sido amplamente utilizados por pesquisadores.

Segundo Yamamoto e Landim (2013), a geoestatística é uma subárea da estatística que estuda as variáveis regionalizadas, como distribuição de dados de clima a variabilidade de minérios e petróleo. Os professores Georges Matheron e Daniel G. Krige são os responsáveis pela criação da geoestatística, publicando trabalhos pioneiros a partir dos anos de 1960. Desde então, o aprimoramento e as aplicações cresceram exponencialmente, sendo estudada por pesquisadores do mundo inteiro. Cressie (1990), também reporta a importância da geoestatística e do método interpolador Krigagem, sendo o mesmo aplicável nas áreas de mineração, meteorologia, estatística e demais áreas do conhecimento.

Recentemente, trabalhos têm sido realizados utilizando a geoestatística para a espacialização de dados meteorológicos. Um método interpolador que tem se sobressaído aos demais é a Krigagem, dentre os quais podemos citar Mello *et al.* (2003), Mousinho *et al.* (2006), Mello *et al.* (2008), Ávila *et al.* (2009) e Viola *et al.* (2010).

As informações geradas devem ser utilizadas de forma responsável e este tipo de estudo deve estar em constante aprimoramento, revisão e atualização (Farias *et al.*, 2001). Estes autores realizaram a caracterização da ocorrência de déficit hídrico na cultura da soja para as regiões produtoras do Brasil, utilizando a simulação do

balanço hídrico, estimativas do Índice de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA), a interpolação e a geoestatística.

O zoneamento agroclimático criado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA em 1996 tem diversas e relevantes aplicações, tais como na concessão de crédito rural e ferramenta de políticas públicas, como o PROAGRO – Programa de Garantia da Atividade Agropecuária que desde 1997 observa as recomendações do zoneamento para enquadrar os empreendimentos agrícolas (Mapa, 2013).

Entre as culturas em expansão no Estado de Mato Grosso tem-se o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultura altamente dependente de condições climáticas e cultivadas em segunda safra, com aumento de área crescente. Daí surge à necessidade de geração de produtos de auxílio prático a produtores e órgãos competentes.

O cultivo do feijão é diretamente influenciado pelas condições edafoclimáticas, desta forma prejudicado principalmente por deficiência ou excedente hídrico, sendo uma opção ao crescente cultivo irrigado no Estado. Estas características são fundamentais para a determinação de regiões aptas ao cultivo. A temperatura ótima para o desenvolvimento do feijoeiro é de 21 °C com faixa entre 15 e 29 °C. Quanto a umidade do solo, a fase do cultivo mais prejudicada pela deficiência hídrica é o início da floração/enchimento de grãos (período reprodutivo), seguida de enchimento de grãos e germinação/emergência (Andrade *et al*, 2006).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi realizar o zoneamento agroclimático da cultura do feijoeiro para o Estado de Mato Grosso, em segunda safra, por meio do uso da ferramenta SIG e da geoestatística.

Material e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido no laboratório de Agrometeorologia e Pesquisa, vinculado ao Centro de Pesquisas, Estudos e Desenvolvimento Agroambientais – CPEDA, pertencente à Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, *Campus* universitário de Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso.

Utilizou-se de dados decendiais de precipitação pluvial e de temperatura (máxima, média e mínima) de um total de 38 estações meteorológicas localizadas no Estado de Mato Grosso e arredores. Estes dados foram disponibilizados pelo site

Agritempo, pertencente à EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, que contém dados de estações do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), do CPETEC (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos) e da SEDAM (Secretaria de Estado e Desenvolvimento Ambiental - RO).

Os dados apresentam um mínimo de 12 anos de observações meteorológicas (2000 a 2012) e foram inseridos no *Software* CLIMA (Faria *et al*, 2003) para análise e verificação de consistência e preenchimento de falhas nos dados observados. A localização das estações está apresentada na Figura 1.

Para a realização dos mapas de zoneamento agroclimático foram espacializados os ISNA que variam de zero a um e indicam a relação entre a quantidade de água e a demanda para que se garanta a máxima produtividade, utilizando-se as classes de aptidão para a maioria das culturas que são as seguintes: a) Apta ($ISNA \geq 0,65$); b) Restrita ($0,55 < ISNA < 0,65$) e c) Inapta ($\leq 0,55$) (Farias *et al*, 2001). Os valores de ISNA foram obtidos por meio da relação entre a evapotranspiração real da cultura e a potencial de referência, utilizando-se uma planilha em ambiente EXCEL™, desenvolvida por Rolim *et al*. (1998) sendo os mesmos comparados com o estágio crítico da cultura (15 dias antes da floração até o enchimento de grãos) segundo Andrade *et al*. (2006).

Os valores de ISNA foram calculados para 12 épocas de semeadura na qual foram considerados os decêndios como as épocas (01 de janeiro a 30 de abril) para as três CAD do solo (30, 50 e 75 mm) segundo a classificação de Sans *et al*. (2001).

Após a devida verificação e tabulação dos dados, foram ajustados semivariogramas selecionando o modelo que melhor se ajustou, segundo os parâmetros 'C₀' (efeito pepita), 'C₀ + C₁' (patamar), 'a' (alcance) e Grau de Dependência Espacial (GDE) que é obtido pela razão entre o efeito pepita e o patamar ($C_1 / C_0 + C_1$) e que segundo a classificação proposta por Dalchiavon *et al*. (2012) o GDE ou ADE (Avaliador de Dependência Espacial) é interpretado da seguinte forma: $ADE < 20\%$ = muito baixa dependência espacial da variável (MB); $20\% < ADE < 40\%$ = baixa dependência (BA); $40\% < ADE < 60\%$ = média dependência (ME); $60\% < ADE < 80\%$ = alta dependência (AL) e $80\% < ADE < 100\%$ = muito alta dependência (MA).

Em seguida, os mesmos foram importados para o *Software* ArcGIS™ for Desktop versão 10.0 desenvolvido pela ESRI (Environmental Systems Research Institute) e o modelo interpolador utilizado foi a Krigagem ordinária, que é o mais

utilizado para este tipo de estudo. Após a interpolação pelo melhor modelo procedeu-se a geração de mapas de zoneamento de classes de risco de semeadura para o Estado de Mato Grosso. Mais detalhes sobre a construção e ajuste de semivariogramas podem ser encontrados em Mousinho *et al.* (2006), Schaffrath *et al.* (2008) e Dalchiavon *et al.* (2012).

Resultados e Discussão

Em consonância ao que foi proposto serão apresentados a média da precipitação decendial, os valores de ISNA para as épocas em que se verificou a dependência espacial, o grau de dependência espacial e erro quadrático médio, bem como os semivariogramas ajustados e por fim, os mapas de ISNA do feijoeiro segunda safra para o Estado de Mato Grosso.

Os valores de precipitação foram apresentados somente a partir do decêndio 8, devido ao fato de os valores de precipitações anteriores a este decêndio serem aptas ao cultivo do feijoeiro em todo o Estado de Mato Grosso e também por considerar-se para a determinação das regiões aptas ao cultivo a fase crítica da cultura (florescimento/enchimento de grãos), que ocorre em média aos 45 dias após a semeadura.

Observa-se que os valores de precipitação decrescem acentuadamente a partir do decêndio 12 (29,10 mm), sendo os menores valores registrados no decêndio 19 (4,61 mm) (Tabela 1). Para os desvios padrão, os valores extremos foram 21,44 e 6,46 mm nos decêndios 8 e 17, respectivamente.

É notável que o desvio padrão no entorno da média é menor nos decêndios de menor precipitação. Isso se justifica pelo fato de essas épocas caracterizarem a estação seca em todo o Estado de Mato Grosso, registrando-se menores acumulados de precipitação, o que não acontece no período chuvoso, que devido ao movimento de massas de ar atuantes sobre o Estado, provoca uma maior variabilidade das médias pluviométricas, gerando uma maior aleatoriedade nos dados, aumentando consequentemente, o desvio nos mesmos.

Segundo Marcuzzo *et al.* (2011), o Estado de Mato Grosso apresenta características intrínsecas de vegetação e relevo que aumentam a variabilidade e distribuição da sua precipitação. Segundo os mesmos autores, a estação da seca,

onde são registrados os menores acumulados de precipitação, é de maio a setembro, iniciando a estação chuvosa a partir do mês de outubro.

De uma forma geral, os valores de ISNA permaneceram próximos a unidade do decêndio 1 ao 7 (Tabela 2), decrescendo a partir deste até o decêndio 12, no qual o desenvolvimento do feijoeiro é restringido pelo déficit hídrico, sendo necessário para o mesmo a adoção de técnicas de irrigação, o que está em ascendência no Estado.

Em todos os decêndios os valores de ISNA apresentaram-se como aptos ao cultivo para a CAD de 75 mm, exceto para o decêndio 11 (restrito) e 12 (inapto) da CAD de 30 mm, 12 (restrito) na CAD 50 mm. Em todas as CADs os desvios padrão foram maiores à medida que os valores de ISNA diminuíram, evidenciando o início do período de seca e a distribuição da precipitação no Estado, que é estritamente regional, principalmente nos períodos de transição entre a estação seca e chuvosa, causando maior variação nos valores de precipitação (Tabela 2).

Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes dos semivariogramas ajustados bem como os erros quadráticos médios (RMSE) e GDE do decêndio 08 ao 12, devido ao fato de que somente nestes observou-se continuidade espacial nos dados.

De acordo com esta classificação e considerando os índices propostos por Dalchiavon e Carvalho (2012), na CAD de 30 mm, as épocas 09 e 10 apresentam muito alta dependência espacial, as demais (épocas 08, 11 e 12) alta dependência espacial com valor médio de RMSE de 0,13. Para a CAD de 50 mm a dependência espacial é muito alta somente para a época 8, sendo as demais épocas (09, 10, 11 e 12) alta para a variável (valores de ISNA) e RMSE médio de 0,11. Por fim, na CAD de 75 mm a época 8 apresentou muito alta dependência espacial enquanto que as demais épocas (09, 10, 11 e 12) apresentaram alta dependência espacial e RMSE médio de 0,090 (Tabela 3).

Os menores valores de RMSE foram observados na CAD de 75 mm, isto se deve ao menor desvio dos dados, o que é representado também no GDE dos semivariogramas ajustados, que foram menores na mesma CAD. Soares *et al.* (2008) e Xavier *et al.* (2010), verificaram que quanto menor for o RMSE, melhor será o ajuste dos dados ao modelo interpolador, possibilitando desta forma a interpolação destes dados por krigagem ordinária.

Os modelos ajustados para os valores de ISNA da CAD de 30 mm no Estado de Mato Grosso estão apresentados na Tabela 3 e Figura 2.

De acordo com as classes para GDE propostas por Dalchiavon *et al.* (2012), as épocas 08, 11 e 12 são classificadas como alta dependência espacial e as épocas 9 e 10, apresentando muito alta dependência espacial da variável. Tais resultados indicam bom ajuste dos dados, sendo possível a realização da krigagem dos mesmos.

Já para a CAD de 50 mm, os dados estão apresentados na Figura 3 e Tabela 3.

Com base na classificação de níveis de dependência espacial de Dalchiavon *et al.* (2012), os valores de GDE da época de semeadura 8 apresenta muito alta dependência espacial (Figura 3), sendo os demais classificadas como alta dependência espacial ($60\% < ADE < 80\%$).

Na Figura 4, são observados os semivariogramas ajustados para a CAD de 75 mm. Da época 9 a 12, os dados apresentam alta dependência espacial, sendo muito alta dependência espacial somente para a época de semeadura 8, evidenciando assim um bom ajustes dos dados a variável ISNA.

Segundo Corá *et al.* (2004), Lemos Filho *et al.* (2008) e Schaffrath *et al.* (2008), o efeito pepita (C_0) é uma forma de representação de variância não explicada na escala em que a amostragem foi realizada ou ao acaso. Diante disso, a rede de estações utilizadas não é suficiente para detectar variabilidade no Estado considerando a CAD de 75 mm para os valores de ISNA, não sendo indicada a interpolação dos dados pelo método de krigagem.

Apesar de os dados de temperatura e precipitação iniciais utilizados para o cálculo do ISNA apresentarem grande variabilidade espacial (Tabelas 1 e 2), pois a pesquisa abrangeu todo o Estado de Mato Grosso e o mesmo é caracterizado por três biomas, os semivariogramas construídos apresentaram valores de GDE (Grau de Dependência Espacial) satisfatórios, sendo classificados em alta e muito alta dependência espacial.

Resultados semelhantes foram obtidos por Ávilla *et al.* (2009), que encontraram valores de GDE entre 53 e 79% para a precipitação mensal do Estado de MG, nos meses de outubro a março. Assad *et al.* (2003), concluíram que os métodos geoestatísticos podem ser usados na espacialização de ISNA, com modelos de melhores ajustes, o esférico na maioria das vezes e o exponencial.

Na Figura 5, estão apresentados os mapas do zoneamento do feijoeiro para as épocas de semeadura de 08 a 12.

Para as épocas de semeadura 01 a 07, não houve variabilidade espacial para os valores de ISNA, sendo assim as épocas de 01 a 07 consideradas aptas ($ISNA > 0,65$) para todo o Estado de Mato Grosso na CAD de 30 mm.

Percebe-se que as regiões concentradas a noroeste do Estado são as últimas a entrarem na classe restrita e inapta para a semeadura do feijoeiro (Figura 5), sendo o contrário observado a Sudeste em que, estas regiões são as primeiras a apresentarem a classe restrita e inapta para a cultura do feijoeiro. A partir da época de semeadura 10, regiões inaptas ao cultivo aumentam consideravelmente no Estado, devido principalmente ao fim do período chuvoso, característico nestas épocas.

Este comportamento característico observado é devido possivelmente ao avanço e retrocesso das chuvas no Estado, uma vez que as mesmas iniciam-se na região norte e noroeste e à medida que a estação chuvosa avança, as chuvas deslocam-se para o interior do Estado até chegarem a leste e sul. Desta forma, a região norte onde se concentra a bacia Amazônica é uma das primeiras a receber as chuvas quando as mesmas se iniciam no fim de setembro e início de outubro e umas das últimas a cessar o período chuvoso, comportamento este claramente observado nos mapas (Figura 5). Quando o período chuvoso se aproxima do fim, as chuvas diminuem consideravelmente nas regiões leste e sul e retrocedem da mesma forma que iniciaram, mas de forma contrária, ou seja, as regiões norte e noroeste serão as últimas a cessarem as chuvas e nestas são observados os maiores acumulados pluviométricos.

Este comportamento, também notado por Silva e Assad (2001) e Marcuzzo *et al.* (2011), e estes últimos trabalharam com a distribuição e sazonalidade das chuvas no Estado de Mato Grosso utilizando dados de 75 postos pluviométricos da Agência Nacional da Águas (ANA) em um período de 30 anos de observações e constataram que as chuvas no Estado deslocam-se do sentido Noroeste para o Sudeste. Isto se deve possivelmente pela ação dos mecanismos atmosféricos atuantes sobre o Estado, na primavera e no verão as massas de ar equatorial, especificamente, influenciam diretamente no comportamento das chuvas.

Outra explicação plausível para este comportamento é a vegetação do Estado, visto que o mesmo é composto por três grandes biomas (Amazônia, Cerrado e Pantanal) em que, na Amazônia devido aos maiores índices de umidade predispõe a maiores acumulados pluviométricos, seguido pelo Cerrado e o Pantanal, que os índices pluviométricos são menores. O estudo do comportamento da chuva se faz

importante uma vez que influencia diretamente o desenvolvimento da cultura do feijoeiro para as diferentes épocas de semeadura no Estado.

Na Figura 6 estão apresentados os mapas de zoneamento do feijoeiro no Estado de Mato Grosso para as épocas de semeadura de 8 a 12 para a CAD de 50 mm.

Semelhante ao observado para a CAD de 30 mm (Figura 5), mas com intensidade menor para a CAD de 50 mm (Figura 6) é a distribuição das classes de risco de semeadura para a cultura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso. Percebe-se que as regiões inaptas ($ISNA < 0,55$) existem nas épocas de semeadura 09, 10, 11 e 12, sendo a época 09 com baixa intensidade, apenas no centro leste do Estado. Tal comportamento pode ser explicado devido considerar-se uma maior quantidade de água disponível no solo, o que reflete no balanço hídrico e consequentemente nos valores de ISNA.

Desta forma, o aumento da disponibilidade de água favorece o desenvolvimento vegetal com menor risco. Nas épocas de semeadura iniciais, onde o período chuvoso ainda é pleno, há uma maior disponibilidade de água, elevando os valores de ISNA, pois como dito anteriormente, o mesmo é relacionado a oferta pluviométrica e ao armazenamento de água no solo, acarretando a não variabilidade do atributo, sendo o efeito pepita maior que a variabilidade espacial dos valores de ISNA (Assad *et al*, 2003).

Evidenciando a importância do regime hídrico sobre as culturas agrícolas, Carvalho *et al.* (1998), avaliando diferentes épocas de semeadura para a cultura do feijoeiro em função de espaçamentos diferentes em Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, verificaram a influência significativa da época de semeadura do feijoeiro em relação a sua produtividade, bem como a interação entre épocas de semeadura e espaçamentos. Os autores atribuíram como explicação a este fato, a extrema sensibilidade da cultura do feijoeiro em relação a variabilidade de clima.

Na Figura 7 apresenta-se o zoneamento da cultura do feijoeiro e classes de risco de semeadura com base na espacialização de índices de satisfação de necessidade hídricas para o Estado de Mato Grosso para a CAD de 75 mm.

O comportamento se repete novamente, sendo maior a presença de áreas aptas ($ISNA > 0,65$) ao cultivo no Estado. A presença de classes inaptas se restringe apenas do Nordeste a Sudeste do Estado, com maior expressão nas épocas de semeadura 11 e 12, com predominância de áreas aptas na maior parte do Estado.

Apesar da ocorrência da dependência espacial e a possibilidade de interpolação dos dados por krigagem, a explicação para os mapas das épocas 8 e 9 estarem todos aptos para o cultivo de feijão considerando a CAD de 75 mm, é devido ao baixo número de estações meteorológicas localizadas no Estado (Corá *et al*, 2004; Schaffrath *et al*, 2008), não identificando assim variabilidade dentro do mesmo, haja vista que, na presente pesquisa foram utilizados dados de estações circunvizinhas ao Mato Grosso, para que fosse possível a interpolação dos dados para uma área maior que a do Estado e posterior recorte do mesmo.

De maneira geral, o comportamento espacial das classes de risco para o Estado de Mato Grosso, assemelha-se muito para as três CAD (Figuras 5, 6 e 7), sendo os mesmos influenciados fortemente pelos deslocamentos das massas de ar atuantes sobre o Estado e também os biomas que o compõe Amazônia, Cerrado e Pantanal (Rosa *et al*, 2007; Marcuzzo *et al*, 2011).

O grau de dependência espacial não é maior, possivelmente, pelo número de estações meteorológicas em Mato Grosso que é bastante reduzido quando comparado a outros Estados, principalmente os das regiões Sul e Sudeste, bem como pelo fato de a precipitação média do Estado de Mato Grosso distribuir-se de forma desigual ao longo do mesmo durante o ano, o que é atribuído, principalmente, aos biomas nele presentes, causando zonas de convergências entre biomas, aleatorizando ainda mais os dados (Rosa *et al*, 2007; Marcuzzo *et al*, 2011).

Em trabalho de mapeamento da precipitação para o sul do Estado de Minas Gerais por meio de técnicas geoestatísticas, Ávila *et al*. (2009), verificaram a influência da vegetação e da transição entre períodos de seca e chuva na variabilidade da precipitação para a região em estudo. Os dados gerados serviriam de subsídio aos agricultores na tomada de decisão quanto as épocas de semeadura, manejo do solo e aplicações em dimensionamentos de sistemas de irrigação.

O total de áreas inaptas, restritas e aptas do Estado de Mato Grosso, considerando apenas as áreas disponíveis, ou seja, desconsiderando no somatório áreas protegidas por lei, reservas indígenas, áreas de preservação permanente e áreas urbanas, representa um total de 694854,67 km². O total apto para cada CAD nas diferentes épocas de semeadura está apresentado na Tabela 4. A CAD de 75 mm representa a maior parte do Estado com 540052,81 km², seguida da CAD de 30 mm com 153952,04 km² e da CAD de 50 mm com 849,81 km².

É evidente a diferenciação de risco climático em tipos de solo e épocas de semeadura, o que ratifica a importância de estudos de zoneamento para diferentes épocas de semeadura. Para solos de baixa capacidade de armazenamento de água (30 mm), o risco climático é maior, enquanto que para solos de alta capacidade de armazenamento de água (CAD 75 mm) o desenvolvimento vegetal é assegurado pelo aporte hídrico disponibilizado pelo solo, mesmo em períodos de transição entre estação chuvosa e seca (Tabela 4).

É altamente importante considerar a CAD, pois o risco climático diminui drasticamente quando há um aumento da água disponível no solo, devendo sempre considerar a interação entre o solo e o clima para a determinação do risco mencionado (Sans *et al*, 2001).

Enfatiza-se ainda que apesar de uma área for classificada como inapta ao cultivo, não significa que a mesma não seja útil, ou não possa ser cultivada, pois com a adoção de tecnologias adequadas, como a irrigação, é possível cultivá-la tornando-a produtiva, com os riscos de quebras de safra reduzidos de forma significativa.

Segundo Sans *et al.* (2001), com o conhecimento da heterogeneidade das precipitações no Estado de Mato Grosso e levando em consideração os diferentes tipos de solo, é possível estabelecer estratégias de manejo mais adequadas para os cultivos, minimizando os riscos, principalmente nos estádios de desenvolvimento da cultura mais suscetíveis a variações na disponibilidade hídrica, otimizando a produção e racionalizando recursos, especialmente os naturais.

Conclusões

Para os decêndios de semeadura 1 ao 7 independente da CAD, todo o Estado de Mato Grosso é apto ao cultivo do feijoeiro de segunda safra considerando os índices de satisfação de necessidade de água.

Todo o Estado de Mato Grosso é apto ao cultivo nas épocas 8 (CAD 30 mm), 8 e 9 (CAD 50 e 75 mm). O Estado apresenta áreas restritas a partir da época de semeadura 9 (CAD 30 mm), 10 (CAD 50 e 75 mm). Regiões inaptas ao cultivo são observadas a partir da época 9 (CAD 30 mm), 10 (CAD 50 mm) e 11 (CAD 75 mm) com maiores valores em épocas de semeadura mais tardias.

O comportamento dos valores dos índices de satisfação de necessidade de água nas diferentes épocas de semeadura e capacidades de água disponível do solo

assemelha-se ao deslocamento das massas de ar no Estado, acompanhando o regime pluviométrico, com sentido noroeste a sudeste.

Este estudo de zoneamento agroclimático serve de subsídio a autoridades públicas e ao setor agropecuário, sendo importante levar em consideração suas informações na elaboração de planos agropecuários e tomadas de decisão, como para o preparo do solo e definição de épocas de semeadura para a região de estudo.

As áreas em que o cultivo é restrito ou inapto podem ser utilizadas com a adoção de técnicas que aperfeiçoem os cultivos, como a utilização de sistema de irrigação.

Agradecimentos

Ao auxílio financeiro do projeto de pesquisa Aplicação e transferência de tecnologias na otimização de sistemas agrícolas sustentáveis, Processo CNPq 564112/2010-0, edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

Referências Bibliográficas

Andrade MJB, Carvalho AJ, Vieira NMB (2006) *Feijão*. Editora UFV 2: Viçosa, Brasil, 600 pp.

Assad ED, Macedo MA, Zullo Júnior J, Pinto HS, Brunini O (2003) Avaliação de métodos geoestatísticos na espacialização de índices agrometeorológicos para definir riscos climáticos. *Pesq. Agropec. Bras.* 38: 161-171.

Ávila LF, Mello CR, Viola MR (2009) Mapeamento da precipitação mínima provável para o sul de Minas Gerais. *Ver. Bras. de Eng. Agríc. e Amb.* 13: 906–915.

Carvalho MAC, Arf O, Sá ME (1998) Efeito do espaçamento e época de semeadura sobre o desempenho do feijão. I. Produção de semente. *Rer. Bras. de Sem.* 20: 195-201.

Conab (2014) Companhia Nacional de Abastecimento Feijão: Série histórica de produção http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos. (Cons. 12/12/2014).

Corá JE, Araújo AV, Pereira GT, Beraldo JMG (2004) Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura da cana-de-açúcar. *Rev. Bras. de Ciên. do Solo* 28: 1013-1021.

Cressie N (1990) The origins of Kriging. *Mathem. Geol.* 22: 239-252.

Dalchiavon FC, Carvalho MP (2012) Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. *Semina* 33: 541-552.

Dalchiavon FC, Carvalho MP, Andreotti M, Montanari R (2012) Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob sistema plantio direto. *Rev. Ciên. Agron.* 43: 453-46.

Faria RT, Caramori PH, Chibana EY, Brito LRS, Nakamura AK, Ferreira AR (2003) CLIMA – Programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. *Rev. Eng. Agríc.* 23: 372-387.

Farias JRB, Assad ED, Almeida IR, Evangelista BA, Lazzarotto C, Neumaier N, Nepomuceno AL (2001) Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. *Rev. Bras. de Agrometeorol.* 9: 415-421.

Lemos Filho LCA, Oliveira EL, Faria MA, Andrade LAB (2008) Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). *Rev. Ciên. Agron.* 39: 193-202.

Marcuzzo FFN, Melo DCR, Rocha MH (2011) Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado de Mato Grosso. *Rev. Bras. de Rec. Hídr.* 16: 157-167.

Mello CR, Lima JM, Silva AM, Mello JM, Oliveira MS (2003) Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. *Rev. Bras. de Ciên. do Solo* 27: 925-933.

Mello CR, Viola MR, Mello JM, Silva AM (2008) Continuidade espacial de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais. *Ciên. e Agrotec.* 32: 532-539.

Mapa (2014) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento Zoneamento Agrícola. <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/proagro> (Cons. 06/01/2014).

Mousinho FEP, Andrade Júnior AS, Gonçalves ACA, Frizzone JA (2006) Variabilidade espacial dos percentis 75 da precipitação pluvial anual para o Estado do Piauí. *Rev. Irriga* 11: 178-187.

Rolim GS, Sentelhas PC, Barbieri V (1998) Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Rev. Bras. de Agrometeorol.* 6: 133-137.

Rosa DB, Souza RR, Nascimento LA, Toledo LG, Topanotti DQ, Nascimento JAA (2007) Distribuição espacial das chuvas na porção Centro Oeste do Estado de Mato Grosso – Brasil. *Rev. Eletrôn. da Assoc. dos Geóg. Bras.* 1: 127-152.

Sans LMA, Assad ED, Guimarães DP, Avellar G (2001) Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho na região Centro Oeste do Brasil e para o Estado de Minas Gerais. *Rev. Bras. de Agrometeorol.* 9: 527-535.

Schaffrath VR, Tormena CA, Fidalski J, Gonçalves ACA (2008) Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. *Rev. Bras. de Ciên. do Solo* 32: 1369-1377.

Seplan (2011) *Mato Grosso em números*. Editora Central de Texto 1: Cuiabá, Brasil 144 pp.

Silva SC, Assad ED (2001) Zoneamento de riscos climáticos para o arroz de sequeiro nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Tocantins e Bahia. *Rev. Bras. de Agrometeorol.* 9: 536-543.

Soares VP, Zaneti LZ, Santos NT, Leite HG (2008) Análise espacial da distribuição de cigarras (*Quesada gigas* Oliver) em povoamento de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) na região de Dom Eliseu, PA. *Rev. Árvore* 32: 251-258.

Viola MR, Mello CR, Pinto DBF, Mello JM, Ávila LF (2010) Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. *Rev. Bras. de Eng. Agr. e Amb.* 14: 970-978.

Xavier AC, Cecílio RA, Lima JSS (2010) Módulos em Matlab para interpolação espacial pelo método de Krigagem ordinária e do inverso da distância. *Rev. Bras. de Cartogr.* 62: 67-76.

Yamamoto JK, Landim PMB (2013) *Geoestatística: conceitos e aplicações*. Editora Oficina de Textos 1: São Paulo, Brasil, 216 pp.

Lista de Tabelas e Figuras

Figura 1. Localização das estações meteorológicas utilizadas na pesquisa.

Tabela 1. Média e Desvio Padrão (DP) da precipitação, decêndio 08 ao 22, para o Estado de Mato Grosso com base nos dados de 38 estações meteorológicas. Tangará da Serra – MT, 2014

Tabela 2. Valores médios de ISNA e Desvio Padrão (DP) para as capacidades de água disponível de 30, 50 e 75 mm, do decêndio 01 ao 12 para o Estado de Mato Grosso. Tangará da Serra – MT, 2014

Tabela 3. Coeficientes dos semivariogramas ajustados para as CAD de 30, 50 e 75 mm e respectivas épocas de semeadura para o Estado de Mato Grosso. Tangará da Serra – MT, 2014

Figura 2. Semivariogramas experimentais e modelos matemáticos ajustados aos Índices de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA) para as épocas de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 30 mm.

Figura 3. Semivariogramas experimentais e modelos matemáticos ajustados aos Índices de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA) para as épocas de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 50 mm.

Figura 4. Semivariogramas experimentais e modelos matemáticos ajustados aos Índices de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA) para as épocas de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 75 mm.

Figura 5. Zoneamento do Índice de Satisfação de Necessidade de Água e classes de risco de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 30 mm.

Figura 6. Zoneamento do Índice de Satisfação de Necessidade de Água e classes de risco de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 50 mm.

Figura 7. Zoneamento do Índice de Satisfação de Necessidade de Água e classes de risco de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 75 mm.

Tabela 4. Áreas inaptas, restritas e aptas em km² para o Estado de Mato Grosso considerando as CADs de 30, 50 e 75 mm. Tangará da Serra – MT, 2014

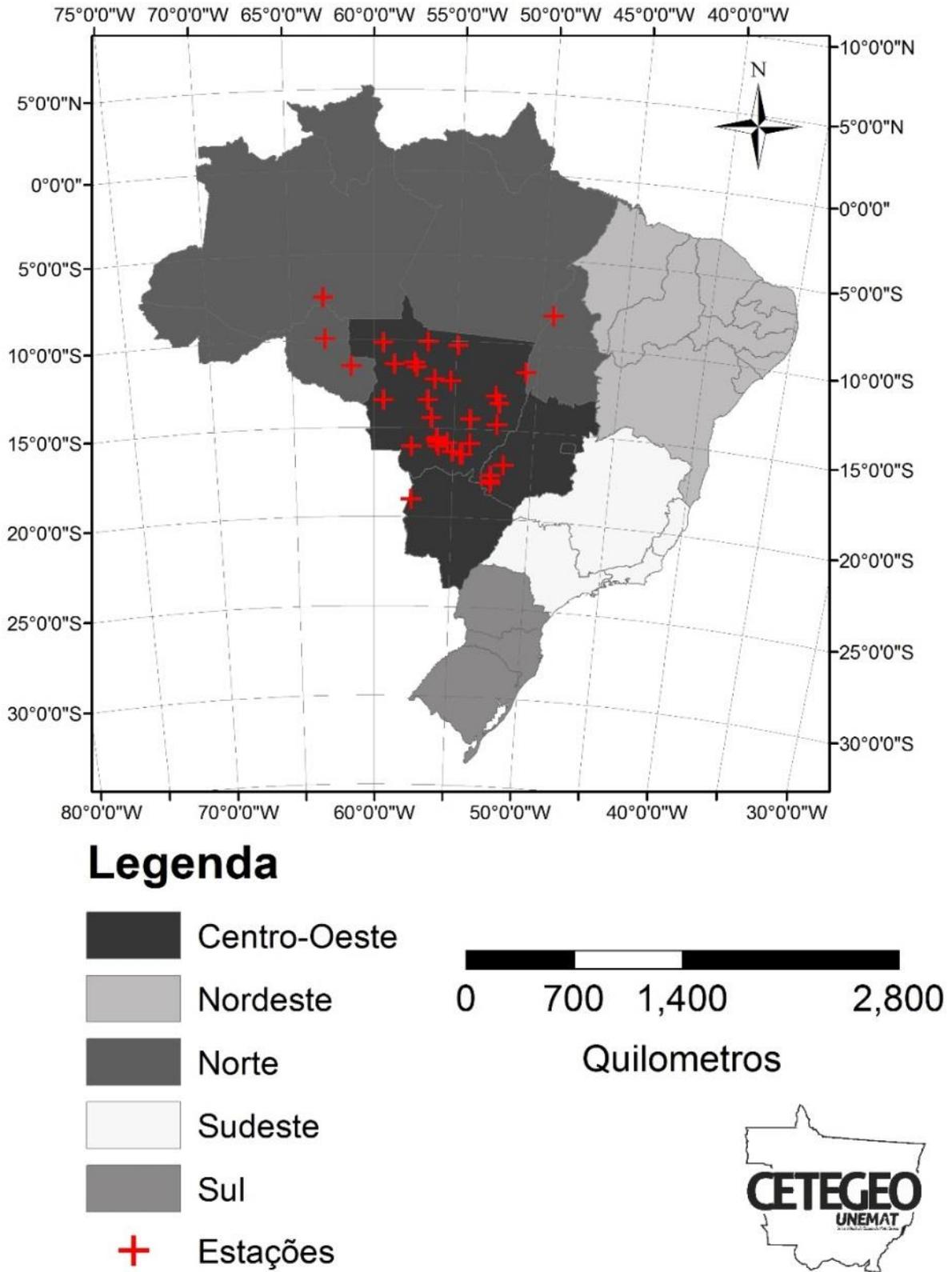


Figura 1. Localização das estações meteorológicas utilizadas na pesquisa.

Tabela 1. Média e Desvio Padrão (DP) da precipitação, decêndio 08 ao 22, para o Estado de Mato Grosso com base nos dados de 38 estações meteorológicas. Tangará da Serra – MT, 2014

Decêndio	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)
8	79,29	21,44
9	71,27	20,05
10	52,40	14,20
11	42,66	15,54
12	29,10	11,27
13	19,53	12,54
14	13,83	8,52
15	17,08	9,02
16	8,64	7,25
17	5,63	6,46
18	6,06	8,49
19	4,61	7,27
20	6,42	9,60
21	6,47	8,00
22	5,46	9,02

Tabela 2. Valores médios de ISNA e Desvio Padrão (DP) para as capacidades de água disponível de 30, 50 e 75 mm, do decêndio 01 ao 12 para o Estado de Mato Grosso. Tangará da Serra – MT, 2014

Decêndio	ISNA 30 mm		ISNA 50 mm		ISNA 75 mm	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
1	1,00	0,000	1,00	0,00	1,00	0,00
2	1,00	0,01	1,00	0,01	1,00	0,00
3	1,00	0,01	1,00	0,02	1,00	0,01
4	0,99	0,02	0,99	0,04	1,00	0,02
5	0,98	0,06	0,99	0,05	0,99	0,04
6	0,96	0,07	0,97	0,06	0,98	0,05
7	0,91	0,10	0,94	0,08	0,95	0,06
8	0,84	0,13	0,89	0,11	0,91	0,07
9	0,77	0,16	0,83	0,13	0,87	0,11
10	0,69	0,19	0,76	0,16	0,81	0,13
11	0,59	0,20	0,68	0,17	0,75	0,14
12	0,53	0,21	0,61	0,18	0,70	0,15

Tabela 3. Coeficientes dos semivariogramas ajustados para as CAD de 30, 50 e 75 mm e respectivas épocas de semeadura para o Estado de Mato Grosso. Tangará da Serra – MT, 2014

CAD	Ép.	Mod.	Lag	Pepita (C_0)	Patamar (C_0+C)	Alcance (km)	RMSE	GDE (%)
30	8	Esf.	82	5,79E ⁻⁰³	2,10E ⁻⁰²	615	0,123	72,41
	9	Esf.	80	6,00E ⁻⁰³	3,33E ⁻⁰²	962	0,129	81,98
	10	Esf.	82	8,40E ⁻⁰³	4,84E ⁻⁰²	1044	0,135	82,64
	11	Esf.	80	1,35E ⁻⁰²	4,90E ⁻⁰²	1001	0,137	72,45
	12	Exp.	82	1,60E ⁻⁰²	5,45E ⁻⁰²	1110	0,155	70,64
50	8	Esf.	80	3,80E ⁻⁰³	2,12E ⁻⁰²	1059	0,097	82,07
	9	Gau.	80	9,00E ⁻⁰³	3,45E ⁻⁰²	988	0,100	73,91
	10	Esf.	80	1,02E ⁻⁰²	3,71E ⁻⁰²	1035	0,116	72,54
	11	Esf.	82	1,34E ⁻⁰²	4,24E ⁻⁰²	1114	0,117	68,26
	12	Esf.	82	1,32E ⁻⁰²	4,17E ⁻⁰²	1112	0,131	68,37
75	8	Exp.	82	1,04E ⁻⁰³	8,56E ⁻⁰³	650	0,081	87,85
	9	Esf.	82	3,00E ⁻⁰³	1,42E ⁻⁰²	923	0,086	78,87
	10	Gau.	76	5,60E ⁻⁰³	2,18E ⁻⁰²	876	0,086	74,31
	11	Esf.	80	6,20E ⁻⁰³	2,58E ⁻⁰²	1131	0,092	75,97
	12	Esf.	80	1,05E ⁻⁰²	2,67E ⁻⁰²	1066	0,105	60,67

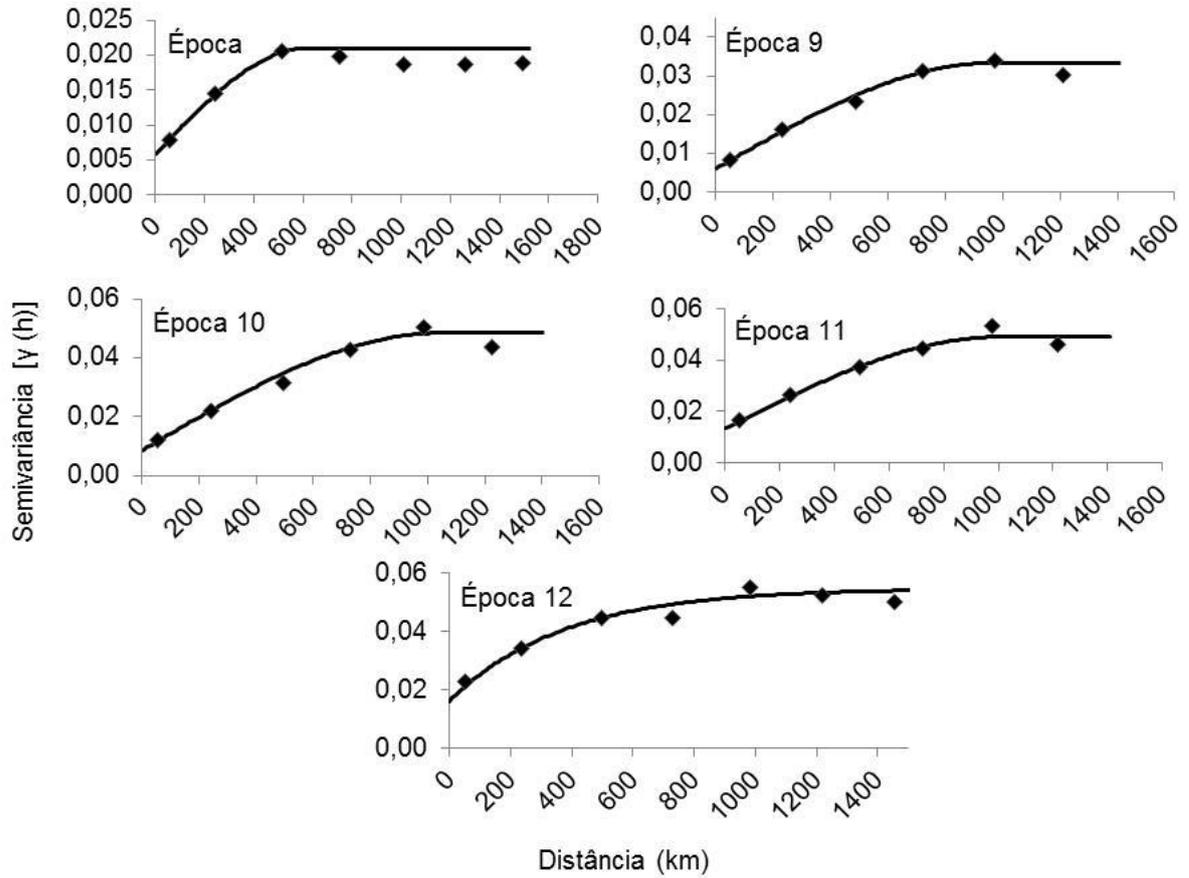


Figura 2. Semivariogramas experimentais e modelos matemáticos ajustados aos Índices de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA) para as épocas de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 30 mm.

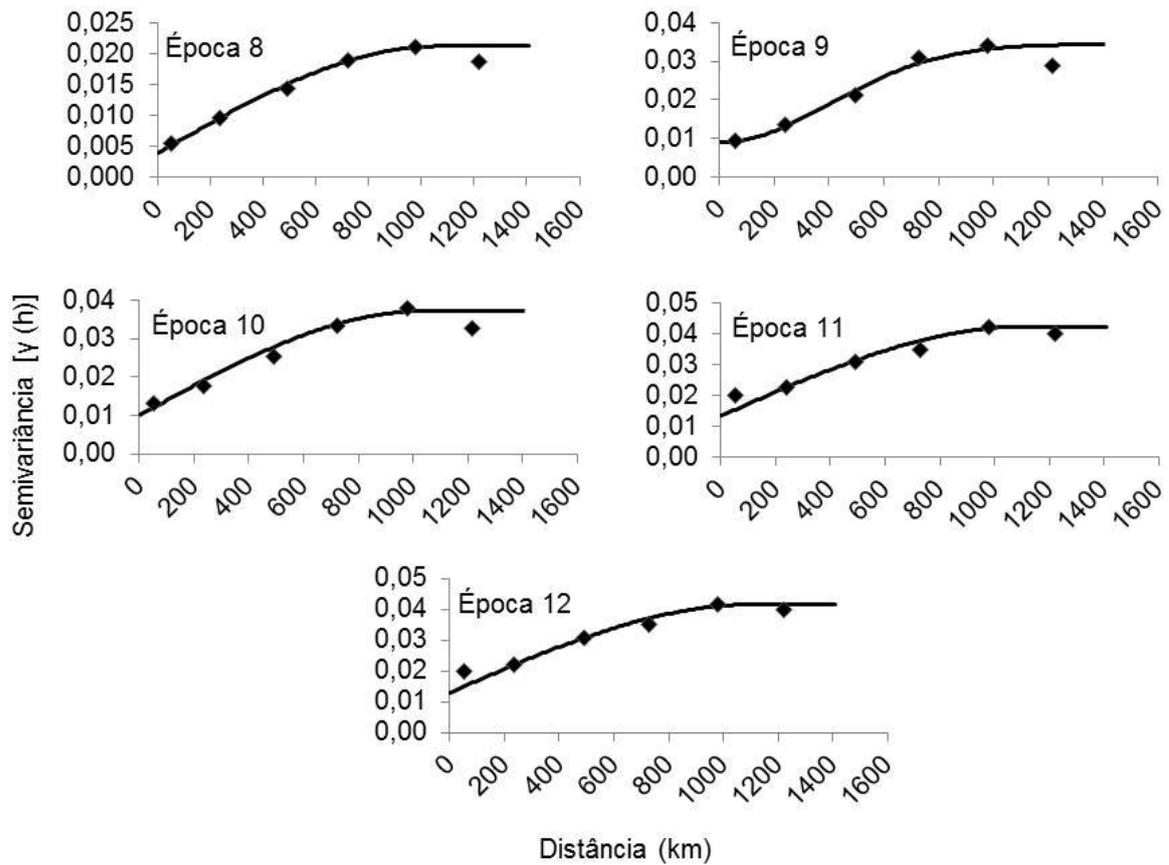


Figura 3. Semivariogramas experimentais e modelos matemáticos ajustados aos Índices de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA) para as épocas de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 50 mm.

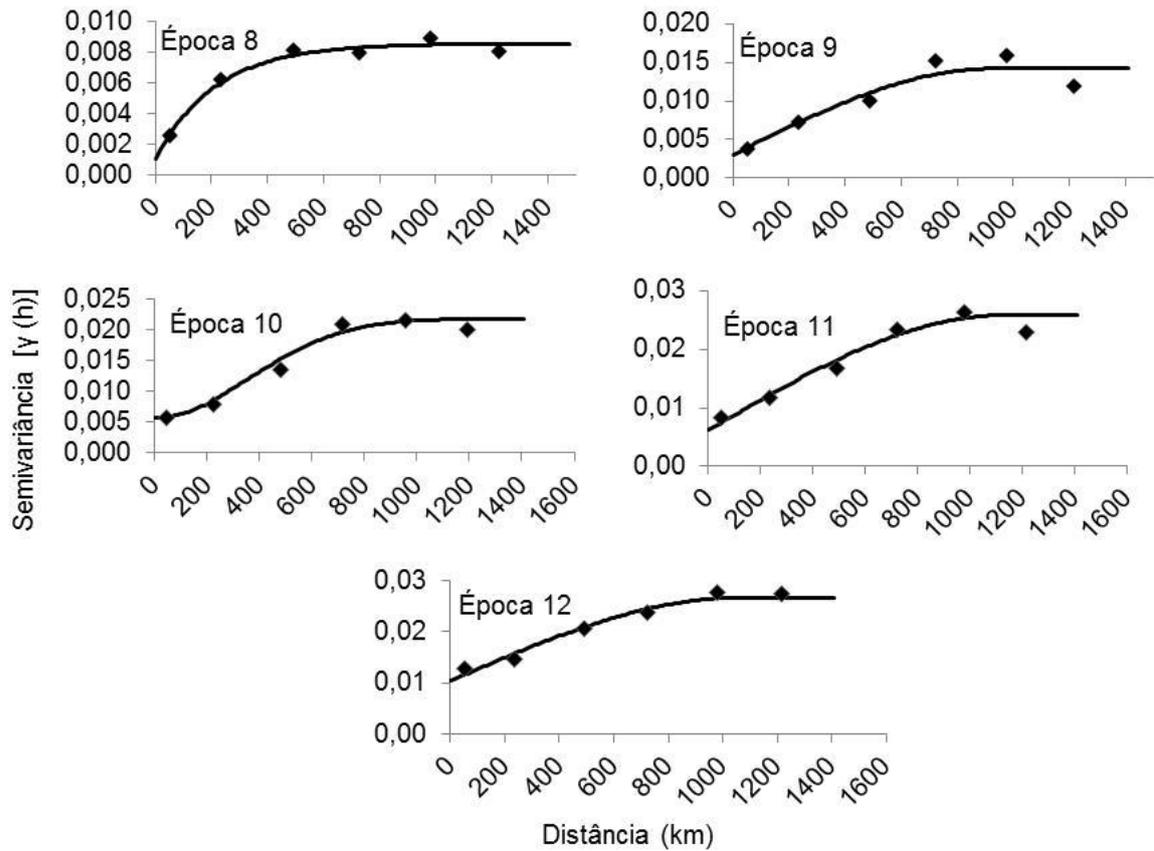


Figura 4. Semivariogramas experimentais e modelos matemáticos ajustados aos Índices de Satisfação de Necessidade de Água (ISNA) para as épocas de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 75 mm.

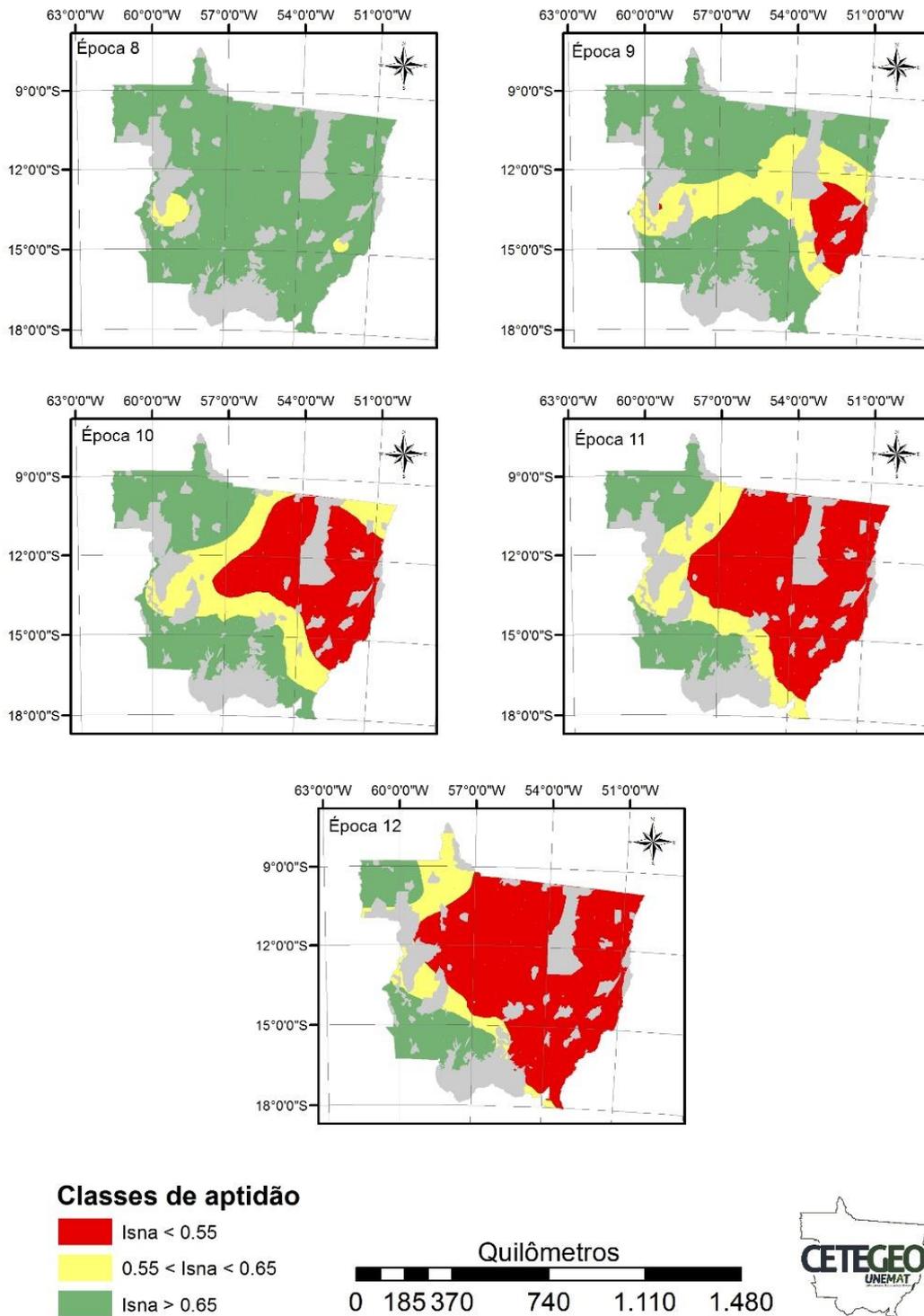


Figura 5. Zoneamento do Índice de Satisfação de Necessidade de Água e classes de risco de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 30 mm.

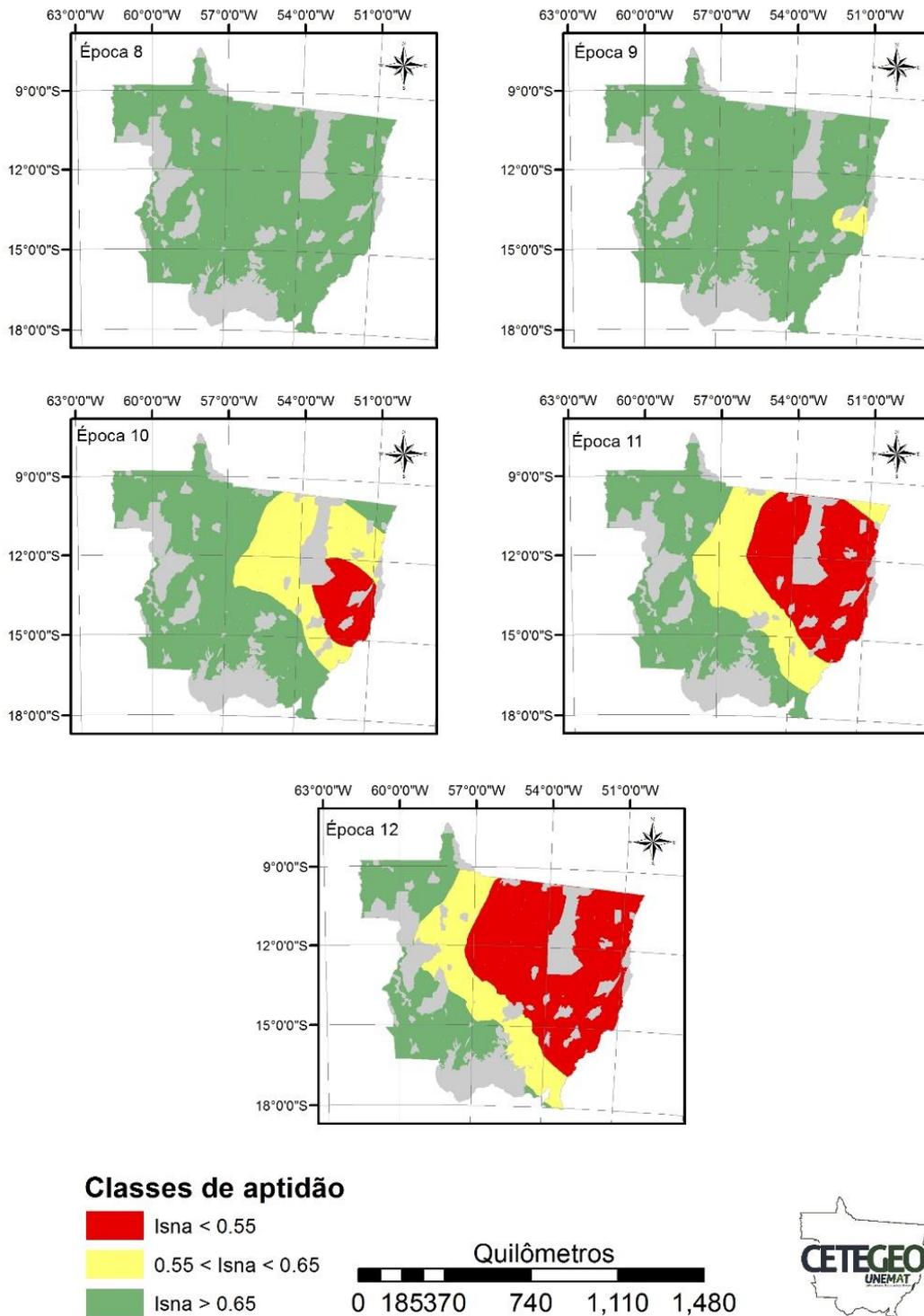


Figura 6. Zoneamento do Índice de Satisfação de Necessidade de Água e classes de risco de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 50 mm.

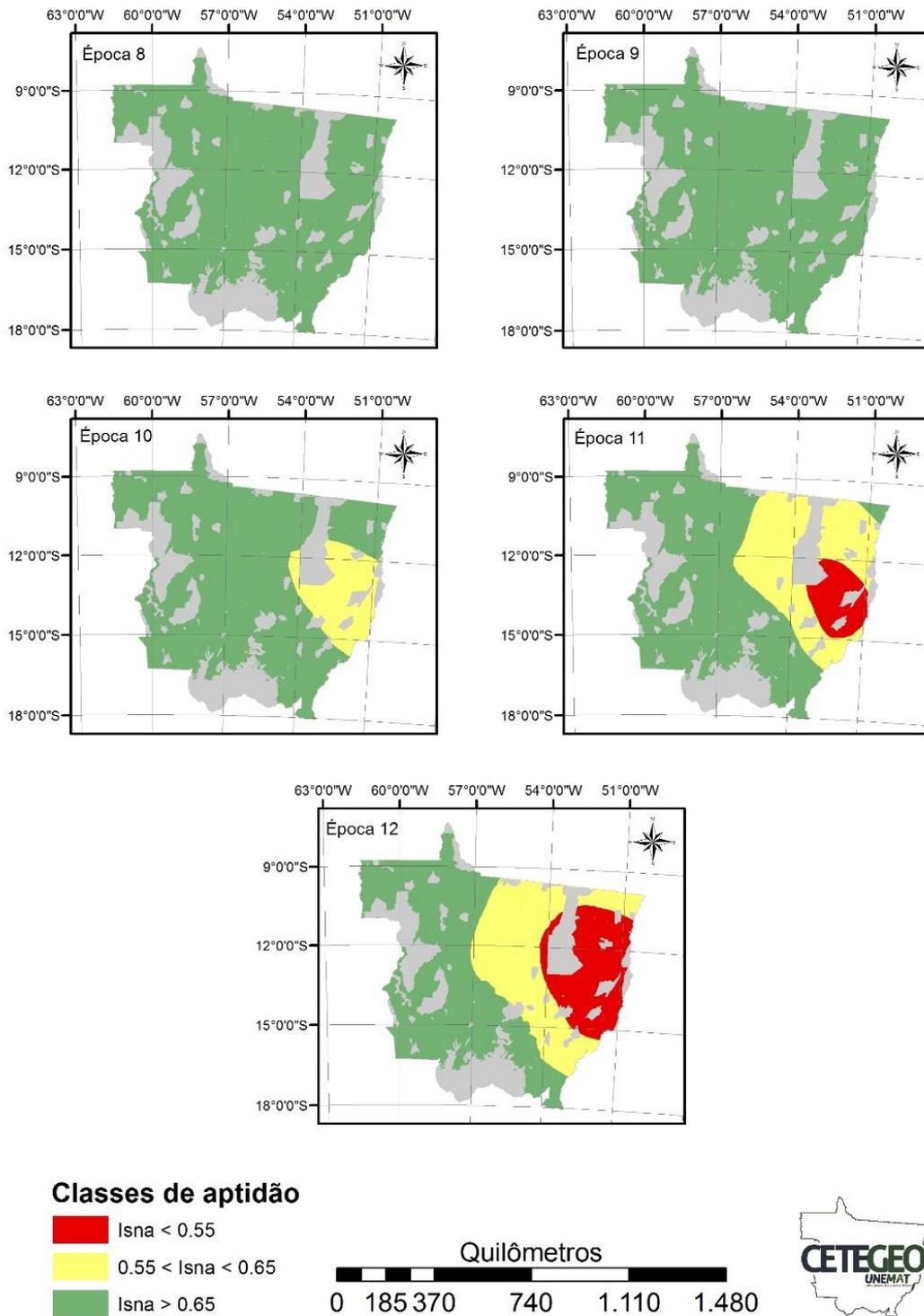


Figura 7. Zoneamento do Índice de Satisfação de Necessidade de Água e classes de risco de semeadura do feijoeiro comum no Estado de Mato Grosso para a CAD de 75 mm.

Tabela 4. Áreas inaptas, restritas e aptas em km² para o Estado de Mato Grosso considerando as CADs de 30, 50 e 75 mm. Tangará da Serra – MT, 2014

Época/CAD	Área km ²			
	30 mm			
	Inapto	Restrito	Apto	Total
8	0	4817,21	149134,83	153952,04
9	20372,22	31802,60	101777,22	153952,04
10	46224,90	43852,22	63891,92	153969,05
11	83117,65	37170,48	33663,90	153952,04
12	104804,10	21794,26	27352,80	153952,04
	50 mm			
	Inapto	Restrito	Apto	Total
	8	0	0	849,82
9	0	0	849,82	849,82
10	0	0	849,82	849,82
11	0	0	849,82	849,82
12	0	0	849,82	849,82
	75 mm			
	Inapto	Restrito	Apto	Total
	8	0	0	540052,82
9	0	0	540052,82	540052,82
10	0	69470,15	470582,67	540052,82
11	37089,05	169027,92	333935,85	540052,82
12	91728,20	180022,80	268301,85	540052,82

Determinação do coeficiente duplo de cultivo do feijoeiro em Tangará da Serra, Mato Grosso

[Revista AGRIAMBI]

Resumo: O Estado de Mato Grosso necessita de pesquisas que viabilizem ainda mais o agronegócio, racionalizando os recursos hídricos. A presente pesquisa objetivou determinar o coeficiente duplo de cultivo do feijoeiro comum para a região de Tangará da Serra, MT – Brasil. A metodologia utilizada foi a do coeficiente dual, dividindo-se a evapotranspiração em coeficiente de evaporação do solo, determinados em microlisímetros e coeficiente basal de cultura, determinados em lisímetros de pesagem. O estudo compreendeu o período entre a data da semeadura e a colheita (10/07/2014 a 06/10/2014). A irrigação por aspersão foi utilizada com coeficiente de uniformidade superior a 80%. O total precipitado e irrigado durante o ciclo da cultura (84 dias) equivaleu a uma lâmina de 524,79 mm. A evapotranspiração potencial estimada durante o período foi de 327,87 mm, enquanto que a evapotranspiração potencial da cultura, determinada em lisímetros, acumulou um total de 477,47 mm durante o ciclo. Os valores dos coeficientes basal e de evaporação do solo para as fases inicial, pleno desenvolvimento e final foram, respectivamente, 0,32; 1,10 e 0,81 e 0,85; 0,40 e 0,53.

Palavras-chave: *phaseolus vulgaris*, coeficiente basal, evaporação, irrigação

Determination of the coefficient of cultivation dual of bean in Tangará da Serra, Mato Grosso

Abstract: The State of Mato Grosso needs to researches that further enable agribusiness, rationalizing water resources. This research aimed to determine the coefficient dual of common bean cultivation for Tangará da Serra, MT - Brazil. The methodology used was dual coefficient, dividing the evapotranspiration of soil in evaporation coefficient, determined in microlysimeters and basal crop coefficient, determined in weighing lysimeters. The study covered the period between the date of sowing and harvesting (10/07/2014 to 06/10/2014). The sprinkler irrigation system was used with a coefficient of uniformity greater than 80%. The precipitate and the total

irrigated during the crop cycle (84 days) amounted to a blade of 524.79 mm. The potential evapotranspiration estimated for the period was 327.87 mm, whereas the potential crop evapotranspiration, determined in lysimeters, has accumulated a total of 477.47 mm during the cycle. The coefficients basal and the evaporation values to phases, initial, full development and final, were respectively, 0.32; 1.10 and 0.81 and 0.85; 0.40 and 0.53.

Key-words: *phaseolus vulgaris*, basal coefficient, evaporation, irrigation

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se mundialmente por sua abundância em recursos hídricos, tanto para uso em geração de energia quanto para uso na agricultura por meio da irrigação. Segundo a FAO (2013), o Brasil possui o terceiro maior potencial de irrigação do mundo, estando atrás apenas da Índia e China. Diante de tamanha riqueza, utilizá-la de maneira adequada é fundamental para a manutenção deste potencial.

Em se tratando de área de produção do feijoeiro, o Estado de Mato Grosso corresponde a 69% de todo o Centro Oeste do Brasil, o que representa um valor no entorno de 14% do total cultivado no Brasil considerando o somatório da primeira, segunda e terceira (irrigada) safras. Somente no Estado de Mato Grosso, são produzidos 535 mil toneladas de feijão, o que corresponde aproximadamente a 61% do Centro Oeste e a 16% do total produzido no Brasil. A produtividade média no Estado é de 1.653 kg ha⁻¹, abaixo dos 2.434 kg ha⁻¹ de Goiás e dos 2.084 kg ha⁻¹ do Centro Oeste (CONAB, 2014).

Em áreas irrigadas, em pesquisas científicas e estudos de balanço hídrico, o conhecimento do consumo hídrico das plantas cultivadas é fundamental para o uso racional dos recursos hídricos e a potencialização dos sistemas de cultivos. Neste âmbito, diversas pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de determinar a evapotranspiração de culturas agrícolas para a otimização de sistemas de irrigação, bem como indicar as melhores épocas de cultivo, devido às irregularidades nos regimes pluviométricos.

A transpiração das culturas e a evaporação da água do solo compõem a evapotranspiração, que pode ser estimada por diferentes métodos, ou determinada em condições locais por meio de lisímetros, sendo este último o mais indicado, devido

as características intrínsecas de cada local, como clima, vegetação e relevo (Mendonça et al., 2003; Faria et al., 2006; Santos et al., 2008).

Os componentes de evapotranspiração podem ser determinados para diferentes culturas, perenes ou anuais, onde se determinam os coeficientes de cultura (k_c), que representam a relação entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência. Este coeficiente ainda pode ser determinado por meio do coeficiente duplo de cultivo (Allen et al., 1998), que estabelece a representatividade da evaporação do solo (k_e) e da transpiração da cultura (k_{cb}) na evapotranspiração (Flumignam et al., 2011).

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi determinar o coeficiente duplo de cultivo do feijoeiro comum para a região de Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso, utilizando lisímetros de pesagem por células de carga.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi executado no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Tangará da Serra e, nas dependências do Centro de Pesquisas, Estudos e Desenvolvimento Agroambientais – CPEDA, no laboratório de Agrometeorologia no período de julho a outubro de 2014.

Próximo à área experimental localiza-se uma estação meteorológica automática do laboratório de Agrometeorologia, nas coordenadas geográficas 14° 65' 00" S, 57° 43' 15" W, com elevação de 440 metros, da qual foram obtidos os dados de temperatura, precipitação, radiação solar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e pressão atmosférica, dados estes utilizados na estimativa da evapotranspiração de referência – ET_o , método Penman-Monteith - FAO (Allen et al., 1998). Segundo Dallacort et al. (2011) a região apresenta uma estação seca (maio a setembro) e uma chuvosa (outubro a abril), com precipitação média anual de 1.830 mm, sendo o solo desta localidade classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, com textura muito argilosa.

Foram utilizados seis lisímetros de pesagem de alta precisão, previamente calibrados com coeficientes de determinação acima de 0,99, área de 2,25 m² (1,50 x 1,50 m) e 1,20 m de profundidade.

A cultivar de feijão utilizada foi a BRS Estilo, sendo esta recomendada para a semeadura de inverno no Estado de Mato Grosso com ciclo entre 85 e 90 dias, de porte ereto e altamente produtiva. A correção e adubação do solo foram realizadas

com base nas características químicas do solo e nas exigências em fertilidade da cultura. Todos os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura conforme proposto por Dourado Neto & Fancelli (2000). A semeadura foi realizada no dia 10/07/2014 em linhas espaçadas em 0,45 m, distribuindo-se 13 sementes por metro. A colheita ocorreu no dia 06/10/2014, totalizando o ciclo em 88 dias após a semeadura.

Determinou-se as fases fenológicas da cultura para a determinação dos coeficientes nos diferentes estádios de desenvolvimento, sendo o k_{cb} , k_e e k_c inicial, pleno desenvolvimento e final, conforme descrito por Mendonça et al. (2007), com posterior comparação com os valores descritos na literatura.

A lâmina de irrigação aplicada foi determinada através da evapotranspiração contabilizada nos lisímetros por um sistema de irrigação por aspersão composto por 4 aspersores (Eco 232 Frabrimar) com bocais de 4,0 x 2,8 mm espaçados em 12 x 12 metros, com coeficiente de uniformidade superior a 80%. O turno de rega foi de 3 dias com o objetivo de garantir a demanda de água pela cultura.

Para o cálculo de ET_o utilizou-se a Eq. 1, proposta por Allen et al. (1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,3U_2)} \quad (1)$$

em que:

ET_o é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); R_n é a radiação solar líquida sobre a cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); G é a densidade do fluxo de calor do solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); T é a temperatura do ar a dois metros de altura ($^{\circ}\text{C}$); U_2 é a velocidade do vento a dois metros de altura (m s^{-1}); e_s é a pressão de saturação de vapor (kPa), que é estimada pela média de $e_s (T_{\text{máx}})$ e $e_s (T_{\text{mín}})$; e_a é a pressão atual de vapor (kPa); $e_s - e_a$ é o déficit de pressão e saturação de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); Δ é da declividade da curva de pressão de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$) e γ é a constante psicométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Para determinação do K_c duplo do feijoeiro, o qual divide o K_c em coeficiente basal da cultura (K_{cb}) e coeficiente de evaporação do solo (K_e), utilizou-se a metodologia proposta pelo boletim FAO – 56 (Allen et al., 1998).

Foram utilizados 4 microlisímetros de 150 mm de diâmetro e 200 mm de altura para a determinação da evaporação do solo e posterior determinação do coeficiente de evaporação do solo (K_e) diário, de acordo com a metodologia proposta e adaptada de

Flumignam et al. (2012). Determinou-se a evaporação do solo em milímetros (E_{ML}), conforme a Eq. 2:

$$E_{ML} = \frac{\Delta M_{ML}}{A_{ML}} + P \quad (2)$$

em que:

E_{ML} - Evaporação do microlisímetro (mm);

ΔM_{ML} - Variação de massa dos microlisímetros (kg);

A_{ML} - Área dos microlisímetros (m^2) e

P - Precipitação (mm).

O K_e é a relação entre a evaporação do solo, em milímetros, e a evapotranspiração de referência, obtido diariamente, de acordo com a Eq. 3:

$$K_e = \frac{E_{ML}}{ET_o} \quad (3)$$

em que:

K_e – Coeficiente de evaporação do solo (Adimensional);

E_{ML} – Evaporação dos microlisímetros (mm);

ET_o – Evapotranspiração de referência pelo método Penman Montheith FAO (mm).

A evapotranspiração potencial da cultura foi obtida diariamente por meio da variação de massa dos lisímetros, convertida em mm dia, segundo Faria et al. (2006) e Mendonça et al. (2007).

Por fim, determinou-se o K_{cb} , conforme a Eq. 4:

$$K_{cb} = \frac{(ET_c - K_e)}{ET_o} \quad (4)$$

em que:

K_{cb} – Coeficiente basal da cultura;

ET_c – Evapotranspiração potencial da cultura;

K_e – Coeficiente de evaporação do solo e

ET_o – Evapotranspiração potencial de referência.

Construiu-se a curva do K_{cb} e K_e para os estádios de desenvolvimento da cultura do feijoeiro, comparando os mesmos com os propostos por Allen et al. (1998).

Os acumulados diários de lâmina irrigação, precipitação e médias diárias de temperatura máxima, média e mínima para o período compreendido entre a data da semeadura e a colheita estão apresentados na Figura 1.

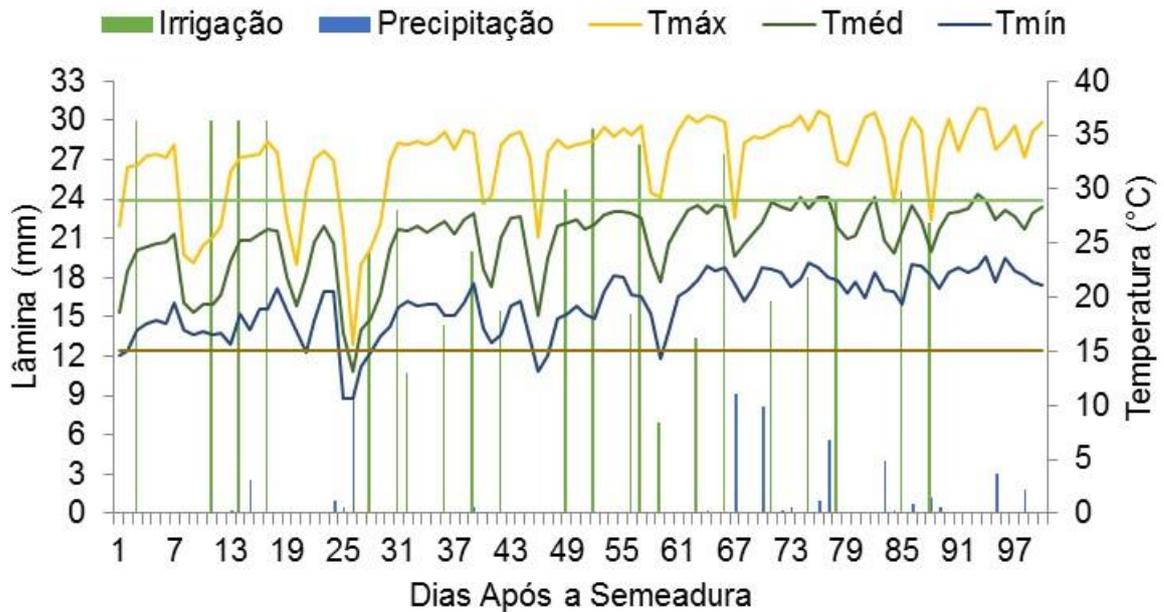


Figura 1. Irrigação, Precipitação, Temperatura máxima, mínima, média e intervalo de desenvolvimento para o período de cultivo do feijoeiro comum em Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso, no ano de 2014

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total irrigado resultou em um acumulado de 474,25 mm e o precipitado no período um total de 50,54 mm o que corresponde a uma lâmina total de 524,79 mm durante o período de cultivo (Figura 1). De acordo com Dourado Neto & Fancelli (2000), a cultura do feijoeiro necessita, em média, um total de 300 mm durante seu ciclo para um ótimo desenvolvimento sem a necessidade de irrigação. Segundo os autores, a maior necessidade é quanto à distribuição do que a quantidade, sendo consideradas regiões aptas aquelas cuja precipitação durante o cultivo situa-se entre 250 e 500 mm durante o ciclo.

Segundo Santos & André (1992), avaliando o consumo hídrico do feijoeiro comum na cidade de São Paulo, irrigaram um total de 367 mm e determinaram valores de k_c

de 0,20, 1,43 e 0,15 para os estádios inicial, pleno desenvolvimento e final. Os autores atribuíram a maior taxa de evapotranspiração ao máximo desenvolvimento da cultura, no início de período reprodutivo.

Bizari et al. (2009), avaliando o consumo hídrico e a produtividade do feijoeiro comum em Campinas, Estado de São Paulo, obtiveram produtividades de 1.492 e 2.337 kg ha⁻¹ com lâminas de 261,3 e 224,4 mm em sistema de cultivo convencional e plantio direto, respectivamente. Na presente pesquisa, a produtividade média da cultura do feijoeiro cultivado em lisímetros de pesagem por células de carga foi de 2.962,35 kg ha⁻¹, podendo ser considerado uma produtividade satisfatória para a região, visto que é superior à média do Estado (1.653 kg ha⁻¹) e acima da média do Estado de Goiás (2.434 kg ha⁻¹), maior região produtora de feijão irrigado do Centro Oeste (CONAB, 2014).

Segundo os autores, no sistema plantio direto a cultura foi mais eficiente no uso da água, por consumi-la em menor quantidade, evidenciando que o sistema de manejo local tem influência direta na evapotranspiração da cultura e que o correto manejo pode proporcionar economia no sistema produtivo.

Para a temperatura máxima, média e mínima, os valores médios durante o período de cultivo foram de 32,77, 25,29 e 19,30 °C, respectivamente. Segundo Fancelli (2009), a faixa para desenvolvimento da cultura do feijoeiro é entre 15 a 29 °C, estando a temperatura média da presente pesquisa dentro do limite ótimo para a cultura. Um comportamento observado é que em dias de precipitação, há uma redução nos valores de temperatura máxima e mínima e conseqüentemente a média do dia. Esta redução influencia diretamente reduzindo a disponibilidade de energia para a evapotranspiração referência e da cultura.

Segundo Allen et al. (1998), a taxa de evapotranspiração é fortemente influenciada pelo calor sensível do ar e sua interação de transferência de energia para a cultura, e esta é influenciada pela radiação solar absorvida pela atmosfera e a temperatura do solo, que podem elevar a temperatura do ar. Esta é uma explicação plausível para a evapotranspiração ser maior em dias de temperaturas elevadas, do que em dias de temperaturas amenas e dias nublados.

Na Figura 2, estão apresentados os dados diários da evapotranspiração potencial de referência, da cultura e velocidade do vento para o período compreendido entre a emergência a campo e a colheita.

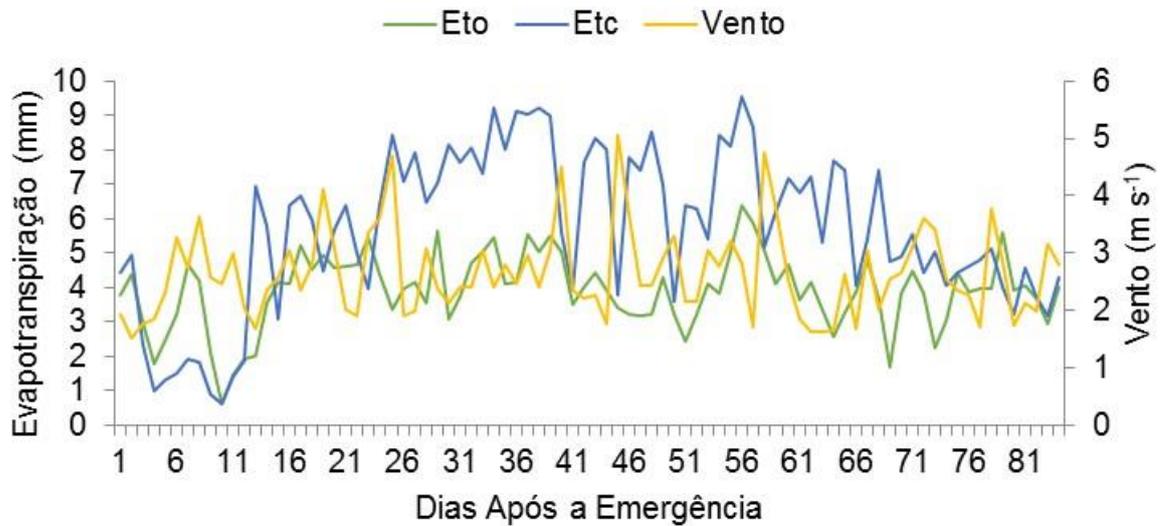


Figura 2. Evapotranspiração de referência, da cultura e velocidade do vento para o período de cultivo do feijoeiro comum em Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso, no ano de 2014

A evapotranspiração da cultura estimada para o período foi de 327,87 mm, com máximo de 6,39 mm d⁻¹ e mínimo de 0,63 mm d⁻¹ (Figura 2). Já a evapotranspiração da cultura determinada em lisímetros acumulou um total de 477,47 mm, com máximo de 9,53 mm d⁻¹ e mínimo de 0,60 mm d⁻¹. Para o período de estudo, a velocidade média do vento registrada pela estação meteorológica foi de 2,65 m s⁻¹, com máximo de 5,05 m s⁻¹ e mínimo de 1,51 m s⁻¹.

Lima et al. (2013), avaliando a eficiência do uso da água com e sem cobertura morta nas cultivares de feijoeiro BRS Valente, Princesa e Timbó em Rio Largo, Estado de Alagoas, verificaram valor total de evapotranspiração da cultura de 393 mm, com máximo de 7,30 mm d⁻¹ e mínimo de 0,80 mm d⁻¹ ao dia, sendo necessário irrigação total de 392 mm (precipitação + irrigação) durante o ciclo da cultura.

O valor encontrado na presente pesquisa para a evapotranspiração potencial da cultura em lisímetros foi 21,49 % superior ao determinado por Lima et al. (2013), o que equivale a uma lâmina de 84,47 mm. Tal fato pode ser atribuído ao sistema de cultivo na qual a pesquisa foi conduzida ser o convencional e o solo dos lisímetros estarem sempre próximos a capacidade de campo durante o período de cultivo e a temperatura média registrada de 25,29 °C, superior em 1,29 °C a dos autores, o que possivelmente predispôs ao sistema maior necessidade de água por irrigação.

Na Figura 3 estão apresentadas as curvas ajustadas de K_{cb} e K_e diário para o feijoeiro comum em Tangará da Serra. Um comportamento interessante é que nos primeiros dias, os valores de K_e são maiores que os de K_{cb} e, quando a cultura atinge o pleno desenvolvimento vegetativo os valores de K_{cb} são maiores que os de K_e .

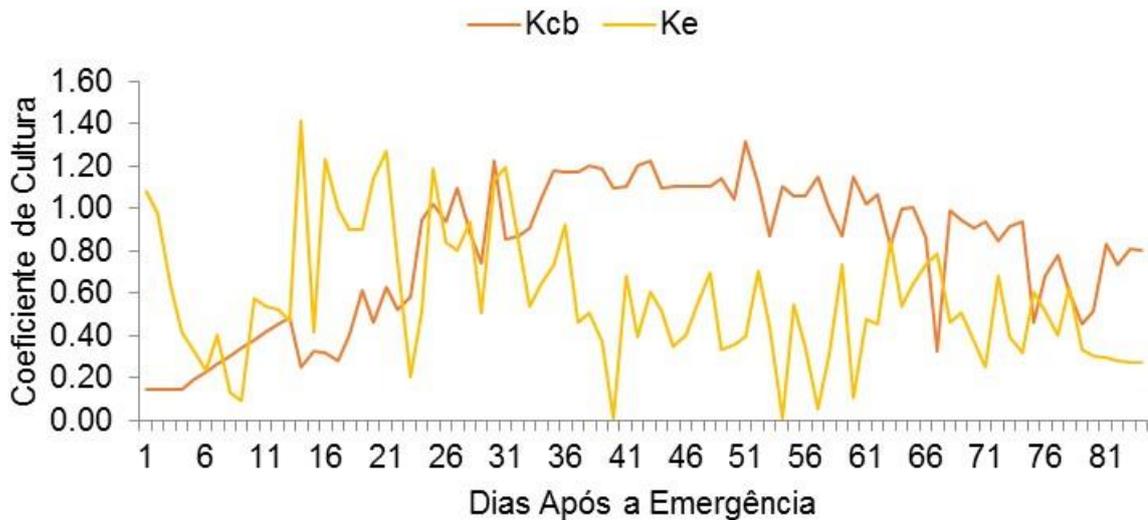


Figura 3. Curvas reais de K_{cb} e K_e diário para o período de cultivo do feijoeiro comum em Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso, no ano de 2014

Tal comportamento é devido ao baixo índice de área foliar nos primeiros dias de desenvolvimento da cultura, sendo o solo o maior responsável pela evaporação.

Os valores de K_e são dependentes principalmente da umidade do solo e do ar, temperatura do ar e do solo, vento e radiação solar. Em eventos de elevada umidade na camada inicial, o valor de K_e tende a ser próximo de 1, com máximo de 1,2. Com a redução da umidade do solo na superfície, o K_e tende a reduzir, e a evaporação depende da ascensão capilar para ocorrer, porém, com taxa menor que a anterior.

Segundo Freitas et al. (2014), em trabalho com evaporação da água do solo sob diferentes níveis de cobertura morta (resteva de trigo) no Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR de Londrina, há diferentes reduções na evaporação do solo em diferentes níveis de cobertura, onde os valores de evaporação variaram de 17 a 30%, 20 a 45% e 30 a 60% para 50, 75 e 100% de cobertura do solo. Os autores atribuíram estas diferenças as variações de chuva, em que momento do dia as mesmas ocorriam e os níveis de cobertura do solo. Isto se justifica pelo fato de que a evaporação da água do solo depende da disponibilidade de energia e água, desta forma, após

eventos de irrigação, se houver disponibilidade de energia, a evaporação tenderá a ser maior.

Desta forma, a frequência de irrigação e condições climáticas influenciarão direta e significativamente na taxa de evapotranspiração da cultura do feijoeiro, impactando no aumento ou redução da produtividade, ou desperdício de recurso hídrico e, tendo o conhecimento desta dinâmica, é possível tomar medidas e realizar planejamento para aperfeiçoar do uso da água em um cultivo irrigado.

O K_{cb} possui comportamento inverso ao K_e , sendo menor no início de desenvolvimento da cultura, atingindo o valor médio máximo no período de pleno desenvolvimento da cultura, decrescendo com a maturação da cultura. A tendência da curva do K_{cb} é semelhante a do k_c simples, na qual o valor inicial é menor, em seguida, na fase de desenvolvimento vegetativo, ocorre uma elevação atingindo um nível máximo, o qual decresce quando a cultura inicia a fase de maturação.

Os valores médios de K_{cb} obtidos foram de 0,32, 1,10 e 0,81 para as fases de inicial, pleno desenvolvimento e maturação, respectivamente. Este comportamento caracteriza-se pelo crescimento e desenvolvimento da cultura, na qual, em pleno desenvolvimento, a área foliar é maior e a absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular da cultura também, resultando em uma maior taxa de transpiração da mesma.

De maneira geral, para o valor médio de k_c , o k_{cb} corresponde a 58,21% e o k_e a 41,79%. Estes valores dependerão do tipo de cultura e sistema de cultivo. Em cultivo com sistema plantio direto, os valores de evaporação do solo podem sofrer maiores alterações, devido à cobertura alterar a dinâmica da temperatura do solo e a disponibilidade hídrica, logo, todo o processo de evaporação será alterado (Allen et al., 1998).

Na Tabela 1, estão apresentados os coeficientes k_{cb} e k_e observados e estimados, bem como a diferença entre os mesmos. Observa-se que as maiores diferenças entre os dados observados e estimados referem-se aos valores de k_e , indicando maior tendência de variabilidade dos valores de evaporação do solo do que de transpiração da cultura do feijoeiro. Os valores de k_{cb} foram de 0,32, no estágio de desenvolvimento inicial, 1,10, no desenvolvimento pleno, e 0,81 na fase de maturação, sendo menores em - 0,13, - 0,03 e - 0,16 em relação aos estimados de acordo com a metodologia de Allen et al. (1998). Os coeficientes de evaporação da água do solo apresentaram comportamento inverso ao coeficiente basal de cultura sendo 0,85, 0,40 e 0,53 para

as fases inicial, pleno desenvolvimento e de maturação, respectivamente, enquanto que os estimados foram 0,48, 0,10 e 0,20 com diferença de 0,37, 0,30 e 0,33 para as mesmas fases de desenvolvimento da cultura.

Tabela 1. Coeficiente basal da cultura, de evaporação do solo e coeficiente de cultivo simples obtido e estimado. Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso – Brasil, 2014

Coeficiente	Estádios de Desenvolvimento		
	Inicial	Pleno Desenvolvimento	Maturação
K_{cb}			
Observados	0,32	1,10	0,81
Estimados	0,35	1,13	0,97
Diferença	-0,13	-0,03	-0,16
K_e			
Observados	0,85	0,40	0,53
Estimados	0,48	0,10	0,20
Diferença	0,37	0,30	0,33

Tais diferenças podem ser atribuídas a características específicas de cultivares e especificidades climáticas regionais, que podem favorecer ao maior potencial de evapotranspiração da região de Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso. Se considerarmos a evapotranspiração média da cultura de $3,90 \text{ mm d}^{-1}$, e a diferença de 0,17 (K_{cb}), estaria irrigando 0,66 mm a menos por dia de ciclo da cultura, o que representaria um total aproximado de 59,67 mm em um ciclo de 90 dias. Considerando uma área de 100 hectares, isto equivaleria a mais de 59 milhões de litros de água.

Desta forma, é evidente a importância do correto manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação bem como de pesquisas que objetivam racionalizar a utilização de recursos hídricos, pois subestimando as reais demandas hídricas das culturas, acarreta-se diminuição da produção e aumento dos gastos por meio da subutilização de insumos para a produção além de não se aproveitar o potencial máximo da área de cultivo.

CONCLUSÕES

1. Os valores de k_{cb} encontrados para as fases inicial, pleno desenvolvimento e final do feijoeiro foram respectivamente 0,32 1,10 e 0,81.
2. A evaporação de água do solo é dependente da disponibilidade hídrica e de energia solar, com tendência de a evaporação ser maior após a irrigação e decrescendo com a redução da água na camada superficial do solo.
3. Os coeficientes de evaporação do solo (K_e) observados foram 0,85, 0,40 e 0,83, já os estimados foram 0,48, 0,10 e 0,20 para as fases inicial, pleno desenvolvimento e final do feijoeiro foram respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Ao auxílio financeiro do projeto de pesquisa Aplicação e transferência de tecnologias na otimização de sistemas agrícolas sustentáveis, Processo CNPq 564112/2010-0, edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

LITERATURA CITADA

- Allen, R. G.; Pereira, L.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 326 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- Bizari, D. R.; Matsura, E. E.; Roque, M. W.; Souza, A. L. Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro irrigado em sistemas plantio direto e convencional. *Ciência Rural*, v.39, p.2073-2079, 2009.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Feijão: Série histórica de produção. <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. 12 dez. 2014.
- Dallacort, R.; Martins J. A.; Inoue, M. H.; Freitas, P. S. L.; Coletti, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.33, p.193-200, 2011.
- Dourado Neto, D.; Fancelli, A. L. Produção de Feijão. 1.ed. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2000. 385p.

- Fancelli, A. L. Feijão: tópicos especiais de manejo. 1.ed. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2009. 208p.
- Faria, R. T.; Campeche, F. S. M.; Chibana, E. Y. Construção e calibração de lisímetros de alta precisão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.237-242, 2006.
- Flumignam, D. L.; Faria, R. T.; Lena, B. P. Test of a microlysimeter for of soil evaporation. *Engenharia Agrícola*, v.32, p.80-90, 2012.
- Flumignan, D. L.; Faria, R. T.; Prete, C. E. C. Evapotranspiration components and dual crop coefficients of coffee trees during crop production. *Agricultural Water Management*, v.98, p.791-800, 2011.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations –. *Statistical Yearbook* 1.ed. Rome: United Nations Statistics Division, 2013. 307p.
- Freitas, P. S. L.; Gava, R. A.; Faria, R. T.; Rezende, R.; Vieira, P. V. D. Soil evaporation under diferente straw mulch fractions. *African Journal of Agricultural Research*, v.9, p.1793-1800, 2014.
- Lima, R. A. S.; Silva, S.; Santos, M. A. L.; Neto, J. D.; Wanderley, J. A. C.; Alvino, F. C. G. Eficiência do uso da água por cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com e sem cobertura morta. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.9, p.18-25, 2013.
- Mendonça, J. C.; Souza, E. F.; Bernardo, S.; Dias, G. P.; Grippa, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. *Revista Brasileira Agrícola e Ambiental*, v.7, p.275-295, 2003.
- Mendonça, J. C.; Souza, E. F.; Bernardo, S.; Sugawara, M. T.; Peçanha, A. L.; Gottardo, R. D. Determinação do coeficiente cultural (K_c) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.471-475, 2007.
- Santos, F. X.; Rodrigues, J. J. V.; Montenegro, A. A. A.; Moura, R. F. Desempenho de lisímetro de pesagem hidráulica de baixo custo no semiárido nordestino. *Revista Engenharia Agrícola*, v.28, p.115-124, 2008.
- Santos, R. Z.; André, R. G. B. Consumo da água nos diferentes estádios de crescimento da cultura do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.27, p.543-548, 1992.

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO EM TANGARÁ DA SERRA, ESTADO DE MATO GROSSO

[Revista IRRIGA]

1 RESUMO

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar a influência de lâminas de irrigação e diferentes níveis de nitrogênio aplicados em cobertura nos componentes de produção e produtividade do feijoeiro na região de Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso. A presente pesquisa foi desenvolvida na UNEMAT, onde se utilizou de dados de uma estação do INMET localizada próxima à área experimental, para a estimativa da ETo Penman-Monteith – FAO. O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 5 com 4 repetições, sendo os tratamentos quatro lâminas de irrigação (30, 70, 110 e 150 % da ETo) e 5 doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N) aplicados aos 35 dias após a emergência da cultura. No manejo da irrigação foi utilizado um sistema por aspersão com coeficiente de uniformidade de 82 % e lâmina média de 7 mm h⁻¹ com pressão de 30 mca. Houve interação significativa entre as lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura do feijoeiro no município de Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso.

Palavras Chave: *Phaseolus vulgaris* L., Disponibilidade hídrica, Estresse hídrico, Eficiência do uso da água, Adubação nitrogenada.

DEPTHS OF IRRIGATION AND NITROGEN LEVELS IN THE BEAN IN TANGARÁ DA SERRA, STATE OF MATO GROSSO

2 ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the influence of irrigation levels and different levels of nitrogen applied on the top in the yield components and bean yield in Tangará da Serra, State of Mato Grosso. This research was developed in UNEMAT, where we used data from a station located near the experimental area, to estimate ETo Penman-Monteith - FAO. The study design was a randomized block design in a factorial 4 x 5

with 4 replications, with four irrigation treatments blades (30, 70, 110 and 150 % of ETo) and 5 levels of nitrogen (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹ N) applied 35 days after crop emergence. The management of irrigation was used a sprinkler system with uniformity coefficient of 82 % and average water depth of 7 mm h⁻¹ with 30 mca pressure. There was a significant interaction between irrigation levels and nitrogen levels applied in coverage the bean crop in the city of Tangará da Serra, State of Mato Grosso.

Key-words: *Phaseolus vulgaris* L., Water availability, Water stress, Efficiency of water use, Nitrogen fertilization.

3 INTRODUÇÃO

Cultivos irrigados no Mato Grosso estão cada vez mais expressivos, proporcionando ao Estado a maximização da produção com riscos reduzidos. No entanto, sistemas desajustados ou utilizados incorretamente podem gerar dispêndio muito grande de recursos financeiros e naturais.

Segundo Frizzone (2007), o manejo racional da irrigação pressupõe uma série de condições, tais como o uso com critério do recurso hídrico para maximizar a produtividade por meio do uso eficiente da água, energia elétrica e dos demais insumos utilizados no processo produtivo, sempre considerando os aspectos sociais e ecológicos da região. Desta forma, as práticas de irrigação devem basear-se na demanda de evapotranspiração da cultura e da eficiência do uso da água.

Analisando as pesquisas relacionadas à irrigação e a adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro, não é evidente um consenso entre os autores, pois cada metodologia e região estudada apresenta uma resposta específica. Isto significa que, dependendo da resposta de cultivares a determinada região, o manejo adotado deve priorizar a máxima produtividade com os menores custos, o que pode diminuir a aplicação de água e minimizar os custos.

O nitrogênio pode apresentar diversos comportamentos devido às características químicas do solo e a disponibilidade de água, bem como o estágio de desenvolvimento em que a cultura se encontra. Segundo Guerra, Silva e Rodrigues (2000), os maiores rendimentos da cultura do feijão resultaram das maiores lâminas de irrigação e maiores doses de nitrogênio. Os autores também inferiram que o

número de vagens, de grãos por planta e massa de cem grãos variou em função das lâminas de irrigação e da aplicação de nitrogênio. Por outro lado, Arf et al. (2004), mencionaram que a adubação nitrogenada não afeta a produtividade de grãos em feijoeiro irrigado por aspersão em Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, assim como a menor lâmina de irrigação proporcionou produtividade semelhante às maiores lâminas, reduzindo os custos com irrigação.

Monteiro, Angulo Filho e Monteiro (2010), avaliando o efeito de doses de nitrogênio e lâminas de irrigação na cultura do feijoeiro em Piracicaba, Estado de São Paulo, observaram maior influência da água nas variáveis biofísicas da cultura do que das doses de nitrogênio aplicadas na cultura, que não influenciaram nas variáveis da cultura.

Lopes et al. (2011), verificaram que não houve influência das doses de nitrogênio e interação entre os manejos de irrigação e doses do nutriente para as variáveis produtividade, massa de cem grãos, números de vagens por planta e número de grãos por vagem.

Recentemente, Bernardes et al. (2014), avaliando fontes e doses de nitrogênio aplicados em cobertura na cultura do feijoeiro no município de Santo Antônio de Goiás, Estado de Goiás, estimaram a dose de 133,6 kg ha⁻¹ de N como a que proporciona maiores rendimentos a cultura.

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa é avaliar a influência de lâminas de irrigação e diferentes níveis de nitrogênio, aplicados em cobertura, nos componentes de produção e produtividade do feijoeiro na região de Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Universidade do Estado de Mato Grosso, *Campus* de Tangará da Serra, apresentando coordenadas geográficas de 14° 65' 00" S, 57° 43' 15" W, com elevação de 440 metros, na área experimental pertencente ao Laboratório de Agrometeorologia do Centro de Estudos, Pesquisa e Desenvolvimento Agroambientais (CPEDA). O clima da região é o tropical úmido megatérmico (AW) e o solo é do tipo Latossolo Vermelho distroférico, conforme descrito por Dalchiavon et al. (2010). Os valores médios anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa

do ar são, respectivamente, 24,4 °C, 1.500 mm e 70 – 80 % (DALLACORT et al., 2011).

Próximo a área experimental está instalada e em funcionamento uma estação meteorológica automática do laboratório de Agrometeorologia da qual foram obtidos os dados de temperatura, precipitação, radiação solar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e pressão atmosférica, utilizados na estimativa da evapotranspiração de referência – ETo, método Penman-Monteith – FAO (ALLEN et al., 1998).

O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 5, com 4 repetições, e os tratamentos compostos por quatro lâminas de irrigação (30, 70, 110 e 150 % da ETo) e 5 doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N), tendo como fonte a uréia (45 % de N) aplicados aos 35 dias após a emergência da cultura a campo (STONE; MOREIRA, 2001). O preparo do solo, correção e adubação foram realizadas de acordo com as necessidades e recomendações para a cultura, bem como os demais tratos culturais (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000).

A cultivar de feijão utilizada foi a BRS Estilo, recomendada para cultivo de inverno em solos de Cerrado. A semeadura foi realizada no dia 11/07/2014 e a colheita teve início no dia 30/09/2014. Cada parcela foi constituída por seis linhas espaçadas em 0,45 m, com 6,00 m de comprimento, semeadas com uma semeadora adubadora para plantio direto, distribuindo-se 13 sementes por metro. A colheita foi realizada de forma manual, avaliando-se 10 plantas representativas por parcela.

A irrigação foi composta por um sistema de aspersão espaçados em 12 x 18 m, com aspersor de bocal 4,00 x 2,80 mm, com coeficiente de uniformidade de 82 % e lâmina média de 7 mm h⁻¹, sob pressão de 30 mca. Cada bloco representou uma lâmina de irrigação e era composto por um total de 6 aspersores cada. A diferenciação de lâminas se deu a partir dos 35 dias após a semeadura, assim como Monteiro, Angulo Filho e Monteiro (2010).

No momento da colheita foram avaliados os seguintes componentes de produção: 1) Altura de planta; 2) Diâmetro de colmo; 3) Altura de Inserção da primeira vagem; 4) Número médio de vagens por planta; 5) Número médio de grãos por planta; 6) Massa de 100 grãos e 7) Produtividade, todos conforme metodologia proposta e adaptada por Marco et al. (2012).

Também foi avaliada a eficiência do uso da água pelo feijoeiro, segundo conforme descrito por Lima et al. (2013), expressa em kg mm⁻¹. Os dados dos

componentes de produção foram submetidos à análise de variância a 5 % de probabilidade de erro seguido da análise de regressão, quando F significativo. O software utilizado foi o SISVAR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Valores de F, coeficiente de variação (CV%) e valores médios para as variáveis: Altura de Planta (AP); Diâmetro de Colmo (DC); Altura de Inserção da Primeira Vagem (AIPV); Número de Vagens por Planta (NMVP); Número de Grãos por Vagem (NMGV); Massa de 100 Grãos (P100G) e Produtividade (P). Tangará da Serra – MT, Brasil, 2014

Fonte de Variação	AP (cm)	DC (cm)	AIPV (cm)	NMVP (Und)	NMGV (Und)	P100G (g)	P (kg ha ⁻¹)
Lâmina de Irrig.							
30	39,23	0,44	23,28	4,23	3,47	17,58	588,72
70	52,27	0,59	25,12	7,87	4,30	20,65	1556,11
110	54,86	0,59	19,82	10,73	4,06	22,50	2246,30
150	50,14	0,56	19,73	9,69	4,54	23,54	2377,68
Dose N							
0	49,40	0,49	23,22	5,74	4,00	20,06	1017,01
30	52,70	0,56	21,66	8,05	4,19	19,84	1555,67
60	48,90	0,56	22,02	8,48	3,89	21,10	1689,81
90	46,09	0,54	20,95	8,70	4,11	21,85	1943,24
120	48,51	0,57	22,08	9,68	4,27	22,51	2255,26
Valores de F							
Lâmina	49,19**	46,17**	64,90**	125,65**	80,93**	72,17**	214,86**
Dose	4,68**	7,25**	4,96**	26,31**	6,93**	11,01**	54,72**
Lâmina*Dose	3,59**	1,78ns	6,69**	6,99**	14,35**	3,05**	15,24**
CV (%)	8,92	8,68	6,72	14,02	5,58	6,53	14,77

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

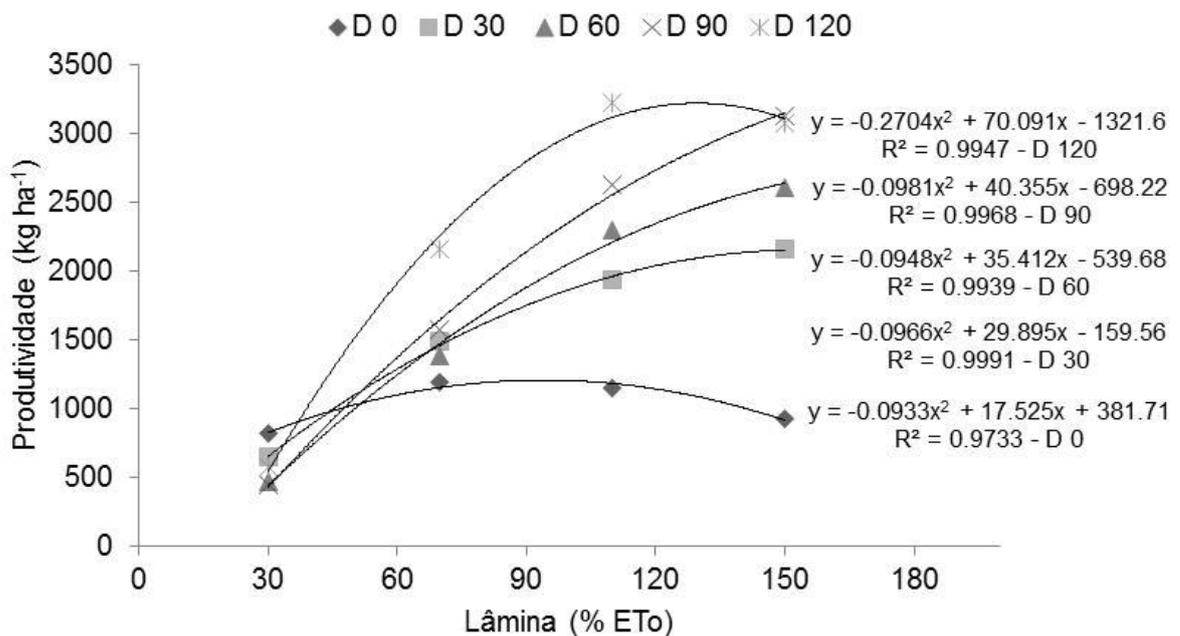
Está apresentado na Tabela 1, o resumo da análise de variância pelo teste F e os valores médios para as variáveis analisadas. Exceto para DC, todas as variáveis

apresentaram interação significativa pelo teste F, para as lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio aplicados em cobertura no município de Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso (Tabela 1).

Os coeficientes de variação (CV%) variaram entre 5,58 %, para NMGV, e 14,77 %, para P, os quais são considerados médios (< 30%) segundo Pimentel Gomes (1985).

Houve interação significativa a 1 % de probabilidade pelo teste F entre as lâminas de irrigação e os níveis de nitrogênio para determinadas variáveis do feijoeiro cultivado em Tangará da Serra (Tabela 1). A produtividade variou entre 450,02 kg ha⁻¹ na dose de 90 kg ha⁻¹ de N e lâmina correspondente a 30 % da ETo a 3.219,15 kg ha⁻¹ na dose de 120 kg ha⁻¹ e lâmina de 110 % da ETo (Figura 1).

Figura 1. Análise de regressão para a produtividade em função das lâminas de irrigação dentro cada nível de nitrogênio. Tangará da Serra, MT – Brasil, 2014



A partir da análise de regressão, foi possível ajustar equações polinomiais de segundo grau para todas as doses dentro de cada lâmina aplicada, apresentando coeficientes de determinação acima de 97 %. Os maiores incrementos em produtividade foram obtidos até a lâmina de 110 % da ETo, na dose de N de 90 kg ha⁻¹, sendo a partir desta lâmina, menos expressivos (Figura 1).

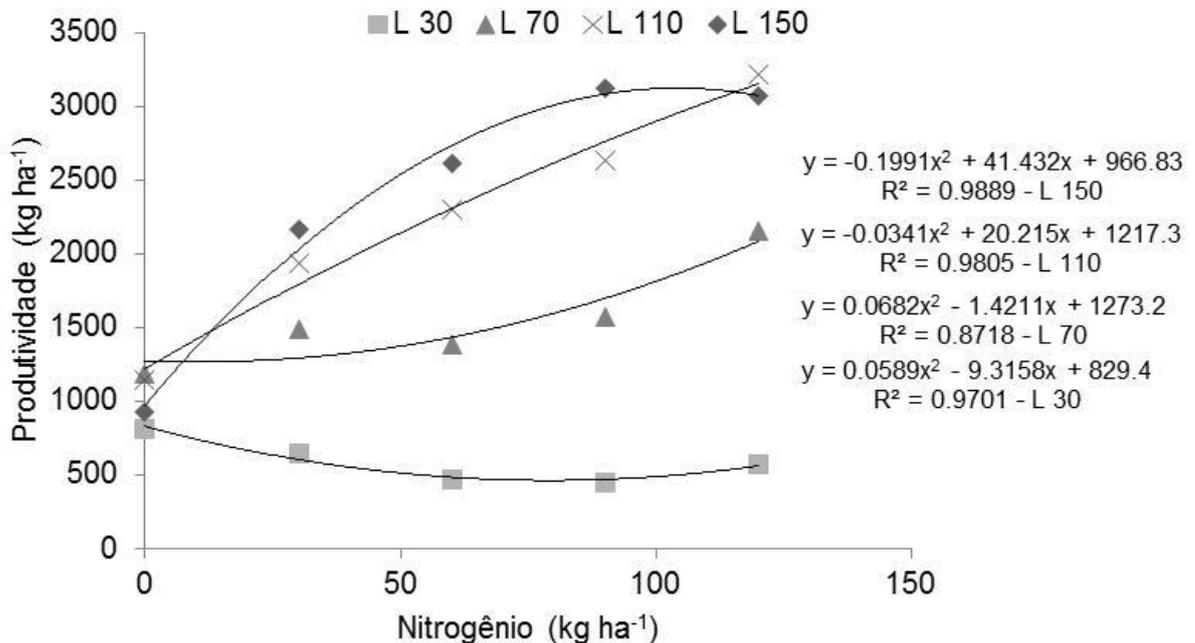
Avaliando a influência de ambientes em diversas cultivares de feijoeiro comum em vários municípios do Estado de Mato Grosso, Pereira et al. (2012), obtiveram produtividade para a BRS Estilo de 2.576 kg ha⁻¹, segundo os autores, de alta estabilidade e adaptabilidade a região de Cerrado no Estado.

A produtividade foi fortemente influenciada pela restrição hídrica, independente da dose de N aplicada em cobertura, acentuando a importância da disponibilidade hídrica para a cultura do feijoeiro. Monteiro, Angulo Filho e Monteiro (2010), avaliando lâminas de irrigação e níveis de N na cultura do feijoeiro em Piracicaba, Estado de São Paulo, verificaram que a água foi mais influente sobre a produtividade do feijoeiro que os níveis de N. Vale ressaltar, que este comportamento é dependente de características como época de aplicação, estágio de desenvolvimento da cultura e dos teores do nutrientes presentes no solo, que talvez possam fornecer a quantidade exigida pela cultura por meio da mineralização da matéria orgânica.

As maiores produtividades obtidas na dose de 120 kg ha⁻¹, principalmente quando em maior disponibilidade hídrica, enfatizam a importância do N para a cultura do feijoeiro e que sua resposta é influenciada principalmente pela disponibilidade hídrica. Bernardes et al. (2014), avaliando diferentes doses de N em cobertura na cultura do feijoeiro de outono-inverno em Santo Antônio de Goiás – GO, estimaram a dose para a máxima produtividade em 133,60 kg ha⁻¹, para uma produtividade de 2.876 kg ha⁻¹.

A Figura 2 apresenta a análise de regressão para produtividade em função dos níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação.

Figura 2. Análise de regressão para produtividade em função dos níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação. Tangará da Serra, MT – Brasil, 2014



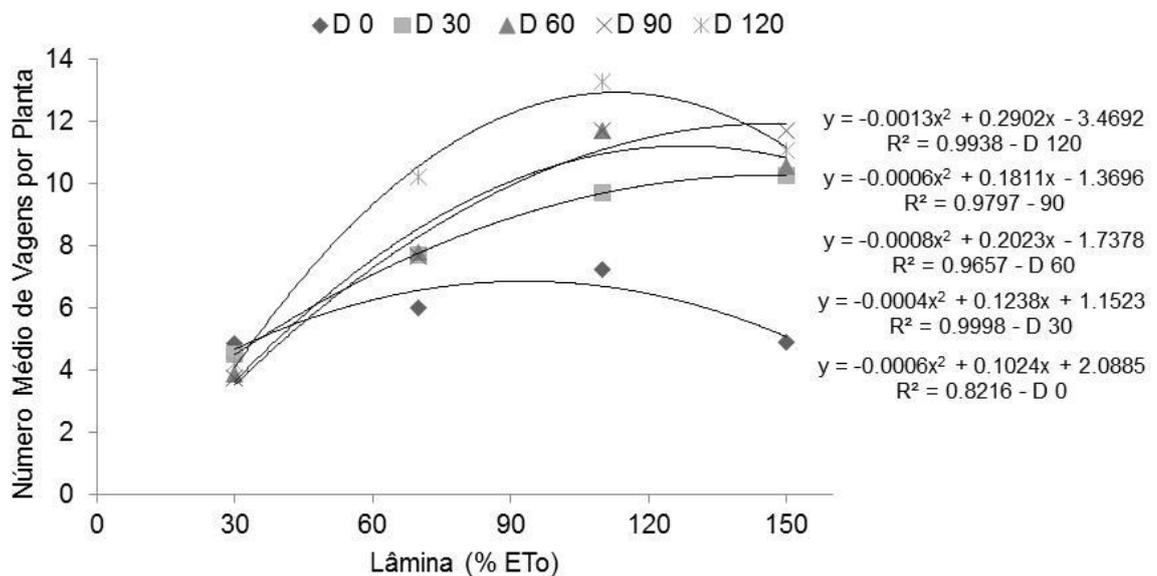
As maiores produtividades foram obtidas nas lâminas de 150 e 110 % da ETo, enquanto que nas lâminas de 30 e 70 % os incrementos em produtividade não foram pronunciados quando se aumentou a disponibilidade de N. Isto pode ser explicado pela importância da água para a dissolução e assimilação do N aplicado na cultura do feijoeiro em que, mesmo diante de uma maior disponibilidade do nutriente, não respondeu em produtividade quando em restrição hídrica (Figura 2).

A maior resposta da cultura nas doses de 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N na lâmina de 150 % da ETo, pode, possivelmente ser explicada pela maior disponibilidade hídrica para absorção do nutriente aplicado em cobertura (Figura 2).

Binotti et al. (2010), avaliando a produtividade do feijoeiro irrigado em função de diferentes doses e fontes de N aplicados em cobertura na cultivar Pérola no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, verificaram aumentos crescentes de produtividade até a dose de 80 kg ha⁻¹, com a produtividade variando entre 1.396 a 1.750 kg ha⁻¹.

O feijoeiro apresentou os maiores valores de NMVP nas lâminas de 110 e 150 % da ETo, com tendência ao decréscimo a partir da lâmina de 110 %, independentemente do nível de N aplicado em cobertura (Figura 3).

Figura 3. Análise de regressão para o número médio de vagens por planta em função das lâminas de irrigação dentro de cada nível de nitrogênio. Tangará da Serra, MT – Brasil, 2014



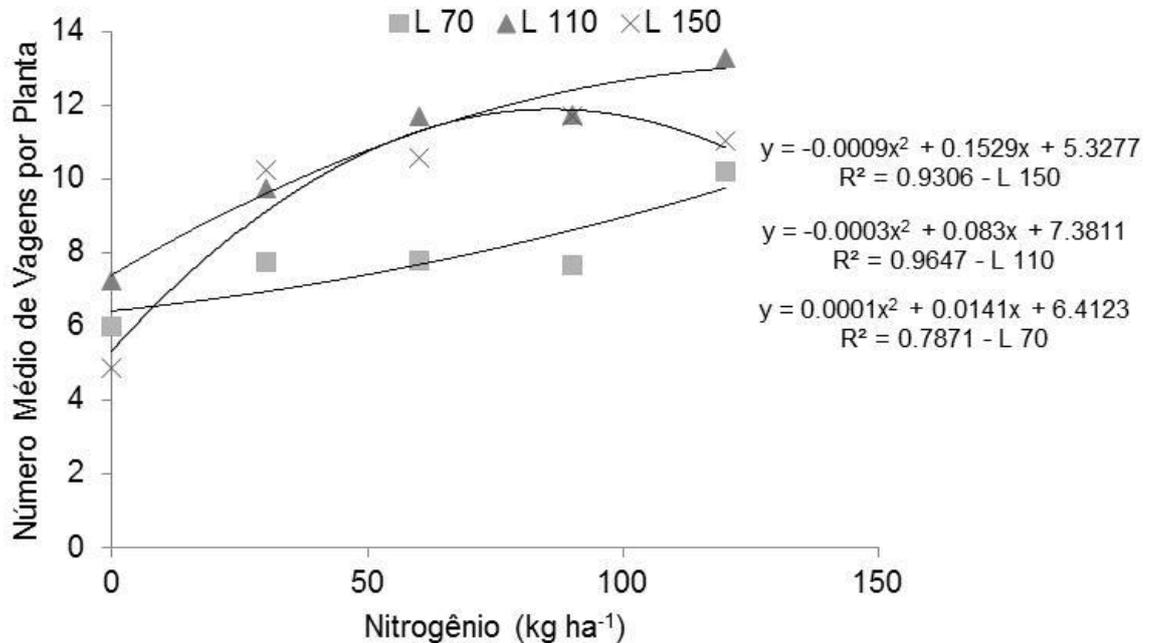
Exceto para a lâmina de 30 % ETo, na qual a dose 0 kg ha⁻¹ apresentou maior NMVP do que os demais tratamentos, todas as demais lâminas apresentaram influência direta na NMVP, juntamente com a dose de N aplicada em cobertura.

A disponibilidade hídrica exerceu influência direta sobre o NMVP, principalmente nas doses de 90 e 120 kg ha⁻¹, evidenciando a importância da aplicação de N em cobertura em eventos que promovam ou disponibilizem maior disponibilidade hídrica para a cultura.

Moreira et al. (2013), avaliando o desempenho de doses de N em cultivo de feijoeiro irrigado no município de Janaúba, Estado de Minas Gerais, verificaram a maior produtividade (2.436 kg ha⁻¹) e o maior número de vagens por planta (17 vagens) na dose de 120 kg ha⁻¹. Tais diferenças entre os valores podem ser atribuídas a características locais e a interação entre a cultivar e o ambiente, assim como também a características físico-químicas do solo de cada localidade.

Não houve análise de regressão significativa para as doses de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação para o NMVP (Figura 4). É notório a maior eficiência das maiores doses de N nas lâminas de 110 e 150 % da ETo. Tal fato reitera a importância da disponibilidade hídrica para a absorção do N, que é um elemento necessário em todas as fases de desenvolvimento da cultura.

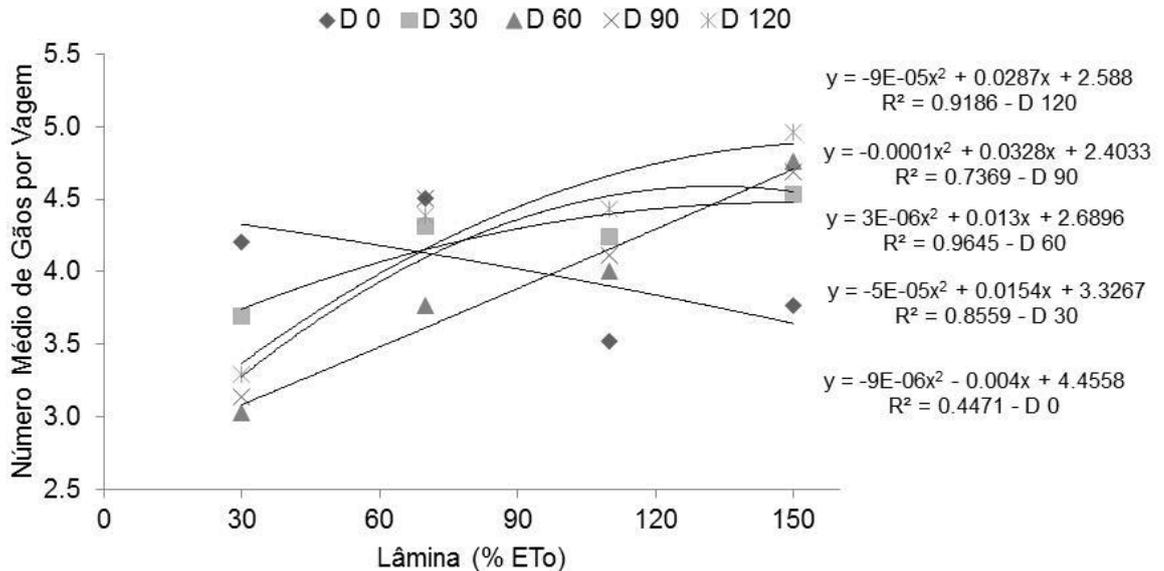
Figura 4. Análise de regressão para o número médio de vagens por planta em função dos níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação. Tangará da Serra, MT – Brasil, 2014



Além da disponibilidade hídrica, os menores valores de NMVP nas lâminas de 30 e 70 %, também podem ser atribuídos pela baixa absorção de N e também de outros elementos, pois o N é absorvido, em quase sua totalidade, através do fluxo de massa, na qual o elemento é carregado pela água para uma região próxima da raiz com potencial de água menor, evidenciando que, nestas condições a aplicação de N em cobertura não promove aumentos significativos nos componentes de produção em geral.

Na Figura 5, está apresentado o NMGV para as lâminas de irrigação para cada nível de N aplicado em cobertura na cultura do feijoeiro. O NMGV aumentou com a maior lâmina e dose de N em cobertura, exceto para a dose 0 kg ha⁻¹, na qual a regressão não foi significativa.

Figura 5. Análise de regressão para número médio de grãos por vagem em função das lâminas de irrigação dentro de cada nível de nitrogênio. Tangará da Serra, MT – Brasil, 2014

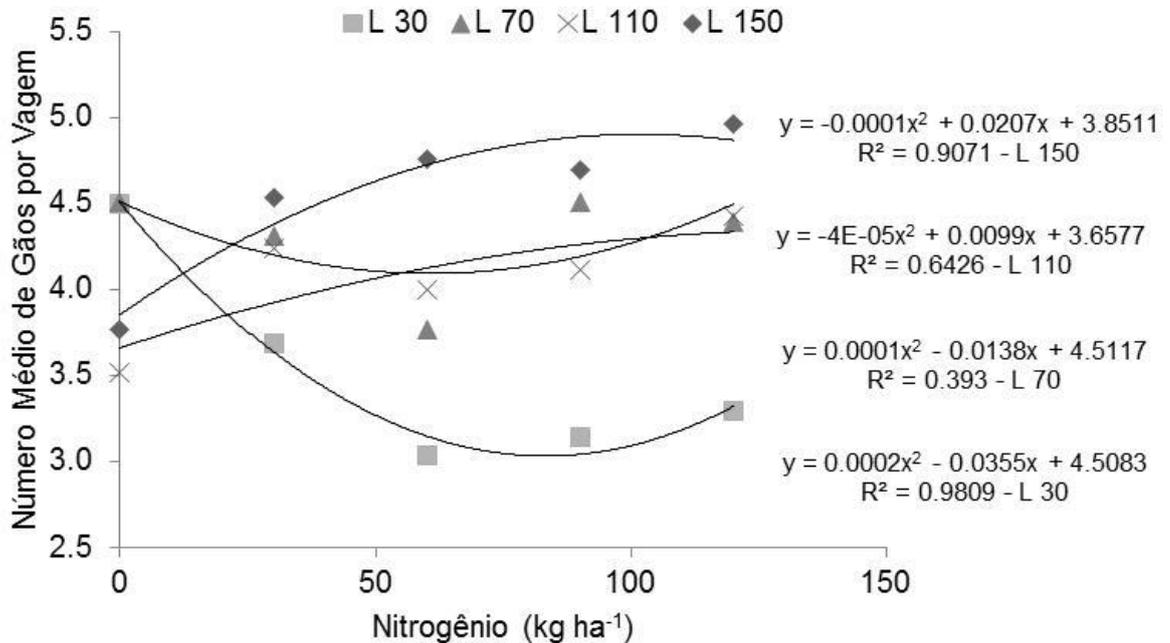


Com exceção da dose de 0 kg ha^{-1} , a lâmina de 150 % da ETo apresentou os maiores valores para o NMGV (Figura 6). A lâmina de 30 % da ETo apresentou os menores valores de NMGV, exceto para a dose de 0 kg ha^{-1} de N.

O menor NMGV da lâmina de 110 % (Figura 6) pode ser explicado em função do maior NMVP da lâmina de 110 % (Figura 3), que reflete em um maior número de grãos “chochos” por planta, o que não aconteceu para a lâmina de 70 %, que mesmo com o menor NMVP, apresentou maior NMGV. Tal fato pode ser atribuído à disponibilidade hídrica, que na lâmina de 110 % não foi eficiente para a maior resposta da cultura aos níveis de N em cobertura.

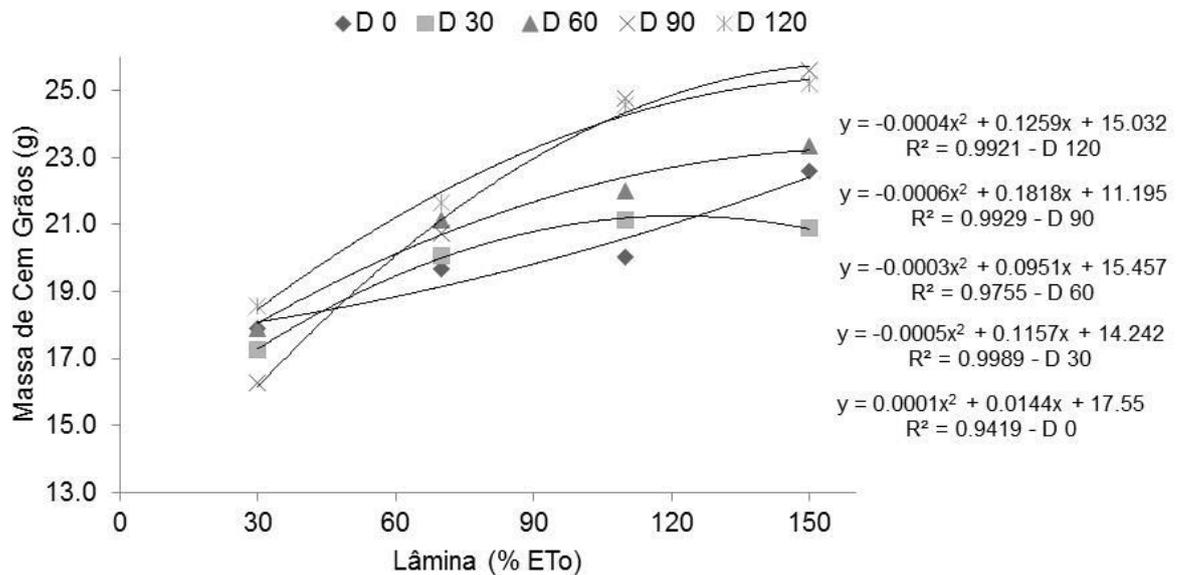
Segundo Guerra, Silva e Rodrigues (2000), o número médio de grãos por vagem é mais influenciado pela disponibilidade hídrica do que pelas doses de N em cobertura. Concluíram também que o número de vagens por planta e a massa de cem grãos variam com a disponibilidade hídrica e os níveis de N.

Figura 6. Análise de regressão para o número médio de grãos por vagem em função dos níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação. Tangará da Serra, MT – Brasil, 2014



Verificando a análise de regressão para a P100G (Figura 7), evidenciam-se maiores massas nas lâminas de 110 e 150 % respectivamente, com aumentos mais pronunciados a partir da lâmina de 70 % da ETo. Observa-se, também, que o aumento da lâmina, independente da dose de N aplicada em cobertura, promove o aumento da massa dos grãos. Isto, possivelmente pela maior facilidade de absorção e metabolismo de nutrientes pela cultura.

Figura 7. Análise de regressão para a massa de 100 grãos em função das lâminas de irrigação dentro de cada nível de nitrogênio. Tangará da Serra, MT – Brasil, 2014

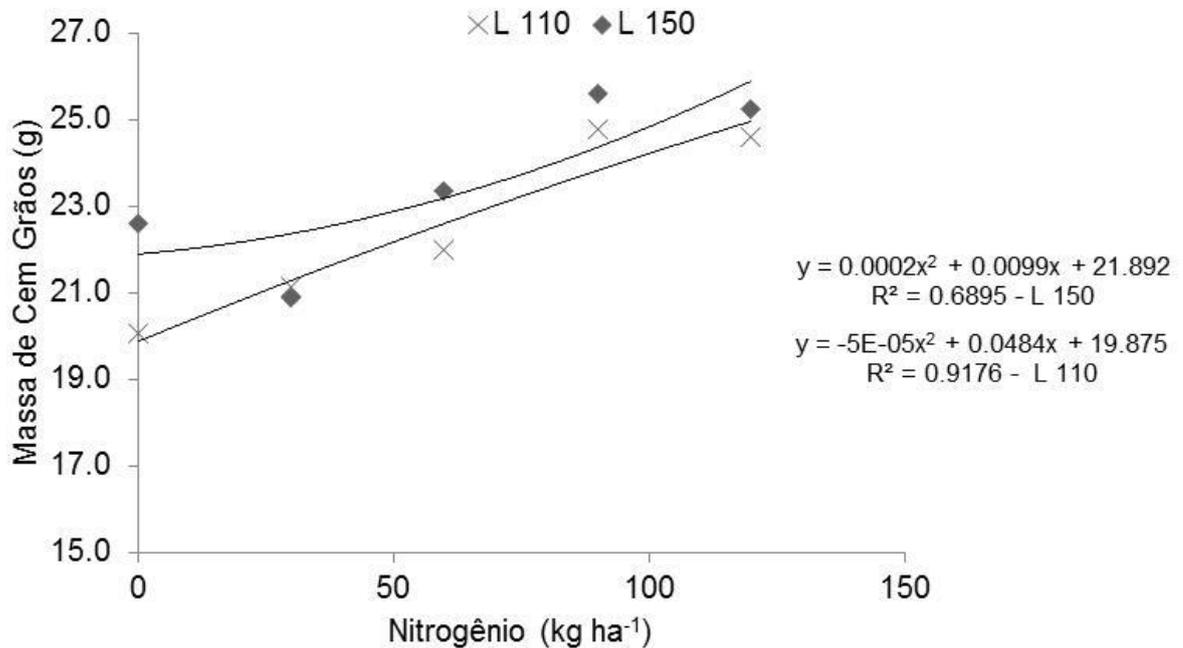


Houve regressão significativa para análise de níveis de N nas lâminas de irrigação, apenas para 110 e 150 % da ETo. A maior massa de 100 grãos da lâmina de 150 % nas doses de 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N garantiu a produtividade que, no entanto, não diferiu estatisticamente da lâmina de 110 % (Figura 8).

Binotti et al. (2010) não observaram influência de fontes e doses de nitrogênio em cobertura para a variável massa de cem grãos do feijoeiro, assim como Moreira et al. (2013) concluíram que a massa de 100 grãos não é afetada pelas doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura. Isto pode significar que a diferença entre massas de grãos está mais relacionada à lâmina de irrigação do que ao N aplicado em cobertura.

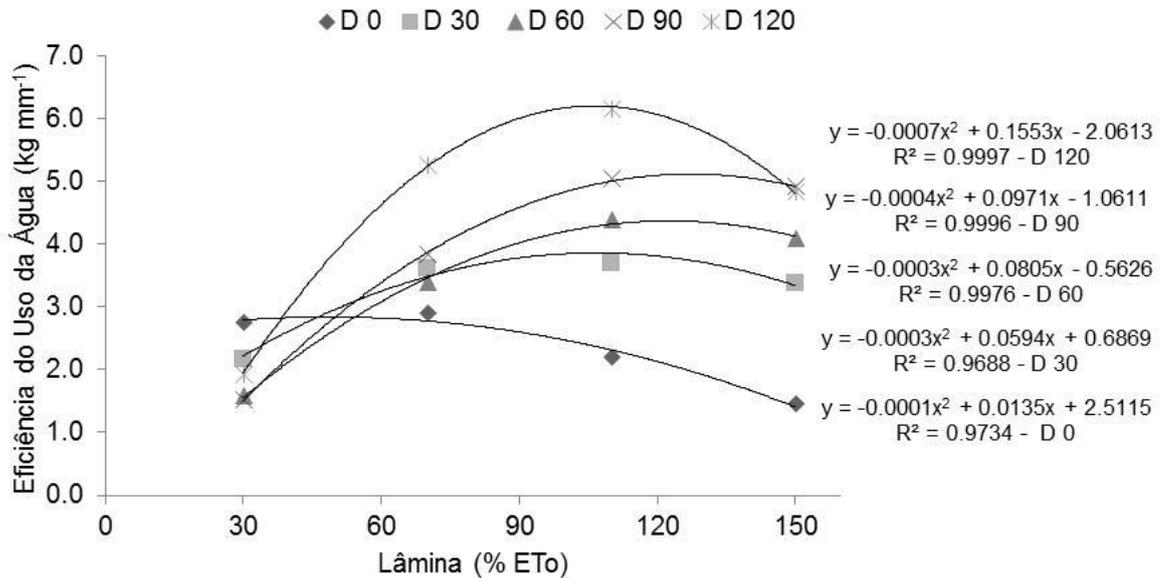
Entretanto, Chidi et al. (2002), avaliando a resposta do feijoeiro a aplicação de doses de nitrogênio em cobertura em cultivo irrigado no município de Selvíria – MS, verificaram o acréscimo de produtividade e massa de cem grãos para o N aplicado em cobertura.

Figura 8. Análise de regressão para massa de 100 grãos em função dos níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação. Tangará da Serra, MT – Brasil, 2014



A eficiência do uso da água (EUA) para as lâminas de irrigação em cada dose de N estão apresentadas na Figura 9. Na ausência de N em cobertura (dose 0 kg ha⁻¹) a EUA foi maior na lâmina de 30 % da ETo, decrescendo com o aumento da disponibilidade hídrica. Isso se deve, possivelmente, ao fato de que a ausência do N prejudicou a produtividade da cultura do feijoeiro, que diante da disponibilidade hídrica não apresentou aumentos em produtividade. Este comportamento evidencia a importância do correto manejo de adubação e irrigação nos cultivos agrícolas.

Figura 9. Análise de regressão para eficiência do uso da água em função das lâminas de irrigação dentro de cada nível de nitrogênio. Tangará da Serra, MT – Brasil, 2014

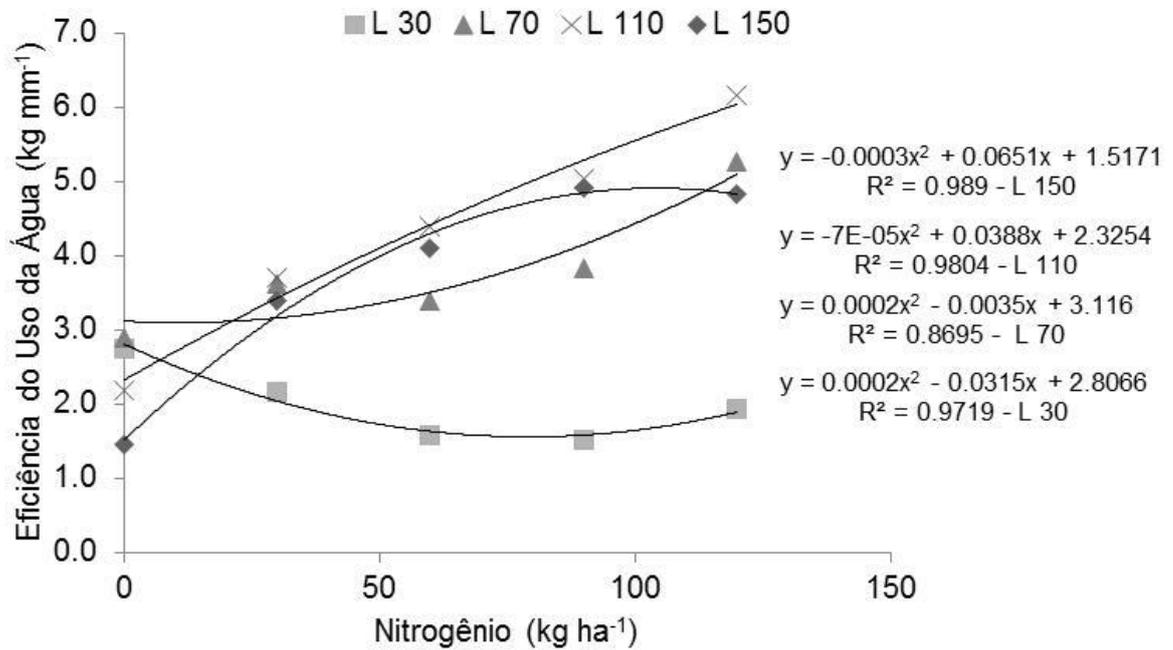


Para os níveis de N de 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹, a EUA foi menor na lâmina de 30 % da ETo, ou seja, a aplicação de N em cobertura sob estresse hídrico afetou negativamente a cultura do feijoeiro, situação que é invertida quando ocorre o aumento da disponibilidade hídrica para a cultura.

As maiores EUA ocorreram para as doses de 90 e 120 kg ha⁻¹ de N, principalmente na lâmina de 110 % da ETo, ou seja, nesta lâmina e dose, houve maior produtividade de grãos em relação à quantidade de água aplicada (kg mm⁻¹).

A Figura 10 apresenta a análise de regressão para os níveis de nitrogênio em função das lâminas de irrigação.

Figura 10. Análise de regressão para a eficiência do uso da água em função dos níveis de nitrogênio dentro de cada lâmina de irrigação. Tangará da Serra, MT – Brasil, 2014



Verifica-se que os maiores incrementos foram obtidos nas doses de 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N na lâmina de 110 % da ETo. Isto indica que a maior produtividade não é influenciada somente por um dos fatores, e sim pela interação entre eles. Considerando a EUA a lâmina de 110 % de ETo nas doses de 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N é maior às demais lâminas, sendo mais produtiva com menor quantidade de água.

Os totais irrigados e lâmina (ETo) estimada estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Lâminas de irrigação aplicadas à cultura do feijoeiro. Tangará da Serra, MT – Brasil, 2014

Data	Lâmina aplicada (mm)			
	L 30 %	L 70 %	L 110 %	L 150 %
12/07/2014	30,00	30,00	30,00	30,00
16/07/2014	30,00	30,00	30,00	30,00
20/07/2014	30,00	30,00	30,00	30,00
24/07/2014	30,00	30,00	30,00	30,00
28/07/2014	30,00	30,00	30,00	30,00
01/08/2014	30,00	30,00	30,00	30,00
05/08/2014	30,00	30,00	30,00	30,00
09/08/2014	3,50	8,16	12,83	17,49
12/08/2014	6,97	16,27	25,56	34,86
18/08/2014	12,52	29,20	45,89	62,58
21/08/2014	7,27	16,96	26,65	36,35
25/08/2014	7,95	18,55	29,15	39,75
29/08/2014	11,86	27,66	43,47	59,28
01/09/2014	3,70	8,62	13,55	18,48
05/09/2014	1,98	4,62	7,26	9,90
10/09/2014	5,40	12,60	19,80	27,00
13/09/2014	6,00	14,00	22,00	30,00
19/09/2014	9,00	21,00	33,00	45,00
24/09/2014	4,50	10,50	16,50	22,50
28/09/2014	4,50	10,50	16,50	22,50
Total	295,14	408,65	522,17	635,69

A irrigação total necessária a partir da estimativa da ETo para Tangará da Serra foi de 493,79 mm e as lâminas aplicadas foram 295,14, 408,65, 522,17 e 635,69 mm correspondendo as lâminas de 30, 70, 110 e 150 da ETo, distribuídos em 20 eventos de irrigação durante o ciclo da cultura do feijoeiro.

Monteiro, Angulo Filho e Monteiro (2010) obtiveram produtividade de 3.986,03 kg ha⁻¹ com lâmina total de 406,02 mm e dose de 160 kg ha⁻¹ de N. Salgado et al. (2012), avaliando diferentes genótipos de feijoeiro quanto à aplicação de nitrogênio

em Gurupi, Estado do Tocantins, verificaram diferentes respostas de cultivares quanto a utilização do nutriente. Observaram também maior diâmetro de caule, altura de plantas e maior número de vagens por planta nas maiores doses de N aplicados.

Avaliando a resposta do feijoeiro quanto à aplicação de seis doses de nitrogênio em cobertura sob sistema de plantio direto em Selvíria – MS, Alvarez et al. (2005) constataram que a cultura responde a aplicação acima de 100 kg ha⁻¹.

De acordo com Brandão et al. (2013), avaliando os efeitos do estresse hídrico na fotossíntese e evapotranspiração do feijoeiro comum em Maringá – PR, há influência direta da água disponível no solo nos processos de fotossíntese e evapotranspiração da cultura, sendo a fotossíntese reduzida com a diminuição da disponibilidade de água, assim como a evapotranspiração é afetada pelo crescimento da cultura e disponibilidade hídrica. A condutância estomática foi considerada a controladora da transpiração e fotossíntese.

Diante de todas as informações expostas, percebe-se que a interação entre as lâminas de irrigação e a adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijoeiro comum é complexa e dependente de vários fatores que atuam em conjunto, podendo assim, apresentar respostas ou comportamentos diferentes de acordo com a metodologia de uso de ambos em conjunto.

O critério de quanto irrigar e que dose de N utilizar depende da análise criteriosa dos dados apresentados e dos recursos hídricos e econômicos disponíveis, com o objetivo de evitar desperdícios e prejuízos de ordem monetária.

Por fim, estão apresentadas os pontos de máximo estimados para as variáveis NMVP, NMGV, P100G, P e EUA para a interação entre as lâminas de irrigação e as doses de N em cobertura (Tabela 3).

Tabela 3. Pontos de máximo para as variáveis: Número de Vagens por Planta (NMVP); Número de Grãos por Vagem (NMGV); Massa de 100 Grãos (P100G) e Produtividade (P) e Eficiência do Uso da Água (EUA). Tangará da Serra – MT, Brasil, 2014

Variáveis	Ponto de máximo				
	NMVP	NMGV	P100G	P	EUA
L/D0	92,73	-	57,85	94,22	46,76
	6,82	-	18,77	1207,23	2,82
L/D30	146,92	144,23	121,05	155,70	106,88
	10,25	4,41	21,21	2167,81	3,86
L/D60	128,01	-	164,36	188,36	121,95
	11,20	-	23,27	2741,28	4,32
L/D90	146,68	130,08	160,49	205,89	126,96
	11,91	4,48	25,79	3456,18	5,10
L/D120	112,84	157,30	164,47	129,80	106,16
	12,89	4,79	25,32	3227,13	6,17
D/L30	-	80,84	-	80,30	77,89
	-	3,16	-	455,39	1,60
D/L70	-	60,34	-	10,45	8,98
	-	4,10	-	1265,77	3,10
D/L110	137,42	125,00	470,59	297,28	292,31
	13,08	4,22	31,17	4222,04	7,88
D/L150	85,20	99,01	-	104,10	103,83
	11,80	4,85	-	3123,38	4,89

L = Lâmina de Irrigação; D = Dose de N

6 CONCLUSÕES

Houve interação significativa para todas as variáveis analisadas, exceto diâmetro de colmo entre as lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio aplicados em cobertura na cultura do feijoeiro no município de Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso.

A lâmina de irrigação estimada que proporcionou a maior produtividade foi a 110 % ETo com produtividade de 4222,04 kg ha⁻¹.

A dose de nitrogênio estimada que resultou na maior produtividade foi a 90 kg ha⁻¹, com produtividade de 3456,18 kg ha⁻¹.

A maior e menor eficiência do uso da água foram obtidas nas lâminas de 110 e 30 % da ETo, respectivamente.

O total irrigado nas lâminas de 30, 70, 110 e 150 % foram 295,14, 408,65, 522,17 e 635,69 mm, respectivamente.

Recomenda-se o estudo com maiores níveis de nitrogênio e lâminas de irrigação para verificar a máxima produtividade da cultura do feijoeiro.

7 AGRADECIMENTOS

Ao auxílio financeiro do projeto de pesquisa Aplicação e transferência de tecnologias na otimização de sistemas agrícolas sustentáveis, Processo CNPq 564112/2010-0, edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 326 p. (Paper, 56).

ALVAREZ, A. C. C. et al. Resposta do feijoeiro à aplicação de doses e fontes de nitrogênio em cobertura no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá. v. 27, n. 1, p. 69-75, jan./mar. 2005.

ARF, O. et al. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, fev. 2004.

BERNARDES, T. G. et al. Resposta do feijoeiro de outono-inverno a fontes e doses de nitrogênio em cobertura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 458-468, mar./apr. 2014.

BINOTTI, F. F. S.; et al. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno irrigado no sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 770-778, sept./oct. 2010.

BRANDÃO, D. et al. Effects of water stress on photosynthesis and evapotranspiration in common bean plants. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 11, n. 1, p. 383-388, jan. 2013.

CHIDI, S. N. et al. Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1391-1395, jan./dez. 2002.

DALCHIAVON, F. C. et al. Características agronômicas das sementes e dos frutos de pinhão-mansão no município de Tangará da Serra, MT. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 95-101, jan./dez. 2010.

DALLACORT, R. et al. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193-200, apr./june 2011.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de Feijão**. 1. ed. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2000. 385p.

FRIZZONE, J. A. Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 24-49, jan./dez. 2007.

GUERRA, A. F.; SILVA, D. B.; RODRIGUES, G. C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1229-1236, june 2000.

LIMA, R. A. S. et al. Eficiência no uso da água por cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com e sem cobertura morta. **Agropecuária Científica do Semiárido**, Patos, v. 9, n. 3, p. 18-25, jul./set. 2013.

LOPES, A. S. et al. Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivados em sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 51-56, jan./mar. 2011.

MARCO, K. et al. Aptidão agroclimática e características agronômicas do feijão-comum semeado na safra das águas em Tangará da Serra – MT. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 160-170, jul./dez. 2012.

MONTEIRO, P. F. C.; ÂNGULO FILHO, R.; MONTEIRO, R. O C. Efeitos da irrigação e da adubação nitrogenada sobre as variáveis agronômicas da cultura do feijão. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 386-400, out./dez. 2010.

MOREIRA, G. L. et al. Desempenho agronômico do feijoeiro com doses de nitrogênio em semeadura e cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 818-823, aug. 2013.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1985. 467p.

PEREIRA, H. S. et al. Influência do ambiente em cultivares de feijoeiro comum em cerrado com baixa atitude. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 165-172, abr./jun. 2012.

SALGADO, F. H. M. et al. Efeito do nitrogênio em feijão cultivado em terras altas no sul do Estado de Tocantins. **Ambiência**, Guarapuava, v. 18, n. 1, p. 125-136, jan./abr. 2012.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 36, n. 3, p. 473-481, mar. 2001.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos são os fatores que influenciam os cultivos agrícolas, dentre eles, os fatores climáticos são determinantes para o alcance de altas produtividades. A utilização conjunta das informações geradas nesta pesquisa podem auxiliar pesquisadores e produtores de todo o Estado de Mato Grosso, nas decisões de planejamento e tomadas de decisão.

Por meio do zoneamento e com o conhecimento do solo de cada região, é possível conhecer as áreas de maior risco e as épocas de semeadura mais favoráveis ao cultivo e adotar medidas que favoreçam os cultivos, como por exemplo, os sistemas de irrigação. Diante da riqueza hídrica do Estado e da preocupação com mudanças climáticas e sazonalidades dos regimes de chuvas que cada vez se tornam mais constantes, a prática da irrigação poderá potencializar e minimizar o risco de quebras de safra.

O coeficiente duplo de cultivo, além de determinar a demanda de água em cada estágio de desenvolvimento da cultura do feijoeiro, pode ser útil para a adoção de práticas de manejo entre os agricultores que minimizem as perdas de água por evaporação, reduzindo assim os desperdícios deste recurso que é fundamental para a agricultura e demais setores produtivos, além de proporcionar melhorias às propriedades físico-químicas do solo, buscando a sustentabilidade do sistema produtivo.

Aliado a demanda de água da cultura do feijoeiro, o manejo de irrigação e adubação é fundamental para o aumento de produtividade e garantia de produção. As condições climáticas locais e épocas de cultivo devem ser consideradas no planejamento rural. É evidente que a eficiência da irrigação e adubação são influenciadas por manejos e técnicas de cultivos adotadas, bem como a época de aplicação e condições meteorológicas vigentes no período em que a mesma é realizada.

Enfim, para que todas as informações geradas impactem em mudanças e se tornem efetivas na região, seria necessário aplica-las aos produtores que nem sempre tem acesso a periódicos e as ferramentas de busca. Desta forma a realização de dias de campo, encartes técnicos e boletins seriam fundamentais na divulgação dos resultados desta pesquisa.