

ARTIGO CIENTÍFICO

USO ECONÔMICO DA ÁGUA PARA O FEIJÃO CAUPI NA REGIÃO DO SERTÃO ALAGOANO
ECONOMIC USE OF WATER FOR COWPEA IN THE REGION OF SERTÃO ALAGOANO

Samuel Silva¹, Carla Sabrina da Silva², Jonatas Emanuel Souza³, Amanda Cibele da Paz Sousa⁴, Edmaíris Rodrigues Araújo⁵

Resumo: A irrigação na agricultura permite dar condições para que o material genético expresse em campo todo o seu potencial de produção, mas são necessários estudos científicos para otimizar o uso da água em regiões de difícil acesso à mesma, como é o caso das regiões semiáridas. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo determinar a lâmina econômica de irrigação para a cultura do feijão caupi na região do Sertão Alagoano. Foi utilizada uma variedade crioula tipo fradinho comumente cultivada pelos agricultores da região, a qual foi submetida a cinco lâminas de irrigação (30, 60, 90, 120 e 150% da evapotranspiração da cultura-ETc). O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal de Alagoas/Campus Piranhas, durante os meses de fevereiro a maio de 2018. A cultura foi irrigada por gotejamento, em que os custos da irrigação mais os custos de plantio e tratos culturais foram utilizados para determinar o nível econômico de água, através da análise da produtividade de grãos. A produtividade agrícola diferiu estatisticamente entre as lâminas aplicadas, conforme o teste F ($p < 0,05$). A lâmina econômica de irrigação por gotejamento para o feijão caupi cultivado no sertão alagoano está situada em torno de 92% da ETc, em que é possível se obter produtividade média de grãos de 1,8 Mg ha⁻¹.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp., função de produção, gotejamento

Abstract: Irrigation in agriculture allows the genetic material to express all its production potential in the field, but scientific studies are needed to optimize the use of water in regions that are difficult to reach, such as semi-arid regions. The objective of this study was to determine the economic irrigation depth for cowpea in the region of Sertão Alagoano. A blackeye cowpea variety commonly cultivated by the region's farmers was used, which was submitted to five irrigation depths (30, 60, 90, 120 and 150% of crop evapotranspiration-ETc). The experiment was carried out at the Federal Institute of Alagoas/Campus Piranhas during the months of September to December 2017. The crop was irrigated by drip irrigation, where irrigation costs more planting and cultural practices costs were used to determine the economic water level, through analysis of grain yield. The agricultural productivity differed statistically between the applied depths, according to the F test ($p < 0.05$). The economic drip irrigation for cowpea cultivated in the Sertão Alagoano is located around 92% of the ETc, where it is possible to obtain a grain yield of 1.8 Mg ha⁻¹.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp., production function, drip

* Amanda Cibele da Paz Sousa

Recebido para publicação em 11/03/2019; aprovado em 28/06/2019.

¹IFAL Campus Piranhas: samuel.silva@ifal.edu.br

²IFAL Campus Piranhas: carlasabrina18@gmail.com

³IFAL Campus Piranhas: jonatas072010@gmail.com

⁴IFAL Campus Piranhas: amandacibele-21@hotmail.com

⁵IFAL Campus Piranhas: edmairisengifal@gmail.com

INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido como feijão macassar, é considerado como uma das leguminosas de maior importância socioeconômica para as regiões Norte e Nordeste do Brasil, constituindo-se como uma das mais importantes fontes proteicas na alimentação da população rural (BEZERRA et al., 2014). Por ser cultivado principalmente em pequenas propriedades, em sua maioria, os produtores não tem acesso à assistência técnica necessária para verticalizar a produção. Instituições de pesquisa como a Embrapa, institutos federais e universidades vêm desenvolvendo estudos com esta cultura, no que diz respeito à adaptação de cultivares e criação de novas tecnologias para alavancar a regionalização da agricultura familiar. Sobretudo na região do sertão alagoano, em que os perímetros irrigados às margens do rio São Francisco e o andamento da construção do canal do sertão desperta o interesse em estudar esta planta.

O cultivo de feijão caupi predomina no período chuvoso, porém, em alguns anos ocorrem veranicos e a cultura fica sujeita ao déficit hídrico, em que essa baixa disponibilidade de água no solo é fator limitante para o desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas (LIMA et al., 2018). Por ser o veículo de condução dos nutrientes até a interface solo-raiz e no xilema, a água pode interferir na fisiologia da planta, na dinâmica de absorção e na utilização dos nutrientes (FERREIRA et al., 2008). Neste sentido, a irrigação além de suprir esta deficiência, pode favorecer o cultivo de uma segunda safra na estação seca. Entretanto, o uso inadequado dos recursos hídricos na agricultura irrigada, em função da busca por elevadas produtividades vêm contribuindo para o alto desperdício de água, resultando em consequências indesejáveis ao meio ambiente. Assim, convém fazer uso dos sistemas de irrigação localizada, os quais apresentam melhor eficiência e uniformidade de aplicação de água, baixo consumo de energia e mantém a umidade do solo sempre próximo à capacidade de campo (GEISENHOFF et al., 2015).

Outra maneira de se aumentar a eficiência da agricultura irrigada é através do uso de sistemas de manejo conservacionistas, que possam contribuir para o aumento da produtividade com redução da lâmina de água aplicada à cultura. Porém, na região do sertão alagoano ainda existem poucos estudos científicos nessa área, uma vez que, a maioria das tecnologias é desenvolvida para o cultivo em condições de sequeiro. Assim, os cultivos irrigados permitirão ao produtor rural o uso de tecnologias mais avançadas, permitindo o aumento da produtividade (RESENDE et al., 2000).

O rendimento das culturas agrícolas depende, dentre outros fatores, das práticas culturais utilizadas, como por exemplo, o manejo correto da irrigação, que além de afetar diretamente o desempenho da cultura, interage com os demais fatores de produção (Oliveira et al., 2011), pois permite determinar a quantidade de água necessária para a planta no momento certo, otimizando o uso da água e preservando o meio ambiente. Para isso, é necessário o conhecimento do consumo hídrico pela cultura, da demanda atmosférica e das características físico-hídricas do solo para então, determinar a lâmina econômica de irrigação para a cultura.

No Estado de Alagoas, a produtividade agrícola do feijão é prejudicada pela ocorrência de veranicos pois a estação chuvosa geralmente se inicia em abril e termina em outubro, mesmo durante a estação chuvosa, às vezes há períodos sem chuva que provocam pequenos estresses hídricos nas plantas

(CARVALHO et al., 2013). Da emergência a floração considera-se período crítico da cultura ao déficit hídrico. Os efeitos prejudiciais à planta pela deficiência de água são observados na floração, ocorre queda de flores e reduz o número de legumes por planta. Alguns trabalhos demonstram que os déficits hídricos por período de 14, 17 e 20 dias reduzem o rendimento em 20, 38 e 52%, respectivamente (BACK, 2001). Assim, a necessidade hídrica do feijão caupi durante o ciclo de produção, quando não é totalmente suprida pela chuva, deve ser complementada através da irrigação. Contudo, a água é um recurso que nos últimos anos está sendo alvo de muitas discussões quanto ao seu uso e disponibilidade. Para o uso de irrigação na agricultura, práticas conservacionistas agrícolas devem ser consideradas para economizar recursos hídricos e aperfeiçoar a eficiência de seu uso. Dessa forma, para utilizá-la com economia os projetos de irrigação precisam melhorar o manejo para aumentar a eficiência no uso da água (EUA).

Quando o objetivo é maximizar EUA, uma das opções é adotar a irrigação deficitária, ou seja, irrigar abaixo do nível de máxima produção, desde que a redução da produtividade seja mínima ao ponto de manter o retorno econômico da cultura (KANG et al., 2000). E, para se quantificar a produtividade da cultura em função de vários níveis de um insumo, utiliza-se uma curva de produtividade, a qual é determinada por uma função de resposta. Desta forma, estudos para quantificar a lâmina de irrigação de maior eficiência econômica permitirão definir um manejo adequado e a adoção de práticas sustentáveis e econômicas para o cultivo do feijão caupi irrigado no sertão alagoano. Assim este trabalho teve como objetivo determinar a lâmina econômica de irrigação para a cultura do feijão caupi na região do Sertão Alagoano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Alagoas/Campus Piranhas de 22 de fevereiro a 09 de maio de 2018. A cultivar de feijão caupi utilizada foi uma variedade crioula tipo fradinho adaptada às condições climáticas da região. O delineamento experimental utilizado foi em faixas com quatro repetições. Os tratamentos foram 5 lâminas de irrigação (L1-30%, L2-60%, L3-90%, L4-120% e L5-150% da evapotranspiração da cultura-ETc). As parcelas foram compostas por 4 fileiras de 5,0 m de comprimento espaçadas a 0,80 m, resultando numa área total de 16 m², sendo que a área útil foi composta pelos 3 m centrais das duas linhas do meio.

O plantio foi feito em sulcos abertos manualmente, em que foram colocadas 4 sementes a cada 20 cm. Aos 15 dias após a semeadura (DAS) realizou-se o desbaste, deixando a planta mais vigorosa e um estande final de 62.500 plantas por hectare. Foi aplicada cobertura morta na superfície do solo usando material vegetal cortado e seco, colocado logo após a emergência das plantas na quantidade apenas para cobrir o solo, resultando em uma camada de 3 a 5 cm. O controle de ervas espontâneas foi feito com capina manual de acordo com a necessidade.

A irrigação foi feita via sistema de gotejamento com vazão de 7,5 L h⁻¹ m⁻¹, pressão nominal de 10 mca e espaçamento entre gotejadores de 20 cm. Nos primeiros 20 DAS todos os tratamentos foram irrigados de forma a não causar déficit hídrico à cultura. A partir deste período, as lâminas de irrigação foram diferenciadas conforme os tratamentos e foram determinadas em função da evapotranspiração da cultura (ETc), em que os dados

meteorológicos para essa estimativa foram obtidos na estação automática de aquisição de dados do INMET, localizada no IFAL/Piranhas próximo à área experimental.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) para se estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \left(\gamma \frac{900}{T + 273} \right) u_2 (e_s - e)}{\Delta + \left[\gamma (1 + 0,34 u_2) \right]} \quad (1)$$

Em que:

Δ - é a inclinação da curva da pressão de vapor d'água saturado versus temperatura do ar (kPa °C⁻¹)

R_n - é o Saldo de radiação medido (MJ m⁻² dia⁻¹)

G - é o fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹)

γ - é o Coeficiente psicrométrico

T - é a temperatura média do ar

u₂ - é a velocidade média do vento a 2 m de altura (m s⁻¹)

e_s - é a pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa)

e - é a pressão do vapor d'água do ar (kPa).

Por ocasião da colheita a partir dos 55 dias após o plantio, a produtividade do feijoeiro foi determinada através do peso médio dos grãos, em que as amostras foram colocadas em estufa de secagem por 48 horas a 65°C para corrigir a umidade para 13%. Através dos dados de rendimento de grãos e da ETr foi determinada a eficiência no uso da água pela cultura (EUA) em mm por tonelada:

$$EUA = \frac{W}{Pt} \quad (2)$$

Em que:

Pt - é a produtividade agrícola (Mg ha⁻¹)

W - é a lâmina de irrigação utilizada (mm)

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em que foi obtida a função de produção da cultura e, conseqüentemente, a lâmina econômica de irrigação.

A função de resposta da cultura será obtida por curvas de regressão polinomial de segundo grau (CONCEIÇÃO et. al., 2018) com a variável independente de acordo com a Eq. 3:

$$Y = b_0 + b_1x - b_2x^2 \quad (3)$$

Em que:

Y - é a produtividade agrícola (kg ha⁻¹)

x - é a lâmina de irrigação total aplicada

b₀, b₁ e b₂ - são os coeficientes da equação.

A equação utilizada para estimar a lâmina de irrigação que proporciona a produtividade máxima foi deduzida igualando-se a zero a primeira derivada da função de produção, conforme as Eqs.4 e 5:

$$Y' = b_1 - 2b_2x \therefore b_1 - 2b_2x = 0 \therefore -2b_2x = -b_1 \quad (4)$$

$$X_{máx} = -\frac{b_1}{2b_2} \quad (5)$$

Em que:

X_{máx} - é a lâmina de irrigação que proporciona a máxima produtividade agrícola (kg ha⁻¹). Posteriormente, a

produtividade máxima (Y_{máx}, em kg ha⁻¹) foi estimada substituindo-se x por X_{máx} na Eq. 3.

Para a análise econômica da produção, o preço do milímetro de água aplicado foi calculado com base nos custos de produtores que utilizam sistemas de irrigação por gotejamento e têm esses custos monitorados, Tabela 1, em que foram considerados 20 anos de vida útil da infraestrutura e 10 anos para o sistema de irrigação, sendo este o período de amortização para o capital empregado, considerando três ciclos de cultivo irrigado por ano.

Tabela 1. Custo do milímetro de água para irrigação por gotejamento na cultura do feijão

| Descrição | R\$ ha ⁻¹ ciclo ⁻¹ | R\$ mm ⁻¹ | % |
|---|--|----------------------|------|
| Infraestrutura hidráulica/Edificações (amortização em 20 anos - 60 ciclos)* | 56,00 | 0,24 | 8,3 |
| Sistema de irrigação (amortização em 10 anos - 30 ciclos) | 200,00 | 0,87 | 29,6 |
| Custo operacional da irrigação por ciclo | 420,00 | 1,83 | 62,1 |
| Custo total da irrigação por ciclo | 676,01 | 2,94 | 100 |

*Operação do sistema de irrigação durante 3 ciclos de produção por ano; lâmina média por ciclo: 230 mm

Os preços de venda do feijão usados para o cálculo de remuneração foram três valores padronizados devido à variação da cotação durante as safras, para que possam ser usados como comparativos em tomadas de decisões administrativas.

Tabela 2. Cenários de cotação da saca (60 kg) e do kg de feijão utilizados na análise econômica

| R\$ saca ⁻¹ | R\$ kg ⁻¹ |
|------------------------|----------------------|
| 70,0 | 1,17 |
| 90,0 | 1,50 |
| 110,0 | 1,83 |

A lâmina de irrigação de máxima eficiência econômica será estimada pela Eq. 6:

$$X_{ec} = \frac{P_x - P_y b_1}{2P_y b_2} \quad (6)$$

Em que:

X_{ec} - é a lâmina de irrigação que proporciona a produtividade ótima econômica (kg ha⁻¹)

P_x - é o custo médio do mm de água (R\$ mm⁻¹);

P_y - é o preço de venda do kg de milho (R\$ kg⁻¹);

b₁ e b₂ - são os coeficientes da função de produção.

Posteriormente, a produtividade de máxima eficiência econômica foi estimada substituindo-se x por X_{ec} na Eq. 3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os elementos climáticos que mais influenciam o desenvolvimento do feijoeiro, destacam-se a temperatura, a

radiação solar e a precipitação pluvial. Em relação ao fotoperíodo, as cultivares brasileiras de feijoeiro geralmente são insensíveis, ou seja, seu desenvolvimento e crescimento são controlados somente pela temperatura (DIDONET & SILVA, 2004).

A precipitação pluvial durante o ciclo de produção do feijão (22/02/2018 a 09/05/2018 – 77 dias) somou 78,2 mm distribuídos em 23 dias, sendo insuficiente para atender a demanda hídrica da cultura (Figura 1). A evapotranspiração da cultura (ETc) total do ciclo de cultivo foi 230 mm, com mínima de 1,8 mm dia⁻¹ (03 de março de 2018), máxima de 6,1 mm dia⁻¹ (05 de Abril de 2018) e média de 3,7 mm dia⁻¹. Observam-se valores menores de ETc no período em que há ocorrência de

chuvas, quando há alta nebulosidade e diminuição da intensidade da radiação solar, do aquecimento da atmosfera e conseqüentemente, da demanda hídrica atmosférica.

A irrigação foi aplicada de forma plena durante toda a 1ª fase de desenvolvimento da cultura (fevereiro a março de 2018) devido à baixa ocorrência de chuvas nesse período para suprir a demanda hídrica das plantas (Figura 1). A baixa disponibilidade de água no solo é um dos fatores limitante na produção do feijão, especialmente em três estádios críticos, que são a germinação, florescimento e enchimento de grãos (SORATTO et al., 2003). Foi utilizada uma lâmina de 2,7 mm por dia para atender à ETc.

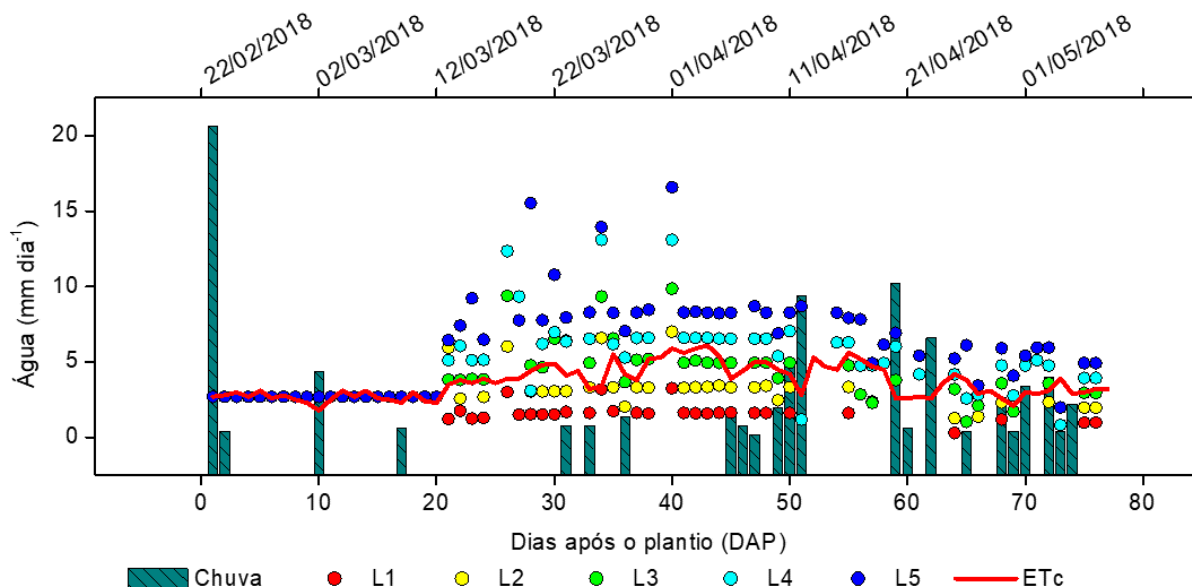


Figura 1. Valores diários de chuva, evapotranspiração da cultura (ETc) e lâminas de irrigação dos tratamentos (L1-30%, L2-60%, L3-90%, L4-120% e L5-150% da ETc) durante o ciclo de cultivo do feijão no período de fevereiro a maio de 2018, na região de Piranhas-AL

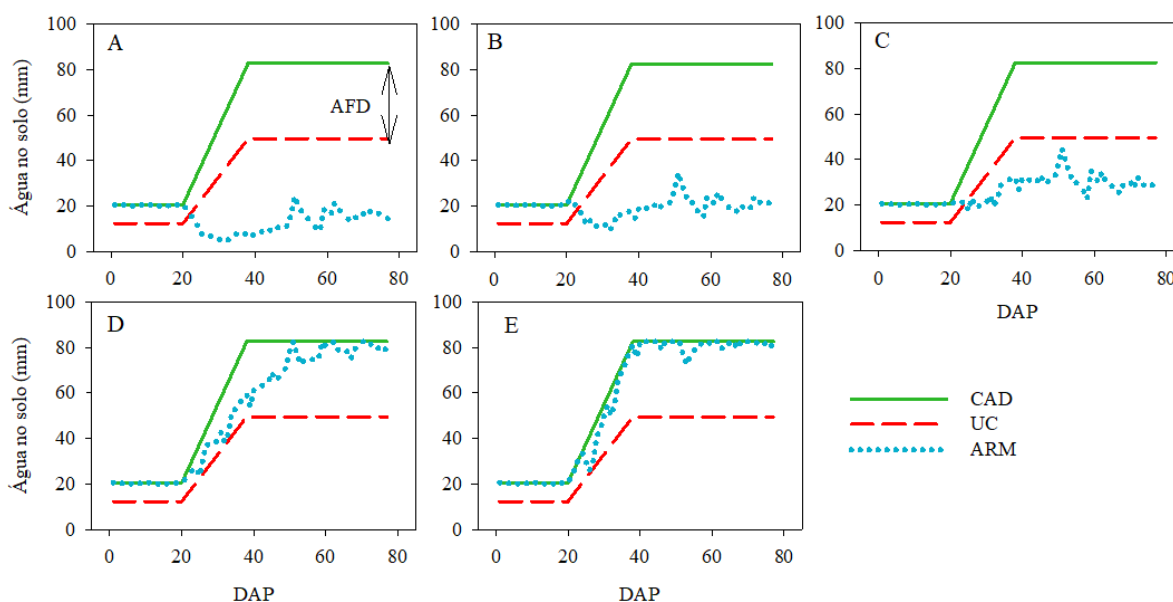


Figura 2. Valores diários da capacidade de água disponível no solo (CAD) em função dos dias após o plantio (DAP), limite da água facilmente disponível (AFD), umidade e armazenamento de água no solo (ARM) para tratamentos com diferentes lâminas de irrigação (A/L1-30%, B/L2-

60%, C/L3-90%, D/L4-120% e E/L5-150% da ETc) durante o ciclo de cultivo do feijão no período de fevereiro a maio de 2018, na região de Piranhas-AL

As lâminas de irrigação diferenciadas foram aplicadas no período compreendido entre o final da fase inicial (0-20 DAP) e o início da fase de crescimento da cultura (21 DAP). Os valores médios diários das lâminas aplicadas foram 1,6; 3,3; 4,6; 5,7; 7,5 mm em L1, L2, L3, L4 e L5, respectivamente. Nessa região geográfica é preciso estar atento, pois ao se fazer uso do sistema de gotejamento, pode ocorrer infiltração lateral da água com saturação hídrica do solo, uma vez que os solos são rasos e há impedimento de drenagem pela formação rochosa.

Durante toda a fase inicial da cultura (0-20 DAP), todos os tratamentos estiveram com o armazenamento de água no solo (ARM) igual à capacidade de água disponível (CAD = 20 mm), em virtude da irrigação feita neste período (Figura 2). A partir da fase de crescimento o ARM de L1 e L2 esteve abaixo do limite da água facilmente disponível (AFD) na maior parte dos dias devido à subirrigação, principalmente quando a cultura estava em crescimento máximo, em que o déficit de água foi de grande intensidade. Nos tratamentos L3, L4 e L5 o ARM permaneceu próximo à CAD durante todo o período de cultivo, uma vez que foram irrigados com lâminas maiores que a ETc. Houve algumas reduções no ARM destes tratamentos devido a problemas de pressão no sistema, mas não o suficiente para comprometer a cultura.

A chuva efetiva mais as lâminas totais de irrigação variaram entre os tratamentos de 100 a 366 mm, em que todas os tratamentos superaram os percentuais da ETc pré-estabelecidos e variaram de 43 a 159% da ETc (Tabela 3). A função de produção para a produtividade de grãos apresentou ajuste significativo nos coeficientes da equação e com coeficiente de determinação (R²) de 75%, em que houve ponto de máximo seguido de decréscimo nos valores observados (Figura 3A). Conforme Silva et al. (2015), o polinômio de segundo grau é uma das equações matemáticas mais utilizadas como função de produção; no entanto, as funções de produção

devem, em geral, ser usadas em intervalos convenientes, isto é, sem exceder níveis do insumo economicamente razoáveis. O tratamento L3 foi o mais produtivo, totalizando 1,93 Mg ha⁻¹ de grãos de feijão caupi, em que a produtividade agrícola do feijão em função da lâmina total de água variou de 1,40 a 1,93 Mg ha⁻¹ em L1 e L3, respectivamente (Figura 3A). O tratamento L1 teve produtividade menor em relação às demais e este comportamento está de acordo com a lei dos rendimentos decrescentes, a qual corresponde à análise de resposta pelo princípio agrônomico conhecido como “a lei do mínimo”, formulada por Von Liebig em 1840. Essa lei diz que “a produtividade de qualquer cultura é governada por qualquer mudança na quantidade e qualidade do fator escasso, chamado de fator mínimo. E, na medida em que o fator mínimo é aumentado, a produtividade também aumenta na proporção da oferta daquele fator até outro fator se tornar mínimo”. No caso de oferta excessiva do fator, a cultura tende a reduzir a produtividade por ter atingido a sua zona de estresse por excesso.

Tabela 3. Valores totais de irrigação mais precipitação efetiva (P efetiva), percentagem da ETc atingida pelas lâminas e evapotranspiração total da cultura (ETc) para tratamentos com diferentes lâminas de irrigação na cultura do feijão entre fevereiro a maio de 2018, na região de Piranhas-AL

| Tratamentos | Irrigação + P efetiva (mm) | % da ETc atingida | ETc (mm) |
|---------------|----------------------------|-------------------|----------|
| L1 (30% ETc) | 100 | 43% | 230 |
| L2 (60% ETc) | 157 | 68% | |
| L3 (90% ETc) | 223 | 97% | |
| L4 (120% ETc) | 305 | 133% | |
| L5 (150% ETc) | 366 | 159% | |

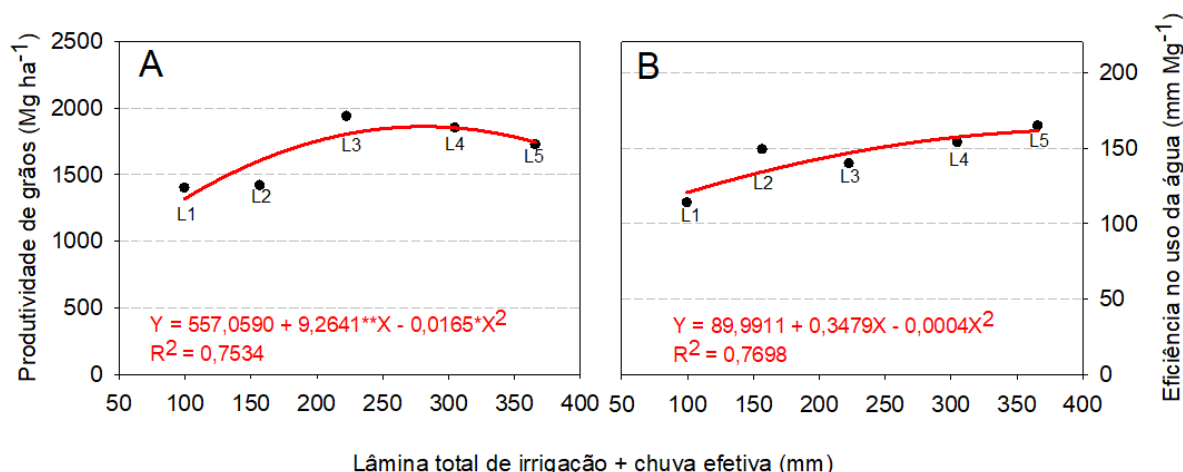


Figura 3. Produtividade agrícola (A) e eficiência no uso da água (B) do feijão em função de lâminas de irrigação (L1-30%, L2-60%, L3-90%, L4-120% e L5-150% da ETc) durante o cultivo no período de fevereiro de 2018 a maio de 2018, na região de Piranhas-AL.

A eficiência no uso da água na forma de consumo variou de 114 a 149 mm Mg⁻¹ nos tratamentos com 30 e 60% da ETc, respectivamente (Figura 3B), indicando que quando a

irrigação se aproxima das condições ótimas de cultivo sem deficiências hídricas a EUA é mais baixa.

A produtividade física máxima da cultura, estimada pela função de produção foi de 1,85 Mg ha⁻¹ (Tabela 4) obtida

com lâmina total de irrigação de 280 mm (121% da ETc). Para produtividade acima desse valor, ou seja, com a cultura em condições ótimas de umidade no solo, é preciso recorrer a outras práticas agrícolas, como adubação, controle de pragas e doenças, além de outros.

A produtividade máxima econômica variou em função do preço de venda do feijão, em que com o preço da saca igual a R\$ 70,00 foram obtidos 1,75 Mg ha⁻¹ com 204 mm (88%) e para a saca igual a 90 e 110 reais a produtividade máxima econômica aumentou para 1,79 e 1,81 Mg ha⁻¹ com 221 (96%) e 232 mm (101%), respectivamente. O produtor deve atentar para o fato de que a lâmina econômica depende da relação de preços da água (P_x) e do grão (P_y) e não dos preços propriamente, ou seja, quando o kg de feijão se torna mais barato em relação ao mm de água, a lâmina econômica decresce, e vice-versa.

Tabela 4. Valores de lâmina e produtividade econômica para diferentes preços de venda de milho cultivado com irrigação entre fevereiro de 2018 a maio de 2018, na região de Piranhas-AL

| Preço da saca (R\$) | Lâmina máxima econômica (mm) | Produtividade máxima econômica (Mg ha ⁻¹) |
|---------------------|------------------------------|---|
| 70,00 | 204 | 1,75 |
| 90,00 | 221 | 1,79 |
| 110,00 | 232 | 1,81 |
| Lâmina máxima (mm) | | Produtividade máxima física (Mg ha ⁻¹) |
| 280 | | 1,85 |

O cálculo dos custos de insumos na agricultura para se ter o máximo retorno de capital envolve diversos fatores que nem sempre podem ser controlados, principalmente quando se trata de fatores ambientais. Portanto, trabalhos como este servem para ser tomados como base em decisões administrativas, desde que as condições sejam semelhantes às do local onde foi realizada a pesquisa. Além disto, questões econômicas como preços de insumos e *commodities* agrícolas, estão sujeitas a alterações diariamente, ficando a critério do administrador, buscar a melhor solução e escolher a alternativa mais viável para o uso de determinado insumo.

CONCLUSÕES

A necessidade hídrica total do feijoeiro em cultivo de verão/outono no Sertão Alagoano é da ordem de 230 mm. A produtividade do feijão caupi irrigado por gotejamento no Sertão Alagoano varia entre 1,40 e 1,93 Mg ha⁻¹, com lâmina econômica média em torno de 95% da ETc. O feijão caupi requer de 114 a 149 mm de água para produzir 1,0 Mg de grãos.

AGRADECIMENTOS

Ao IFAL/Campus Piranhas pela concessão do espaço e estrutura para ser realizada a pesquisa; À Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação (PRPI) pelas bolsas disponibilizadas; Às empresas Agrojet, Petroisa Irrigação, Irritec, Fabrimar e Implebras por doar os equipamentos de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. A.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Roma: FAO, 1998. 328p. (Irrigation and drainage paper, 56).
- BACK, A. J. Necessidade de irrigação da cultura de feijão no sul do estado de Santa Catarina. *Revista Tecnologia e Ambiente, Criciúma*, v. 7, n. 1, p.35-44, 2001.
- BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA, F. A.; BEZERRA, F. T. C.; PEREIRA, W. E.; SILVA, S. A. Cultivo de feijão-caupi em latossolos sob o efeito residual da adubação fosfatada. *Revista Caatinga, Mossoró*, v.27, n.1, p.109-115, 2014.
- CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; SILVA, E. C. Estação chuvosa e de cultivo para a região de Rio Largo, Alagoas baseada em métodos diretos e sua relação com o El Niño – Oscilação Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia, Rio de Janeiro*, v.28, n.2, p.192-198, 2013.
- CONCEIÇÃO, C. G.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; PARIZI, A. R. C.; CONCEIÇÃO, J. A.; BRUNING, J. Economically optimal water depth and grain yield of common bean subjected to different irrigation depths. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, n.7, p.482-487, 2018.
- DIDONET, A. D.; SILVA, S. C. Elementos climáticos e produtividade do feijoeiro. *Informe Agropecuário*, v. 25, n.223, p.13-19, 2004.
- FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; FREDERICO O. M. DURÃES, F. O. M.; CARLOS ALBERTO VASCONCELLOS, C. A.; ARAUJO NETO, J. C. Acúmulo e distribuição de macronutrientes em dois híbridos duplos de milho, em função da disponibilidade de água no solo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG*, v.7, n.1, p.1-17, 2008.
- GEISENHOF, L. O.; OLIVEIRA, F. C.; BISCARO, G. A.; ALMEIDA, A. C. S.; SCHWERZ F. Produtividade do brócolis-de-cabeça sob diferentes sistemas de irrigação. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.35, n.5, p.863-874, 2015.
- KANG, S.; SHI, W.; ZHANG, J. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crops Research*, v.67, p.207-214, 2000.
- LIMA, F. A.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; CORREIA L. F. M.; AZEVEDO B. M. Yield of strawberry crops under different irrigation levels and biofertilizer doses. *Revista Ciência Agronômica*, v.49, n.3, p.381-388, 2018.
- RESENDE, M.; FRANÇA, G. E.; COUTO, L. **Cultivo do milho irrigado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 39p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 6).

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.;
SILVA, W. L. M. da; FERREIRA, G B. Resposta do feijão-
caupi às lâminas de irrigação e as doses de fósforo no
cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**. v.42, n.4,
p.872-882, 2011.

SILVA, S.; DANTAS NETO, J.; TEODORO, I.; SILVA, S.
S.; NASCIMENTO, R.; BARBOSA, G. V. S. Economic
depth of drip irrigation on sugarcane. **Irriga**, Botucatu,
Edição Especial, Irriga &Inovagri, p.37-46, 2015.

SORATTO, R. P.; ORIVALDO, A. R. F.; RODRIGUES, R.
A. F.; BUZETTI, S.; SILVA, T. R. B. Resposta do feijoeiro
ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do
nitrogênio. *Acta Scientiarum: Agronomy*, Maringá, v. 25, n.
1, p. 89-96, 2003.