REVISTA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Amazonian Journal
of Agricultural and Environmental Sciences
www.ajaes.ufra.edu.br

CC BY

http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2738

ARTIGO ORIGINAL

Viabilidade econômica da produção de couve-flor irrigada por gotejamento no Nordeste Paraense

Economic viability of cauliflower production drip irrigated in Northeast Paraense

Michel Emerson Martins Pereira[1]
Joaquim Alves de Lima Junior[2]
Valdeides Marques Lima[3*]
Sérgio Antonio Lopes de Gusmão[1]
Pedro Daniel de Oliveira[2]
André Luiz Pereira da Silva[4]

[1] Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, Terra Firme, 66077-530, Belém, PA, Brasil
[2] Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Avenida Barão de Capanema, s/n, Centro, 68700-030, Capanema, PA, Brasil
[3] Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER/PA, Rodovia BR 316, Km 08, s/n, Centro, 66200-970, Marituba, PA, Brasil
[4] Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Via Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Castellane, 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil
***Autor correspondente:**
E-mail: valdeidesmarqueslima@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE
Viabilidade
Irrigação
Tensão
Água
Solo

KEYWORDS
Viability
Irrigated
Tension
Water
Soil

RESUMO: Os estudos sobre custos e lucros da produção agrícola irrigada são escassos. Dessa forma, objetivou-se avaliar a viabilidade econômica da produção de couve-flor irrigada por gotejamento com base no manejo adequado da irrigação e adubação com boro. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia com o híbrido Desert sob diferentes tensões de água no solo e doses de boro, no município de Igarapé-Açu, PA. O delineamento experimental se deu em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 4, de dezesseis tratamentos com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro tensões de água no solo (15, 30, 45 e 60 kPa) como indicativo do momento de irrigação, e quatro doses de boro (0, 2, 4 e 6 kg ha^{-1}). A irrigação foi realizada com gotejadores e seu manejo, com tensiômetros. Cada parcela experimental, de 4 m^2, constou de 8 plantas distribuídas no espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. A tensão da água no solo de 38 kPa tende a proporcionar maior rentabilidade na atividade produtiva. As despesas com recursos variáveis foram as que mais oneraram o custo final da produção de couve-flor em todos os tratamentos estudados.

ABSTRACT: *Studies on the costs and profits of irrigated agricultural production are scarce. Thus, the purpose of this study was to evaluate the economic viability of cauliflower production drip irrigated with different water tensions on the ground and boron doses. The study was conducted in the Federal Rural University of Amazonia farm with the Desert hybrid under different water tensions on the ground and boron doses in the municipality of Igarapé-Açu–PA. The experimental design was a randomized block in a 4 x 4 factorial, sixteen treatments with three replications. The treatments consisted of four water tensions on the ground (15, 30, 45 and 60 kPa) indicating the time to irrigate and four boron doses (0, 2, 4 and 6 kg ha^{-1}). Irrigation was performed with drippers, and irrigation management with tensiometers. Plots, 4 m^2, consisted of 8 plants located in the spacing of 1.0 m between lines and 0.5 m between plants. The water tension at 38 kPa soil provides greater profitability in the productive activity. The cost with variable resources was the one that most contributed in the final cost of cauliflower production in all treatments.*

Recebido: 9 set. 2017
Aceito: 19 abr. 2018

1 Introdução

A couve-flor (*Brassica oleracea* var. botrytis), teve seu consumo aumentado nos últimos anos provavelmente devido a seu reconhecimento como alimento funcional, o que refletiu em crescimento significativo de mercado para essa cultura, tornando a produção ainda mais crescente nos anos seguintes (Abul-Fadl, 2012).

No contexto mundial, a China encontra-se como o maior produtor de couve-flor, seguida da Índia, Espanha, Itália e França (FAO, 2014). Os maiores produtores nacionais de couve-flor s**ão** os estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina e Rio de Janeiro, nessa ordem, porém a maior produção está no estado de São Paulo (23% da nacional), seguido de Minas Gerais (18%), Paraná e Rio Grande do Sul (15%), Rio de Janeiro (12%) e Santa Catarina (8%), tendo a maior parte da produção (94%) centrada nas regiões Sul e Sudeste e apenas 1% na região Norte (IBGE, 2014).

Na região Norte, o nordeste do estado do Pará está em posição de destaque na produção de hortaliças. Entretanto, a produção de hortaliças não tradicionais, como a couve-flor, ainda é incipiente devido à carência de informações técnicas e econômicas da cultura no estado, o que contribui para que o cultivo seja incipiente para atender o mercado local. Com isso, a pequena produção de couve-flor acaba forçando a importação desse alimento, o que eleva seu valor comercial no estado do Pará (Pereira et al., 2016).

Nesse contexto, a irrigação da couve-flor, além de constituir um importante fator de produção, favorece o aumento da produtividade, bem como o aprimoramento da qualidade do produto. Para tanto, é necessário estabelecer índices técnicos que apontem o período que a cultura possui maior exigência hídrica e a quantidade que deve ser aplicada (Tomassoni et al., 2013).

A produção e a qualidade de brássicas podem ser limitadas tanto pela deficiência de água no solo como por seu excesso, o que leva à queda na produtividade dessa cultura (Tangune et al., 2016; Tomassoni et al., 2013).

Segundo Marouelli et al. (2011), a faixa de tensão crítica de água no solo em que se deve promover a irrigação por gotejamento – o qual tende a favorecer maior eficiência no uso da água – para obtenção da produtividade máxima da couve-flor está entre 20 a 40 kPa para solos arenosos.

Além do manejo d'água, a nutrição é outro importante componente para a produção da couve-flor e exerce grande influência na produtividade e na qualidade da inflorescência imatura, sendo o boro um dos principais fatores limitante (Alves et al., 2011; Cecílio Filho et al., 2015).

A partir disso, tornam-se importantes a escolha adequada do sistema de irrigação e o correto manejo da irrigação e adubação, ambos fatores que exigem atenção a fim de alcançar elevada eficiência, com maximização econômica do agronegócio e sustentabilidade ambiental (Lima et al., 2016; Pereira et al., 2016; Rodrigues et al., 2013).

Para essa maximização, a determinação da viabilidade econômica é fundamental para o sucesso de um empreendimento que se inicia (Lima Junior et al., 2011; Villas Boas et al., 2011). Nesses termos, pode-se observar que informações sobre análise econômica na cultura da alface, cenoura e no feijão de metro são conhecidas, porém, na cultura da couve-flor, são inexistentes (Lima Junior et al., 2011, 2014; Silva et al., 2013).

Tal inexistência acaba por justificar o desenvolvimento de trabalhos, como o ora apresentado, pois estes servirão de norte para a expansão de áreas cultivadas com couve-flor no estado do Pará.

A irrigação por gotejamento exige alto investimento em obras e aquisição de equipamentos para captação, condução, controle e distribuição da água, o que representa importantes custos adicionais à produção. Por isso se poder afirmar que essa tecnologia requer investimentos significativos por estar associada à utilização intensiva de insumos agrícolas, energia e mão de obra para operação e manejo do sistema (Lima Junior et al., 2012; Silva et al., 2007;).

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade econômica da produção de couve-flor irrigada por gotejamento sob diferentes tensões de água no solo e quatro doses de boro. Acredita-se que a lâmina que apresenta maior produtividade proporcionará maior rentabilidade econômica.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em campo nos meses de agosto/2014 a fevereiro/2015, na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia, com coordenadas geográficas de 1°07'48,47"S e 47°36'45,31"W, elevação 54 m, localizada no município de Igarapé-Açu, Pará, na mesorregião do Nordeste Paraense.

Segundo Souza et al. (2011), o solo da região foi classificado como Argissolo Amarelo distrófico com textura arenosa. Na área de plantio foram coletadas amostras indeformadas na profundidade de 20 cm, submetidas, em laboratório, às tensões de 6, 10, 30, 60, 100, 500, 1000 e 1500 kPa. Os valores obtidos foram trabalhados em uma planilha eletrônica, na qual foram aplicadas funções matemáticas do tipo potencial e exponencial, gerando a curva característica de água no solo, representada pela Figura 1.

$$\theta = 0{,}1615 + \frac{0{,}0991}{\left[1+\left(0{,}0252.|\psi|\right)^{1{,}9872}\right]^{0{,}4968}}$$

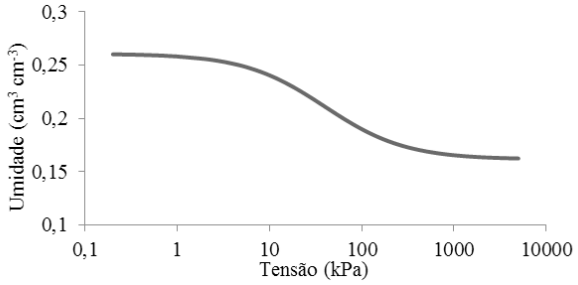

Figura 1. Curva de retenção da água no solo. Na equação, os símbolos θ e ψ representam a umidade e a tensão, respectivamente.

Figure 1. Water retention curve in the soil. In the equation, the symbols θ and ψ represent moisture and tension, respectively.

Na área experimental foram praticadas a calagem, a adubação de plantio e de cobertura, sendo estas efetuadas manualmente com base na análise química e física do solo que apresentou os seguintes resultados: densidade média do solo de 1,60 g cm^{-3}; os resultados das análises de fertilidade e granulometria da área experimental, obtidos de amostra composta de solo coletada na

profundidade de 0 a 0,2 m, foram: pH_{H20} = 5,2; N = 0,06%; matéria orgânica = 13,76 g kg^{-1}; P = 21 mg dm^{-3}; Ca = 1,8 $cmol_c$ dm^{-3}; Mg = 0,5 $cmol_c$ dm^{-3}; K = 0,013 $cmol_c$ dm^{-3}; Na = 0,013 $cmol_c$ dm^{-3}; SB = 2,33 $cmol_c$ dm^{-3}; H+Al = 2,48 $cmol_c$ dm^{-3}; CTC = 4,81; V = 48%; B = 0,52 mg dm^{-3}; Cu = 2 mg dm^{-3}; Fe = 168 mg dm^{-3}; Mn = 1,9 mg dm^{-3}; Zn = 2,9 mg dm^{-3}; e 801,19 e 180 g kg^{-1} de areia, silte e argila, respectivamente. A formulação utilizada foi adaptada de Zanuzo et al. (2013), **à** qual foi feito um acréscimo de 50 kg ha^{-1} de N e K na adubação de cobertura.

Utilizou-se no experimento a couve-flor híbrida Desert, cultivar de verão, com ciclo variando entre 80 e 90 dias. As mudas foram semeadas em bandejas de isopor de 128 cédulas. O substrato utilizado por ocasião da semeadura foi preparado com composto orgânico comercial VIVATTO e terra preta em uma proporção de 3 para 1.

As mudas foram transplantadas após 26 dias da semeadura, quando apresentavam entre quatro e cinco folhas formadas. Após o transplantio, as mudas foram irrigadas durante 30 dias antes da diferenciação dos tratamentos com 93 mm de água/planta para fase de adaptação. Isto foi uma estratégia utilizada para evitar perdas de mudas no campo devido às fortes correntes de ar na fase inicial. As lâminas de água aplicadas na diferenciação dos tratamentos e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação foram calculados segundo Cabello (1996), considerando-se a profundidade efetiva do sistema radicular igual a 20 cm e a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação por gotejamento igual a 95%.

Os dados meteorológicos temperatura, umidade do ar e precipitação foram coletados de uma estação meteorológica automática modelo Vantage pro2, instalada na área experimental.

A colheita iniciou-se aos 120 dias após semeadura – 30 dias a mais do que o recomendado pela empresa produtora das sementes – e se estendeu por 20 dias. Tal variação pode ter sido ocasionada devido às elevadas temperaturas durante o referido período (Zanuzo et al., 2013). A colheita foi realizada à medida que as inflorescências apresentavam desenvolvimento completo com botões florais ainda unidos, cabeças compactas e firmes.

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados, no esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro tensões de água no solo (15, 30, 45 e 60 kPa) como indicativo do momento de irrigar – tensão crítica, e quatro doses de boro (0, 2, 4 e 6 kg ha^{-1}), uma dose abaixo e outra acima da faixa recomendada para a cultura 2 a 4 kg ha^{-1} de boro.

Cada parcela teve dimensões de 2 x 2 m (4 m^2). O espaçamento utilizado foi de 0,5 m entre plantas na linha e 1 m entre linhas, totalizando oito plantas por parcela. Foram consideradas úteis as quatro plantas centrais, sendo descartadas as duas das extremidades da parcela.

As plantas foram irrigadas via gotejamento, com vazão de 2 L h^{-1}, e emissores espaçados em 0,20 m entre si. A irrigação foi feita com mangueiras gotejadoras autocompensantes de polietileno aditivado, diâmetro nominal (DN) de 16 mm, com pressão de serviço de 6 mca (58,8 kPa) no final da mangueira, e com emissores do tipo *in-line*.

As mangueiras gotejadoras ficaram posicionadas dentro da parcela na superfície do solo, de forma que cada mangueira com dez emissores atendesse uma fileira de plantas (total de 20 emissores/parcela). Tais mangueiras foram conectadas nas linhas de derivação de polietileno (DN 16) e estas aos tubos de PVC (DN 50; PN40), de acordo com cada tratamento de tensão (15, 30, 45, 60 kPa), os quais estavam conectados à linha principal com registros de esfera, utilizados para comandar a irrigação dos diferentes tratamentos de tensão de água no solo.

Foi utilizada para o sistema de irrigação uma caixa d'água de 5.000 L, uma bomba elétrica de ½ cv, um filtro de disco e uma válvula reguladora de pressão de 10 mca (98 kPa) inserida na saída da tubulação principal para manutenção da pressão de serviço nas linhas laterais.

Para determinar a tensão crítica, foi instalado um conjunto com quatro tensiômetros de punção em duas parcelas de quatro tratamentos de diferentes tensões, sendo três a 15 cm de profundidade, devido à maior concentração de raízes na superfície do solo (que indicaram o momento de irrigar de acordo com os tratamentos), e um a 30 cm de profundidade (para verificar ocorrência de percolação).

Os tensiômetros ficaram posicionados no alinhamento da cultura entre duas plantas. As leituras nos tensiômetros foram feitas duas vezes ao dia, uma às 9 horas e outra às 15 horas, utilizando-se um tensímetro digital de punção, modelo TDPe pesquisador da SoilControl. O manejo da irrigação foi baseado na curva característica de retenção obtida no perfil de 0 a 20 cm de profundidade do solo (Figura 1).

As irrigações foram efetuadas quando pelo menos dois tensiômetros, ou a média dos três, alcançaram a tensão crítica, sempre buscando elevar o solo à sua umidade na capacidade de campo, correspondendo à tensão de 10 kPa.

As lâminas de água aplicadas na diferenciação dos tratamentos e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação foram calculados, segundo Cabello (1996), considerando-se a profundidade efetiva do sistema radicular igual a 20 **cm** e a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação por gotejamento igual a 95% (May et al., 2007). Na avaliação do sistema de irrigação, obteve-se um coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) de 98%.

O custo de produção foi estimado usando um procedimento econômico que considera o cálculo da depreciação e do custo alternativo, conforme disponibilizado no trabalho de Reis (2007). Nesse estudo, o custo de produção foi estimado utilizando valores aproximados em reais (R$), tendo por base as seguintes informações acerca da área cultivada com couve-flor em 1 ha, período de uma safra, custos fixos e variáveis.

A depreciação foi definida como o custo necessário que substitui os bens de capital tornados inúteis pelo desgaste físico ou econômico. O método utilizado foi o linear, considerando-se o prazo de 120 dias (0,3 anos), referente ao ciclo médio de produção (período de cultivo da cultura no campo), podendo ser mensurado pela Equação 1.

$$D = \left(\frac{Va - Vr}{Vu}\right).P \qquad (1)$$

Em que: D – depreciação (R$); Va – valor atual do recurso (R$); Vr – valor residual (valor de revenda ou valor final do bem após utilizado racionalmente) (R$); Vu – vida útil (período em que determinado bem é utilizado na atividade) (anos) e P – período de análise (anos).

Considerou-se, para efeito da análise do custo alternativo dos recursos fixos de produção alocados no cultivo da couve-flor, a taxa de juros real de 6% a.a. Em seu cálculo utilizou-se a Equação 2.

$$CA_{fixo} = \left(\frac{Vu - I}{Vu}\right).Va.Tj.P \quad (2)$$

Em que: CA_{fixo} – custo alternativo fixo (R$); I – idade média de uso do bem (anos) e Tj – taxa de juros (decimal).

Considerou-se, para o cálculo do custo alternativo dos recursos variáveis aplicados na cultura estudada, a taxa de juros real de 6% a.a. e foi utilizada a Equação 3.

$$CA_{var} = \frac{V_{gasto}}{2}.Tj \quad (3)$$

Em que: CA_{Var} – custo alternativo variável (R$) e V_{gasto} – desembolso financeiro realizado pelo produtor, para adquirir insumos e serviços necessários para a produção agrícola (R$).

Para o cálculo de cada recurso fixo, eles foram somados à depreciação e o custo alternativo do fator produtivo, sendo que os valores (preços) comerciais utilizados foram baseados no mercado local. Os itens considerados de custo fixo e o procedimento de operacionalização foram:

- *Terra*: não se deprecia, uma vez que parte da hipótese de que o agricultor adota o manejo de solo adequado e repõe à terra todos os elementos químicos extraídos pelas plantas, por meio de adubações e realizando práticas conservacionistas, que mantêm suas características (Lima et al., 2016). O valor considerado foi o custo alternativo, baseado no aluguel da terra explorada. O valor do aluguel foi de R$ 80,00 para um hectare e por um mês.
- *Calagem*: o gasto com calagem neste trabalho foi de R$ 638,50 ha^{-1} a cada dois anos.
- *Imposto Territorial Rural* (ITR): este recurso não é alterado em curto prazo, pois seu valor é constante no ano. O valor considerado foi de R$ 0,80 para um hectare e por um ano.
- *Sistema de irrigação*: Neste trabalho, considerou-se um projeto com as seguintes características – conjunto motobomba de 1,5 cv, controlador lógico programável, bomba injetora de fertilizantes, válvulas de ar e vácuo, válvulas de comando elétrico (solenoides), válvula de alívio, tubulação de PVC do cabeçal até os setores, tubo gotejador autocompensante com vazão nominal de 1,20 L h^{-1} e DN 16 mm (distanciados entre si a 0,20 m), dois filtros de disco com retrolavagem automática.
- *Custo alternativo*: o cálculo do custo alternativo, para cada um dos recursos do custo fixo, foi feito considerando a taxa de juros real de 6% a.a., taxa essa próxima a uma remuneração mínima obtida no mercado financeiro.

O desembolso realizado para a aquisição de produtos e serviços, somado ao custo alternativo, serviu como base de cálculo para o custo de cada recurso variável. Os valores (preços) comerciais utilizados foram baseados no mercado local, e os recursos variáveis e a forma de operacionalização foram:

- *Insumos*: corresponde ao gasto com a aquisição de sementes, fertilizantes químicos e orgânicos, defensivos (inseticida e herbicida).
- *Mão de obra*: os custos com mão de obra referem-se à operação do sistema de irrigação, implantação da cultura (semeadura, adubação de plantio), condução (adubações de cobertura, aplicação de defensivos e capinas), colheita (corte e acondicionamento nos caixotes de comercialização).
- *Máquinas e implementos*: computaram-se os gastos com aluguel de máquinas e implementos para preparo do terreno (aração e gradagem), levantamento de canteiros, aplicação de defensivos e no transporte dentro da propriedade.
- *Despesas com administração*: consideraram-se os gastos com mão de obra administrativa, assistência técnica e impostos (2,3% da receita total).
- *Despesas gerais*: referem-se aos gastos com caixotes para o acondicionamento e transporte da couve-flor e gastos com combustível.
- *Energia*: o custo com energia foi calculado, conforme a Equação 4, sugerida por Mendonça (2001).

$$CE = V_{kWh}.T.\frac{733.Pot}{1000.\eta} \quad (4)$$

Em que: CE – custo com energia (R$); Vkwh – valor do kWh (R$); T – tempo total de funcionamento do sistema de irrigação (h), variável para cada tratamento; Pot – potência do conjunto motobomba (cv) e η – rendimento do conjunto motobomba (decimal).

O valor do kWh utilizado foi de R$ 0,28 para zona rural, conforme sugerido pelas Centrais Elétricas do Pará S.A. (Celpa).

- *Custo alternativo*: para o cálculo do custo alternativo, a cada item dos recursos variáveis, utilizados no processo produtivo da couve-flor, foi considerada a taxa de juros real de 6% a.a.

O custo econômico foi obtido pela soma entre o custo operacional e o custo alternativo (CT = CFT + CVT). O custo operacional foi dividido em custo operacional fixo (CopF), composto pelas depreciações e custo operacional variável (CopV), constituído pelos desembolsos. O custo operacional total (CopT) constituiu-se da soma do custo operacional fixo e operacional variável. Para se transformar em custo médio (CTMe, CopMe) dividiu-se o CT e o CopT pela quantidade (q) produzida por cada tratamento nessa safra (ciclo).

A receita foi obtida multiplicando a quantidade produzida por cada tratamento pelo preço do produto em determinada data que, neste caso, foi em fevereiro de 2015, quando o preço estava a R$ 46,81 por caixa de 12 kg, ou seja, R$ 3,90 kg^{-1}, conforme sugerido pelas Centrais de Abastecimento do Pará (Ceasa). Obteve-se o lucro subtraindo o custo total da receita total.

Para a interpretação da análise econômica da atividade produtiva foram consideradas as situações de análise econômica e operacional descritas por Reis (2007).

Os efeitos da tensão e adubação com boro nas características das plantas e na produção de couve-flor foram avaliados por meio de análise de variância pelo teste F e, nos casos em que

houve significância, foi usada para análise de regressão o software Assistat 7.7.

3 Resultados e Discussão

Não houve interação entre os tratamentos ($p \geq 0,05$) nem influência das doses de boro na produção de couve-flor ($p \geq 0,05$), o que fez que se considerassem neste trabalho apenas os tratamentos referentes às tensões de água no solo ($p \leq 0,01$).

As lâminas de água aplicadas antes (Inic) e após a diferenciação dos tratamentos (Irrig), assim como as precipitações (Precip) ocorridas durante o experimento, os totais de água fornecidos para a cultura até a colheita (Tot), o número de irrigações (NI), a média do turno de rega (TR) durante a diferenciação dos tratamentos e a produtividade (PC) são apresentados na Tabela 1.

Observou-se que a produtividade de couve-flor foi maior nos tratamentos com tensões intermediárias (T30 e T45), em que as lâminas totais aplicadas foram superiores, provavelmente porque nessas tensões houve maior demanda de água pela couve-flor para suprir suas necessidades hídricas em virtude de maior produção. Isso fez que as tensões chegassem mais rápido aos valores preestabelecidos. A produtividade foi menor nos tratamentos extremos (T15 e T60), devido às lâminas totais aplicadas serem menores em virtude, provavelmente, de uma menor exigência hídrica requerida pela planta no T15 oriunda de maior número de irrigações, e ao menor número de irrigações no T60, o qual obteve maior turno de rega.

Tabela 1. Tensões da água no solo na profundidade de 0,15 m, lâminas aplicadas antes da diferenciação dos tratamentos (Inic), lâminas aplicadas após a diferenciação dos tratamentos (Irrig), precipitações ocorridas (Precip), lâminas totais de água (Tot), número de irrigações (NI), média do turno de rega (TR) e produtividade (PC) da couve-flor, Igarapé-Açu – PA, 2015.

Table 1. Soil water stresses at depth of 0.15 m, slides applied before treatment differentiation (Inic), slides applied after treatment differentiation (Irrig), precipitations occurred (Precip), total slides of water (Tot), number of irrigations (NI), average irrigation (TR) and cauliflower productivity (PC), Igarapé-Açu – PA, 2015.

Tratamentos	Tensão	Lâmina (mm)				NI	TR	PC
	(kPa)	Inic	Irrig	Precip	Tot	(un)	(dia)	t ha^{-1}
T15	15	93,10	49,05	143,35	285,50	32	1,62	12,7
T30	30	93,10	101,61	143,35	338,06	21	2,22	16,5
T45	45	93,10	111,34	143,35	347,79	16	3,07	16,6
T60	60	93,10	67,53	143,35	303,98	8	5,14	12,9

A produtividade apresentou comportamento quadrático em função da água aplicada por tratamento, ou seja, houve crescimento da produtividade até 38 kPa (atingindo a máxima de 17 t ha^{-1}), a partir da qual começou a haver decréscimo em seu valor. Isso diferiu do resultado obtido por Tangune et al. (2016), em experimento com brócolis irrigado por gotejamento com diferentes tensões, que obteve comportamento linear dos seus resultados, em que a lâmina total aplicada diminuía com o aumento da tensão de água no solo, tendo atingido valor máximo de 451,6 mm na tensão de 15 kPa. A produtividade máxima de couve-flor obtida neste experimento está dentro da faixa citada por May et al. (2007), de 15 a 25 t ha^{-1}, assim como a tensão responsável pela máxima produtividade está dentro da faixa de 20 a 40 kPa para solos arenosos mencionada por Marouelli et al. (2011).

A quantidade total de água fornecida durante todo o ciclo da cultura da couve-flor de todos os tratamentos, mesmo com as precipitações ocorridas, está abaixo da faixa de 380 a 500 mm mencionada por May et al. (2007), demonstrando, neste trabalho, uma possível economia de água e, consequentemente, de energia. Distintamente de Zanuzo et al. (2013) que, utilizando um sistema de irrigação de microaspersão, aplicaram uma lâmina de 450 mm do transplantio à colheita da cultivar Piracicaba Precoce, cerca de 5 mm dia^{-1}; entretanto, para os híbridos, aplicaram uma lâmina média de 327 mm.

A frequência de irrigação, semelhante ao contatado por Tangune et al. (2016), foi maior no tratamento de baixa tensão (Tabela 1), porém o tempo de funcionamento do sistema de irrigação foi menor quando comparado aos demais tratamentos, em que o sistema tinha que funcionar por mais tempo para aplicar a lâmina de água necessária para elevar a umidade do solo à sua capacidade de campo. Os tratamentos T30 e T45 foram os que tiveram maior gasto com energia elétrica, representando 0,28 e 0,30%, respectivamente, do custo total médio (Tabela 2).

O custo total, representado pela soma dos custos fixos e das variáveis, teve maior contribuição destes, com mais de 97% em todos os tratamentos; os custos fixos representaram menos de 3% (Tabela 2). O mesmo aconteceu com o custo total médio e com o custo operacional total médio, ambos com maior contribuição dos custos variáveis (Tabela 3).

Na Tabela 2, é possível observar que, dentre os custos fixos, em todos os tratamentos, a terra foi a que teve maior participação no custo total, com 1,72% (no T15 e T60) e 1,69% (no T30 e T45), seguido do sistema de irrigação, com 0,77% (no T15 e T60) e 0,76% (no T30 e T45) do custo total; e calagem, com 0,42% (no T15 e T60) e 0,41% (no T30 e T45) do custo total. O Imposto Territorial Rural (ITR) foi o item de menor participação, com 0,003% (no T30 e T45) e 0,004% (no T15 e T60).

Já nos custos variáveis, em todos os tratamentos, destacam-se os insumos com mais de 58% do custo total, seguidos da mão de obra, com mais de 14%. Rezende et al. (2009), em trabalho realizado em Jaboticabal (SP), mostra que o gasto com insumos foi o que também representou maiores impactos no custo total, sendo 60,1%; 55,3% e 62,0% para os cultivos de repolho, rúcula e rabanete, respectivamente.

Entre os insumos, os adubos (químico e orgânico) foram os itens que mais oneraram o custo variável, sendo

responsável por 80,29%, seguido da aquisição de sementes com 18,44% e dos defensivos com 1,27%. Considerando a mão de obra, os custos com plantio e colheita foram os que mais contribuíram para o custo variável, com 27,03% cada. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Lima et al. (2016), os quais trabalharam com a cultura da pimentinha-verde sob diferentes percentuais de evaporação do tanque classe A, onde os itens insumos e mão de obra foram os que mais oneraram os tratamentos, representando mais de 70% do custo total.

Os custos com máquinas e implementos que participaram com mais de 7,5% do custo total em todos os tratamentos, teve como maior contribuinte o aluguel de máquinas para preparo da área e levantamento de canteiros, representando 62,92% desse item. Já nas despesas gerais, os caixotes para o acondicionamento e transporte da couve-flor tiveram participação de 78,30%.

Os tratamentos T30 e T45, comparados com o T15 e T60, apresentaram menores custos fixos e maiores custos variáveis (Tabela 2), e também menores custos econômicos e operacionais médios (Tabela 3), decorrentes da máxima produtividade encontrada entre esses tratamentos. Por isso, os custos com impostos (representando mais de 73% das despesas com administração) e energia foram maiores.

Os custos fixos e variáveis médios, pagos para produzirem 1 kg de couve-flor, foram menores nos tratamentos de maior produtividade (T30 e T45). Ou seja, quanto maior a produtividade (como a encontrada na tensão de 38 kPa), menores serão os custos e, consequentemente, maiores serão os lucros.

Para a realização do estudo econômico simplificado, foram utilizados os dados contidos na Tabela 3, considerando como preço médio do kg da couve-flor o valor de R$ 3,90, correspondente ao período de fevereiro de 2015.

No estudo econômico efetuado, observa-se que todos os tratamentos apresentaram receita média (RMe) superior aos custos totais médios (CTMe), indicando haver situações de lucro supernormal (RMe > CTMe). Essa é uma situação em que o investimento paga todos os recursos aplicados na atividade econômica e, ainda, proporciona lucro adicional superior, semelhante aos resultados encontrados por Lima et al. (2016). Esses autores afirmam que, nessa realidade, o lucro adicional supera as outras alternativas de mercado, além de proporcionar uma linha de tendência, a médio e longo prazo, de expansão e entrada de novas divisas para a atividade.

Tabela 2. Porcentagem dos custos fixos e variáveis da produção de couve-flor em diferentes tratamentos de tensão da água no solo, Igarapé-Açu – PA, 2015.

Table 2. Percentage of fixed and variable costs of cauliflower production in different soil water stress treatments, Igarapé-Açu – PA, 2015.

Custo fixos e variáveis totais	% Custo total			
	T15	T30	T45	T60
Terra	1,72	1,69	1,69	1,72
Calagem	0,42	0,41	0,41	0,42
ITR	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema de irrigação	0,77	0,76	0,76	0,77
CFT	2,92	2,87	2,87	2,91
Insumos	59,10	58,15	58,12	58,99
Mão de obra	14,32	14,10	14,10	14,31
Maquinas e implementos	7,66	7,54	7,53	7,65
Despesas com administração	7,18	8,55	8,57	7,30
Despesas gerais	7,69	7,57	7,57	7,68
Energia	0,19	0,28	0,30	0,22
Custo alternativo	0,95	0,95	0,95	0,95
CVT	97,08	97,13	97,13	97,09
CT	100,00	100,00	100,0	100,00

Tabela 3. Custos econômicos e operacionais médios da produção de couve-flor em R$ kg^{-1}, em diferentes tratamentos de tensão da água no solo, Igarapé-Açu – PA, 2015.

Table 3. Average economic and operational costs of cauliflower production in R$ kg^{-1}, in different treatments of soil water stress, Igarapé-Açu – PA, 2015.

Tratamentos	CFMe	CVMe	CTMe	CopFMe	CopVMe	CopTMe
T15	0,05	1,78	1,84	0,02	1,77	1,79
T30	0,04	1,39	1,43	0,01	1,37	1,39
T45	0,04	1,38	1,42	0,01	1,37	1,38
T60	0,05	1,74	1,79	0,02	1,72	1,74
Média	0,05	1,57	1,62	0,02	1,56	1,57

CFMe – custo fixo médio; CVMe – custo variável médio; CTMe – custo total médio; CopFMe – custo operacional fixo médio; CopVMe – custo operacional variável médio; CopTMe – custo operacional total médio.

Na Tabela 4 é possível verificar que o tratamento T15 teve lucro maior que 112%; o T30 maior que 173%; o T45 maior que 174%; e o T60 maior que 117%. A superioridade da rentabilidade dos tratamentos T30 e T45 deve-se às suas maiores receitas obtidas por causa da produtividade elevada, referentes a um melhor manejo da irrigação. O maior lucro estimado a partir da equação de ajuste foi de R$ 42.780,00, na tensão de 38 kPa (Figura 2).

Tabela 4. Produtividade (Prod), custo total (CT), receita total (RT) e lucro da produção de couve-flor em diferentes tratamentos de tensão da água no solo, Igarapé-Açu – PA, 2015.

Table 4. Productivity (Prod), total cost (TC), total income (RT) and profit of cauliflower production in different soil water stress treatments, Igarapé-Açu – PA, 2015.

Tratamentos	Prod.	CT	RT	Lucro
	kg ha^{-1}	R$ ha^{-1}		
T15	12.650	23.250,00	49.335,00	26.085,00
T30	16.535	23.614,26	64.486,50	40.872,24
T45	16.598	23.624,17	64.732,20	41.108,03
T60	12.985	23.278,00	50.641,50	27.363,50

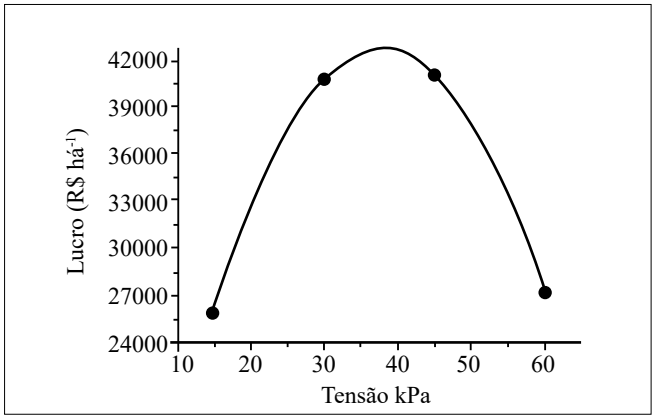

Figura 2. Efeito da tensão de água no solo no lucro da produção de couve-flor, Igarapé-Açu – PA, 2015.

Figure 2. Effect of water tension in the soil over the yield of the production of cauliflower, Igarapé-Açú-PA, 2015.

Rezende et al. (2009) também obtiveram lucros elevados, com índice de lucratividade de 90,05%, 89,65% e 80,38% para repolho, rúcula e rabanete, respectivamente. Ou seja, da sua receita total, apenas 9,95% do repolho, 10,35% da rúcula e 19,62% do rabanete são de custo total, o restante é lucro.

4 Conclusões

Todos os tratamentos são viáveis economicamente. Entretanto, a tensão da água no solo de 38 kPa tende a proporcionar maior rentabilidade na atividade produtiva. As despesas com os recursos variáveis foram as que mais oneraram o custo final da produção de couve-flor em todos os tratamentos estudados.

Referências

ABUL-FADL, M. M. Nutritional and chemical evaluation of white cauliflower by-products flour and the effect of its addition on beef sausage quality. *Journal of Applied Sciences Research*, v. 8, n. 2, p. 693-704, 2012.

ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R. Couve-flor cultivada em substrato: marcha de absorção de macronutrientes e micronutrientes. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 1, 2011.

CABELLO, F. P. *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF)*: goteo, microaspersión, exudasión. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 511 p.

CECÍLIO FILHO, A. B.; SILVA, A. L. P.; MENDONZA-CORTEZ, J. W. M.; BARBOSA, J. C. Cauliflower and broccoli productivity as influenced by phosphorus fertilizer doses in a P-rich soil. *Australian Journal of Crop Science*, v. 9, n. 8, p. 709-712, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuária 2006. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/lisabl1.asp?c=819&n=0&u=0&z=p&o=2&i=>. Acesso em: 12 fev. 2014.

LIMA, V. M.; LIMA JUNIOR, J. A.; GUSMÃO, S. A. L.; OLIVEIRA NETO, C. F.; OLIVEIRA, F. C.; MARTINS, I. C. F. Viabilidade econômica da produção de pimentinha-verde submetida a diferentes lâminas de irrigação. *Ciências Agrárias*, v. 59, n. 4, p. 326-332, 2016.

LIMA JUNIOR, J. A. PEREIRA, G. M.; GEISENHOFF, L. O.; SILVA, W. G.; SOUZA, R. O. R. M.; VILLAS BOAS, R. C. Economic viability of a drip irrigation system on carrot crop. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 57, N. X, p. 15-21, 2014.

LIMA JUNIOR, J. A.; PEREIRA, J. M.; GEISENHOFT, L. O.; SILVA, W. G.; VILAS BOAS, R. C.; LOBATO, A. K. S. Avaliação econômica da produção de alface americana em função de lâminas de irrigação. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 2, p. 392-398, 2011.

LIMA JUNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M.; GEISENHOFF, L. O.; SILVA, W. G.; VILLAS BOAS, R. C.; SOUZA, R. J. Desempenho de cultivares de cenoura em função da água no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 5, p. 514-520, 2012.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 157-232.

MAY, A.; TIVELLI, S. W.; VARGAS, P. F.; SAMRA, A. G.; SACCONI, L. V.; PINHEIRO, M. Q. A cultura da couve-flor. Campinas: IAC, 2007.

MENDONÇA, F. C. Evolução dos custos e avaliação econômica de sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura. In: SANTOS, C. M. et al. *Irrigação da cafeicultura no cerrado*. Uberlândia: Editora da UFU, 2001. p. 45-78.

PEREIRA, M. E. M.; LIMA JUNIOR, J. A.; SOUZA, R. O. R. M.; GUSMÃO, S. A. L.; LIMA, V. M. Irrigation management influence and fertilizer doses with boron on productive performance of caulinflower. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 36, p. 811-821, 2016.

PIZETTA, L. C.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C. Resposta de brócolis, couve-flor e repolho à adubação com boro em solo arenoso. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 1, p. 51-56, 2005.

REIS R. P. *Fundamentos de economia aplicada*. 2. ed. Lavras: Editora da UFLA; Faepe, 2007. 95 p.

REZENDE, B. L. A.; JUNIOR, A. P. B.; CECÍLIO FILHO, A. B.; QUEIROS PÔRTO, D. R.; GERALDO MARTINS, M. I. E. Custo de produção e rentabilidade das culturas de alface, rabanete, rúcula e repolho em cultivo solteiro e consorciadas com pimentão. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 1, p. 305-312, 2009.

SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; REIS, R. P.; SANTANA, M. J.; MATTIOLI, W. Viabilidade técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 1, p. 200-205, 2007.

SILVA, W. G.; CARVALHO, J. A.; OLIVEIRA, E. C.; LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, B. M. Análise técnica e econômica da irrigação do feijão-de-metro em ambiente protegido. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 33, p. 658-688, 2013.

SOUZA, C. M. A.; FREITAS, F. S.; CARVALHO, C. J. R. D.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R. Atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais sequenciais no município de Igarapé-Açu, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém. *Anais*... Belém: SBSAF, 2011. p. .

TANGUNE, B. F.; PEREIRA, G. M.; SOUSA, R. J.; GATTO, R. F. Produção de brócolis irrigado por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo. *Semina*: Ciências Agrárias, v. 37, n. 1, p. 7-16, 2016.

TOMASSONI, F.; SANTOS, R. F.; ROCHA, A. A.; GALDINO, T. S.; NADALETI, W. C.; ROSSI, E.; CARPINSKI, M. Sensibilidade da couve-flor ao excesso de água no solo. *Acta Iguazu*, v. 2, n. 4, p. 1-6, 2013.

UNITED NATIONS. Food and Agriculture Organization. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 21 jan. 2014.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA JUNIOR, J. A.; CANSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 781-788. 2011.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J.; GEISENHOFF, L. O.; LIMA JÚNIOR, J. A. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 7, p. 706-713, 2012.

ZANUZO, M. R.; RIBEIRO, L. M.; LANGE, A.; MACHADO, R. A. F.; MASSAROTO, J. A. Desempenho agronômico de genótipos de couve-flor nas condições edafoclimáticas de Sinop. *Horticultura Brasileira*, v. 31, n. 2, p. 332-337, 2013.

Contribuição dos autores: Michel Emerson Martins Pereira conduziu o experimento, a análise estatística e a redação do artigo; Joaquim Alves de Lima Junior supervisionou e acompanhou todas as etapas, além das análises estatísticas e redação do artigo; Valdeides Marques Lima contribuiu com a revisão bibliográfica e a redação do artigo; Sérgio Antonio Lopes de Gusmão contribuiu com a revisão bibliográfica e a redação do artigo; Pedro Daniel de Oliveira colaborou com revisão ortográfica, gramatical e redação científica. André Luiz Pereira da Silva contribuiu com a redação do artigo e com a revisão ortográfica e gramatical

Agradecimentos: Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte e financiamento, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da Bolsa de Mestrado.

Fonte de financiamento: Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.