

RETORNO ECONÔMICO-FINANCEIRO DA PRODUÇÃO DE ÓLEO VEGETAL DE CULTIVARES DE SOJA IRRIGADA*

SILVANA ANTUNES RODRIGUES¹; MARCIA XAVIER PEITER¹; ADROALDO DIAS ROBAINA¹; JHOSEFE BRUNING¹; MIGUEL CHAIBEN NETO¹ E LAURA DIAS FERREIRA¹

¹Departamento de Engenharia Rural (DER), Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, cidade universitária, Bairro Camobi, CEP: 97103-900, Santa Maria, RS, Brasil, rodrigues.silvana.a@gmail.com; marcia.peiter@ufsm.br; diasrobaina@gmail.com; jhosefe.b@gmail.com; miguelchaiben@gmail.com; lauradiasferreira14@gmail.com.

* Este artigo é proveniente da tese de doutorado do primeiro autor.

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o retorno econômico-financeiro da produção de óleo de soja em vários cenários, com diferentes cultivares, lâminas de irrigação e valores de comercialização. Foram conduzidos dois experimentos nos anos de 2017/2018 e 2018/2019, em área experimental do Colégio Politécnico da UFSM. O delineamento experimental foi um bifatorial em blocos ao acaso, com o primeiro fator de 5 lâminas de irrigação mais a testemunha e o segundo fator três cultivares de soja. Para a irrigação, utilizou-se um sistema do tipo aspersão convencional fixo, com turno de rega de 7 dias. Foi realizado o levantamento dos custos de todo sistema produtivo. O retorno econômico-financeiro foi determinado pelos indicadores de investimento, valor presente líquido, taxa interna de retorno, razão benefício/custo e payback. Considerando quatro preços de comercialização do óleo bruto, totalizando 72 cenários. As lâminas de irrigação de 0% e 100% da ETo apresentaram os maiores retornos econômicos, para todos os indicadores. O preço de comercialização do óleo a R\$ 2,50 kg⁻¹ não foi economicamente viável, nas diferentes lâminas de irrigação e cultivares. Nos preços de R\$ 6,50 e R\$ 8,50 kg⁻¹, o retorno econômico foi satisfatório para todas as condições testadas.

Palavras-chave: *Glycine max L.*, manejo de irrigação, preço de produto, indicadores econômicos.

RODRIGUES, S. A.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; BRUNING, J.; CHAIBEN NETO, M.; FERREIRA, L. D.
ECONOMIC AND FINANCIAL RETURN ON VEGETABLE OIL PRODUCTION FROM IRRIGATED SOYBEAN CULTIVARS

2 ABSTRACT

This work aimed to evaluate the economic-financial return of soybean oil production in several scenarios, with different cultivars, irrigation depths and commercialization values. Two experiments were conducted in the years 2017/2018 and 2018/2019, in an experimental area of the Polytechnic College of UFSM. The experimental design was a two-factor randomized block design, with the first factor of 5 irrigation depths plus the control and the second factor of three

soybean cultivars. Irrigation, a fixed conventional sprinkler system with a 7-day irrigation shift was used. A survey of the costs of the entire production system was carried out. The economic-financial return was determined by the investment indicators, net present value, internal rate of return, benefit/cost ratio and payback. Considering four crude oil marketing prices, totalizing 72 scenarios. The irrigation depths of 0% and 100% of ETo presented the highest economics returns, for all indicators. The oil commercialization price at R\$ 2.50 kg⁻¹ was not economically viable, in the different irrigation depths and cultivars. At the prices of R\$ 6.50 and R\$ 8.50 kg⁻¹, the economic return was satisfactory for all conditions tested.

Keywords: *Glycine max L.*, irrigation management, product price, economics indicators.

3 INTRODUÇÃO

A cultura da soja é um dos principais produtos em área cultivada, produção e exportação, impulsionando o desenvolvimento do Brasil (CATTELAN; DALL'AGNOL, 2018). A soja é utilizada na produção de óleo comestível e matéria-prima para o biodiesel, também gerando outros coprodutos a partir do seu farelo (POTRICH et al., 2020).

Devido a sua distribuição geográfica no país, a compreensão da interferência de fatores ambientais na produção e composição dos grãos de soja é fundamental para o alcance de maiores produtividades e qualidade (MERTZ-HENNING et al., 2018). O conteúdo de óleo do grão de soja é de aproximadamente 20% do seu peso, (CAO et al., 2017), podendo variar por influência de fatores bióticos como ambiente (ASSEFA et al., 2018), temperatura, época de semeadura (MOURTZINIS et al., 2017), e disponibilidade hídrica (MERTZ-HENNING et al., 2018).

A precipitação, na maioria das propriedades, ainda é o único meio de disponibilidade de água para as culturas, porém em locais onde a demanda hídrica não é atendida, o rendimento e a qualidade de grãos são prejudicados (GAJIĆ et al., 2018). Desta forma, a irrigação tem relevância sob a produtividade de grãos e sua influência no conteúdo de óleo, apresenta uma variação de acordo com a literatura (AYDINSAKIR, 2018).

Mertz-Henning et al. (2018) e Morsy et al. (2018) relatam que o déficit hídrico no período reprodutivo da cultura da soja reduziu o teor de óleo dos grãos. Por outro lado, Wijewardana, Reddy e Bellaloui (2019), Basal e Szabó (2020) e Aydinsakir et al. (2021), observaram que uma menor disponibilidade hídrica aumentou o teor de óleo dos grãos.

Os processos convencionalmente utilizados na extração de óleo, são o mecânico e por solvente (CHENG; ROSENTRATER, 2017a). Sendo a abordagem mais utilizada, a extração por solvente hexano (CHENG et al., 2019), com maior capacidade de retirada de óleo do grão, menor custo e reaproveitamento do solvente. As tecnologias utilizadas na indústria, são essenciais na determinação dos custos de produção, porém a produtividade e a concentração de óleo dos grãos podem influenciar diretamente estes custos (CHENG et al., 2018).

A implementação de sistemas de irrigação, é uma tecnologia com custo inicial elevado, porém incrementa a produtividade e, conseqüentemente, dilui os custos de produção por hectare (CAVALCANTE et al., 2021). Considerando o investimento necessário e os benefícios do sistema (CARRÊLO et al., 2020).

Para o planejamento, dimensionamento e construção destes projetos, é fundamental a análise dos parâmetros econômicos, sendo necessários indicadores que auxiliem na tomada de

decisão, facilitando a escolha por cenários de maiores retornos financeiros (SALES et al., 2017).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o retorno econômico-financeiro da produção de óleo de soja em vários cenários, com diferentes cultivares, lâminas de irrigação e valores de comercialização.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção dos dados de produtividade de soja, foram conduzidos dois experimentos nos anos de 2017/2018 (safra 1) e 2018/2019 (safra 2), em área experimental pertencente ao Colégio Politécnico da UFSM, localizada em Santa Maria – RS. As coordenadas da área experimental são 29°42'55.7''S, 53°44'21.4''O e altitude de 120 m. Pela classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é tipo Cfa (clima subtropical úmido), com estações do ano bem definidas (ALVARES et al., 2013). Segundo o INMET, a precipitação média anual da região é de 1450 a 1650 mm com uma temperatura média do ar de 18-20°C.

As sementeiras, para as safras 1 e 2, foram realizadas nos dias 14/12/2017 e 23/11/2018, respectivamente. O delineamento experimental constou de um bifatorial em blocos ao acaso, com o primeiro fator de 5 lâminas de irrigação mais a testemunha (0, 25, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração de referência). O segundo fator foram 3 cultivares de soja (*Glycine max* L.), NS 6909 PRO RR, BRASMAX Ponta IPRO 7166 RSF e BRASMAX Valente RR 6968 RSF.

Para a irrigação, utilizou-se um sistema do tipo aspersão convencional fixo. A uniformidade de distribuição da água e a calibração da taxa de aplicação da irrigação (mm h⁻¹) foram determinadas pelo teste de Uniformidade de Christiansen (CUC). A uniformidade de aplicação de irrigação foi

de 82% e a taxa de aplicação do sistema foi de 11,5 mm h⁻¹.

O momento da irrigação foi realizado com turno de rega fixo de 7 dias entre as irrigações, quando não ocorreu precipitação que suprisse a demanda hídrica da cultura. O manejo da irrigação foi baseado na evapotranspiração de referência (ET_o), calculada pela equação de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998).

Os dados meteorológicos foram obtidos através da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada na Universidade Federal de Santa Maria. Os dados coletados diariamente foram: precipitação pluvial (mm), temperaturas máxima e mínima do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m s⁻¹) e radiação solar (kJ m⁻²).

A necessidade de irrigação foi determinada conforme a Eq. 1:

$$NI = ET_o - P_{ef} \quad (1)$$

Em que: NI é a necessidade de irrigação (mm), ET_o é a evapotranspiração de referência do período de sete dias (mm) e P_{ef} é a precipitação efetiva (mm).

A precipitação efetiva foi determinada conforme Millar (1978) que considera os parâmetros de classe textural do solo, declividade da área (%) e cobertura vegetal. Considerou-se a fração de precipitação pluvial perdida por escoamento superficial de 30% do total precipitado.

As lâminas de irrigação foram aplicadas conforme o tempo de irrigação, de acordo com a Eq. 2:

$$Ti = \frac{Ln}{Lr \cdot Ua} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que: TI é o tempo de Irrigação (h), L_n é a lâmina necessária (mm), L_R é a lâmina de referência (mm h⁻¹) e U_a é a uniformidade de aplicação (%).

Ao final do ciclo da cultura foram coletadas as plantas de uma área útil 4,5 m² e, posteriormente, trilhadas, retiradas as impurezas, pesadas e realizada a correção da umidade para 13%. Posteriormente, foi realizada a extração do óleo dos grãos de soja em laboratório, com solvente éter de petróleo em um extrator Soxhlet, segundo o procedimento descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). A produtividade de óleo (kg ha⁻¹) foi calculada através do produto entre conteúdo de óleo do grão e produtividade de grãos.

Foi realizado o levantamento dos custos de todo sistema produtivo e divididos em: custos fixos não relacionados à irrigação, custos fixos relacionados à irrigação e custos variáveis relacionados à irrigação (CONAB, 2010).

Os custos fixos não relacionados à irrigação, foram os valores referentes a adubo, sementes, mão-de-obra, hora-máquina, aquisição e aplicação de defensivos, entre outros materiais necessários à produção, todos estes custos foram ajustados para R\$ ha⁻¹.

Os custos fixos relacionados à irrigação foram determinados com base em um sistema de irrigação padrão adaptado de Torres et al. (2019), com a finalidade de obter os custos de aquisição, instalação e manutenção do sistema. O valor de aquisição do sistema foi diluído ao longo de sua vida útil, mantendo o valor independente do sistema ser acionado ou não. Foi considerada neste projeto, uma lâmina efetiva de 60% do raio de alcance para os aspersores das pontas do sistema de irrigação.

O cálculo dos custos fixos relacionados à irrigação foi realizado de acordo com a Eq. 3:

$$C_{FRI} = C_D + C_J + C_S \quad (3)$$

Em que: C_{FRI} é o custo fixo relacionado a irrigação (R\$ ha⁻¹), C_D é o custo com depreciação dos componentes do sistema (R\$ ha⁻¹), C_J é o custo com juros

sobre o capital investido (R\$ ha⁻¹) e C_S é o custo com seguro dos componentes do sistema de irrigação (R\$ ha⁻¹).

O custo com depreciação do sistema foi calculado conforme Eq. 4, considerando o valor residual de 20% do bem novo (CONAB, 2010).

$$C_D = \left[\frac{VN - VR}{VU_H} \right] \cdot H_s T_R \quad (4)$$

Em que: C_D é a depreciação do componente do sistema (R\$), VN é o valor de aquisição do componente novo (R\$), VR é o valor residual do componente (R\$), VU_H é a vida útil do componente (h) e $H_s T_R$ é o total de horas trabalhadas por hectare.

Para o cálculo do custo com juros sobre o capital investido (Eq. 5) foi adotada uma taxa de juros sobre o capital investido de 2,8%.

$$C_J = T_{AJ} \cdot VN \quad (5)$$

Em que: C_J é o juros sobre o capital investido (R\$), T_{AJ} é a taxa anual de juros (%) e V_{AE} é o valor de aquisição do componente novo (R\$).

O custo com seguro foi determinado como sendo 0,35% do valor médio do investimento (CONAB, 2010), conforme Eq. 6.

$$S = \frac{VN}{2} \cdot 0,0035 \quad (6)$$

Em que: S é o custo com seguro (R\$) e VN é o valor de aquisição do componente novo (R\$).

Os custos variáveis relacionados à irrigação foram determinados conforme a Eq. 7:

$$C_{VRI} = C_{VE} + C_{VMO} + C_{VMan} \quad (7)$$

Em que: C_{VRI} é o custo variável relacionado a irrigação (R\$), C_{VE} é o custo variável com energia elétrica (R\$), C_{VMO} é o custo com mão-de-obra empregada na irrigação (R\$), C_{VMan} é o custo com manutenção dos equipamentos (R\$).

Para o cálculo do custo variável da energia elétrica foi considerada a potência do conjunto motobomba e o tempo para aplicação da lâmina de irrigação, conforme Eq. 8. A obtenção do custo da energia elétrica foi realizada de acordo com o preço da energia praticado pela concessionária da região, considerando a tarifa verde (21 horas diárias de operação).

$$C_{VE} = P_W \cdot E_e \cdot T \cdot L \quad (8)$$

Em que: C_{VE} é o custo variável com energia elétrica (R\$), P_W é a potência do conjunto motobomba (kW h^{-1}), E_e é o preço da energia elétrica ($\text{R\$ kW h}^{-1}$), T é o tempo para aplicação de um milímetro de água (h mm^{-1}) e L é a lâmina de irrigação (mm).

O custo da mão-de-obra foi determinado com o valor horário equivalente ao salário-mínimo rural (CONAB, 2010) e calculado conforme a Eq. 9.

$$C_{VMO} = N_i \cdot N_s \cdot 0,5 \cdot \frac{V_{SMIn}}{220} \quad (9)$$

Em que: C_{VMO} é o custo com mão-de-obra empregada na irrigação (R\$), N_i é o número de irrigações, N_s é o número de setores do sistema de irrigação e V_{SMIn} é o valor do salário mínimo rural (R\$).

Os custos de manutenção foram calculados conforme a Eq. 10, considerando os valores relativos a 1% do custo de aquisição do sistema de irrigação e 10% do valor gasto com energia.

$$C_{VMan} = VN \cdot 0,01 \cdot \frac{C_{VE}}{10} \quad (10)$$

Em que: C_{VMan} é o custo com manutenção dos equipamentos (R\$), VN é o valor de aquisição do componente novo ($\text{R\$ ha}^{-1}$), C_{VE} é o custo variável da energia elétrica.

O retorno econômico-financeiro foi determinado pelos indicadores de investimento, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), razão benefício/custo (B/C) e payback (PB).

O VPL foi calculado conforme a Eq. 11:

$$VPL = \sum_{t=0}^N \frac{F_t}{(1+j)^t} \quad (11)$$

Em que: VPL é o valor presente líquido ($\text{R\$ ha}^{-1}$), j é a taxa mínima de atratividade (TMA), N é o horizonte do projeto (anos), t é o período do projeto (anos) e F_t é o fluxo de caixa líquido em cada ano ($\text{R\$ ha}^{-1}$).

A TIR foi calculada de acordo com a Eq. 12.

$$TIR = \sum_{j=0}^N \frac{F_t}{(1+TIR)^t} \quad (12)$$

Em que: TIR é a taxa interna de retorno, em decimal e j é a taxa mínima de atratividade (TMA), em decimal.

A B/C foi determinada conforme Eq. 13.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^N B_k (1+j)^{-t}}{\sum_{t=0}^N C_k (1+j)^{-t}} \quad (13)$$

Em que: B/C é a razão benefício/custo, B são as receitas ($\text{R\$ ha}^{-1}$) e C são as despesas ($\text{R\$ ha}^{-1}$).

O cálculo do PB foi realizado de acordo com a razão do investimento inicial pelo fluxo de caixa médio do período (20 anos). Para a análise da viabilidade econômico-financeira foram elaborados 72

cenários. Considerando três cultivares de soja, 5 lâminas de irrigação mais a testemunha e quatro valores de comercialização do óleo bruto (R\$ 2,50, R\$ 4,50, R\$ 6,50 e R\$ 8,50 kg⁻¹), levando em consideração que o valor médio nos últimos cinco anos foi de aproximadamente R\$ 4,00 kg⁻¹. O custo de produção da tonelada de soja processada foi fixado em R\$ 31,36 ton⁻¹ (POTRICH et al., 2020), considerando uma cotação do dólar de R\$ 5,38.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O CFNRI foi de R\$ 2.403,38 ha⁻¹ e o CFRI foi de R\$ 1.378,70 ha⁻¹, para as três cultivares nos dois anos de experimento. Os CVRI para a safra 1 foram de R\$ 124,04 (25% da ETo), R\$ 142,28 (50% da ETo), R\$ 160,51 (75% da ETo), R\$ 162,37 (100% da ETo) e R\$ 196,99 ha⁻¹ (125% da ETo), para a segunda safra foram de R\$ 120,26, R\$ 138,44, R\$ 156,61, R\$ 158,45 R\$ 192,95 ha⁻¹, nas respectivas lâminas de irrigação. Dalchiavon et al. (2019) obtiveram um custo de produção na cultura da soja de R\$ 3.063,00 ha⁻¹ sem a utilização da irrigação, este valor é 27% superior ao CFNRI deste estudo.

Na primeira safra, os custos médios de produção de óleo entre as lâminas de irrigação, variaram de R\$ 156,15 ha⁻¹ (0% da ETo) e R\$ 208,96 ha⁻¹ (100% da ETo), estes resultados apresentam diferença de 25,27%.

Na testemunha, houve uma variação entre as cultivares de 11,62% nos custos,

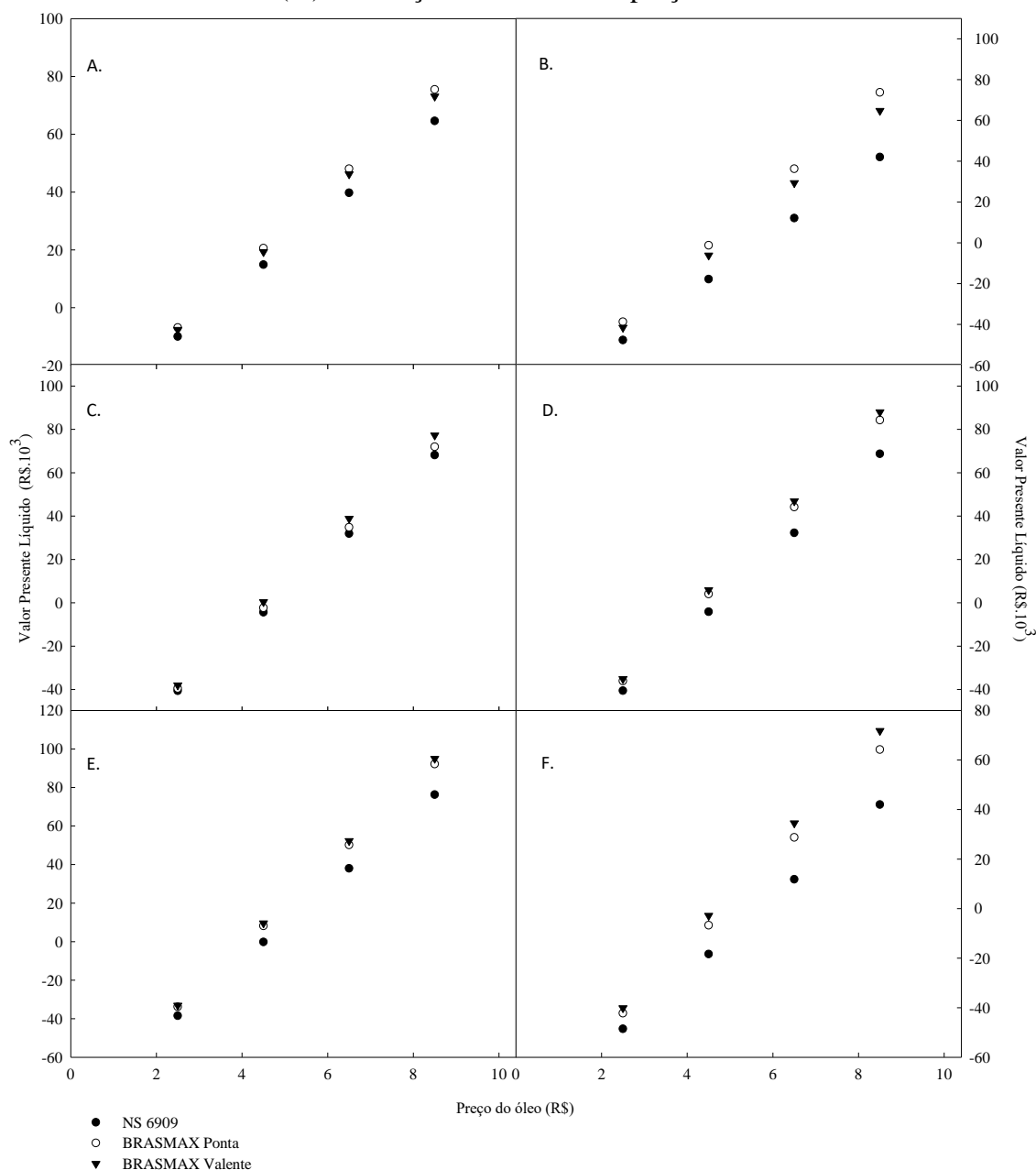
sendo o menor valor para a NS 6909 (R\$ 144,95 ha⁻¹) e o maior para a BRASMAX Ponta (R\$ 164,01 ha⁻¹). A cultivar NS 6909 obteve o valor de R\$ 203,67 ha⁻¹ e a Valente de R\$ 217,58 ha⁻¹, na lâmina de 100% da ETo, variando em 6,39% no custo da produção de óleo.

Os custos médios de produção de óleo entre lâminas de irrigação, na segunda safra, variaram de R\$ 153,81 ha⁻¹ (0% da ETo) a R\$ 198,37 ha⁻¹ (100% da ETo), representando 22,46% de diferença. A cultivar NS 6909 apresentou um custo de R\$ 150,02 ha⁻¹ que é 5,47% menor que o custo de óleo para a BRASMAX Valente, que apresentou um valor de R\$ 158,71 ha⁻¹. Na lâmina de 100% da ETo, o menor valor foi de R\$ 191,13 ha⁻¹ para a NS 6909 e o maior valor de R\$ 204,92 ha⁻¹ para a BRASMAX Valente, o que representou 6,73% de variação.

Os custos de produção para os dois anos de experimento foram menores para a testemunha e cultivar NS 6909 com valores de R\$ 2.548,34 e R\$ 2.553,40, e os maiores valores foram para a cultivar Valente na lâmina de 125% da ETo de R\$ 4.170,05 e R\$ 4.174,12, respectivamente. Para a safra 1 a diferença entre os custos do tratamento não irrigado e da lâmina de 125% da ETo foi de 41,04% e, na safra 2, essa amplitude foi de 38,83%.

A Figura 1 apresenta os dados de valor líquido presente (VPL) em função das lâminas de irrigação.

Figura 1. Valores de VPL nos tratamentos 0% (A.), 25% (B.), 50% (C.), 75% (D.), 100% (E.) e 125% da ETo (F.) em função dos diferentes preços de venda de óleo.



Observou-se que os maiores valores foram obtidos na lâmina de 100% da ETo, com um preço de óleo de R\$ 8,50 kg⁻¹, e VPL de R\$ 76.264,04 (NS 6909), R\$ 92.153,16 (BRASMAX Ponta) e R\$ 95.025,44 (BRASMAX Valente). No cenário de preço de venda de R\$ 2,50 kg⁻¹, o VPL não demonstrou viabilidade em nenhuma das lâminas e cultivares estudadas.

Corroborando com os resultados deste estudo, em que o investimento se tornou viável para valores superiores ao preço médio de comercialização, Kenkel et al. (2006) ao analisarem a viabilidade econômico-financeira da produção de óleo de canola com quatro preços de comercialização, encontraram VPL negativo para os dois menores preços e positivo somente a partir do preço médio de venda.

Para o preço de R\$ 4,50 kg⁻¹ alguns cenários apresentaram VPL negativo e somente o tratamento não irrigado retornou valores positivos para todas as cultivares, sendo R\$ 14.866,50 para a NS 6909, R\$ 20.559,68 para a BRASMAX Ponta e R\$ 19.288,46 para a BRASMAX Valente.

Com a utilização e o aumento da lâmina de irrigação, o VPL apresentou crescimento, com 75,5%, 22,1% e 30% de diferença entre o tratamento não irrigado e a lâmina de 100% da ETo, no cenário de R\$ 8,50 kg⁻¹, para as cultivares NS 6909, BRASMAX Ponta e BRASMAX Valente, respectivamente. Um acréscimo no VPL de 51,04%, na comparação entre os dois maiores preços de venda, foi observado por Kenkel et al. (2006). No presente estudo, o aumento foi de 72,76% para a cultivar BRASMAX Ponta no tratamento não irrigado e 89,90% para a cultivar BRASMAX Valente na lâmina de 100% da ETo, comparando os preços de R\$ 4,50 e R\$ 8,50 kg⁻¹.

Alves, Belarmino e Padula (2017), ao compararem três culturas (soja, canola e girassol), observaram que a soja apresentou rentabilidade na produção de óleo. Segundo os autores, isto se deve à maior produtividade de grãos da soja, visto que o teor de óleo é menor comparado às outras

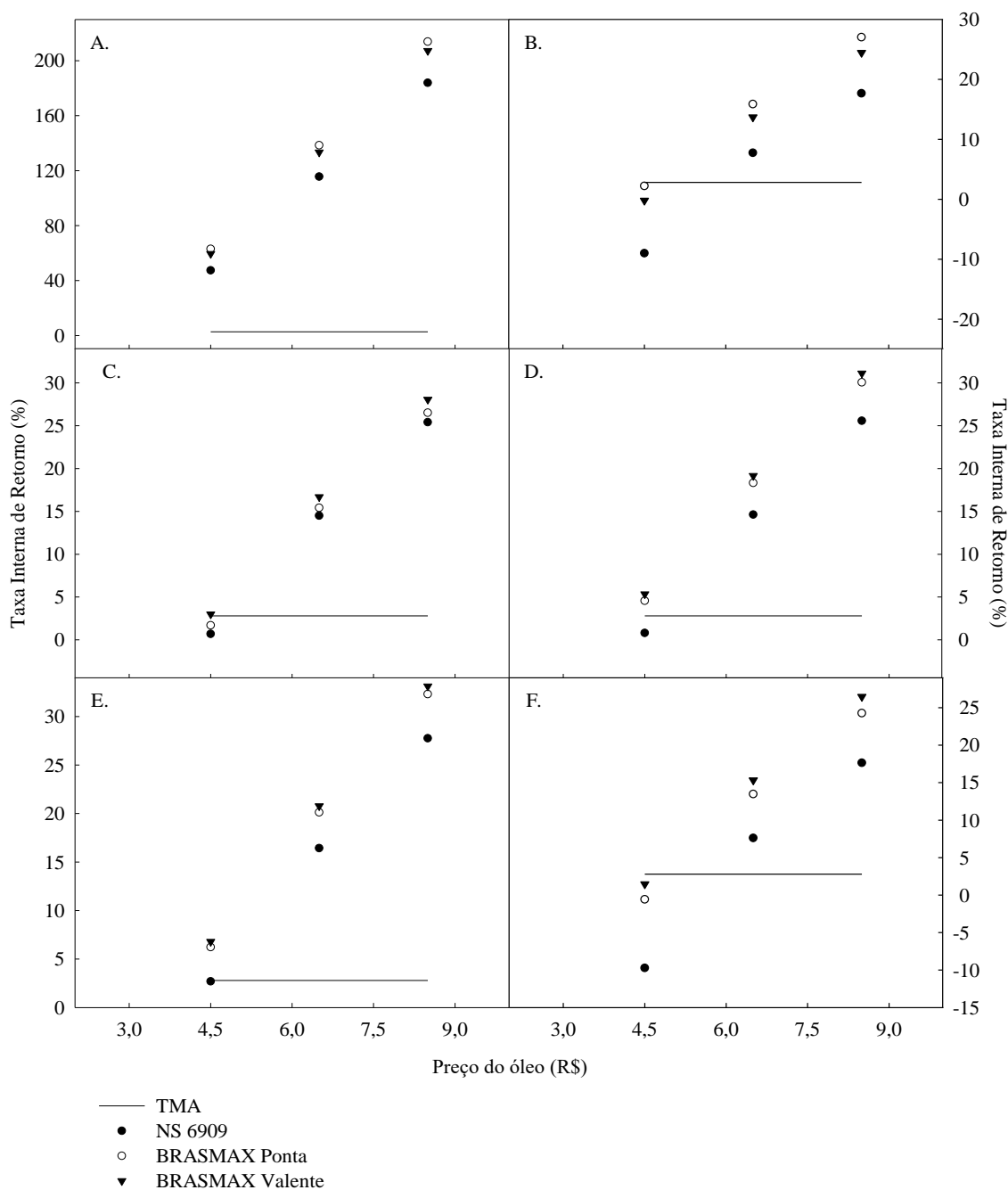
duas culturas. Por outro lado, Mupondwa et al. (2016) ao trabalharem com a produção de óleo de camelina em diferentes produtividades de grãos, teores de óleo, TIR, preços de óleo e capacidades de planta de produção, observaram que em baixas produtividades de grãos o VPL retorna negativo em qualquer um dos cenários.

No presente estudo, os maiores lucros líquidos foram diretamente associados ao tratamento com melhor produtividade de grãos (100% da ETo), com valores de R\$ 1.938,77 ha⁻¹, R\$ 4.643,18 ha⁻¹, R\$ 7.347,59 ha⁻¹, para preços de comercialização de R\$ 4,50, R\$ 6,50 e R\$ 8,50 kg⁻¹, respectivamente.

Sem considerar a produtividade de grãos, a soja pode trazer retornos menores que culturas com maiores teores de óleo. Adhikari et al. (2017) observaram retornos 31,83% maiores no girassol em relação à cultura da soja, ao avaliarem a viabilidade econômico-financeira da produção de óleo destas culturas.

Os resultados de taxa interna de retorno (TIR) no preço de venda de óleo de R\$ 2,50 kg⁻¹, não retornaram valores em nenhum dos cenários. Por isso, é possível observar na Figura 2 somente os dados de TIR nos preços de R\$ 4,50, R\$ 6,50 e R\$ 8,50 kg⁻¹.

Figura 2. Valores de TIR nos tratamentos 0% (A.), 25% (B.), 50% (C.), 75% (D.), 100% (E.) e 125% da ETo (F.) em função dos diferentes preços de venda de óleo.



O tratamento sem irrigação apresentou rentabilidade em todos os cenários estudados, com preço de venda de óleo a partir de R\$ 4,50 kg⁻¹. Entre os tratamentos irrigados, o melhor retorno foi observado na lâmina de 100% da ETo, nos preços de venda de R\$ 6,50 e R\$ 8,50 kg⁻¹, com valores de 16%, 20% e 21%, e 28%,

32% e 33% para as cultivares NS 6909, BRASMAX Ponta e BRASMAX Valente, respectivamente. Nas lâminas de 25% e 125% da ETo com preço de R\$ 4,50 kg⁻¹, os valores da TIR foram menores que a TMA para todas as cultivares.

Kenkel e Holcomb (2008), ao estudarem a produção de biodiesel a partir da

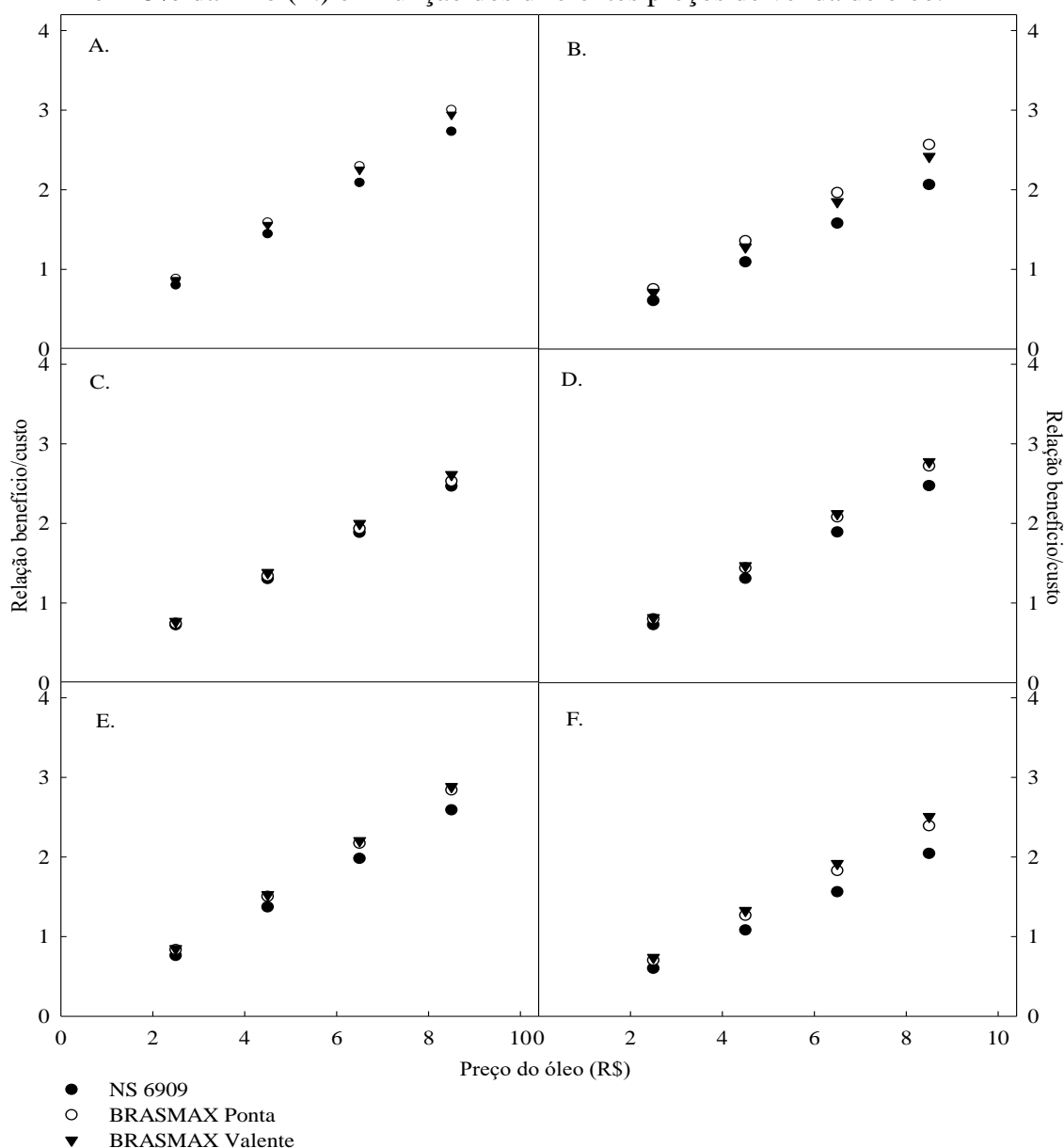
canola, girassol e soja, observaram que para baixos preços de comercialização, a soja não é economicamente viável pelo seu teor de óleo, comparada às outras culturas. Os autores ainda destacam, que a produção só se tornou viável com TIR para valores acima do preço médio de mercado, para a cultura da canola.

Kenkel et al. (2006) ao trabalharem com produção de óleo de canola não obtiveram valores de TIR para o menor preço de comercialização, corroborando

com os resultados encontrados para o preço de R\$ 2,50 kg⁻¹. Os mesmos autores também observaram que conforme os preços de venda aumentaram, houve um incremento na TIR, estando de acordo com este estudo.

A relação B/C apresentou valores menores que 1,00 para todas as lâminas e cultivares no preço de venda de óleo de R\$ 2,50 kg⁻¹, o que demonstra que estes cenários não são favoráveis para o investimento (Figura 3).

Figura 3. Valores de B/C nos tratamentos 0% (A.), 25% (B.), 50% (C.), 75% (D.), 100% (E.) e 125% da ETo (F.) em função dos diferentes preços de venda de óleo.



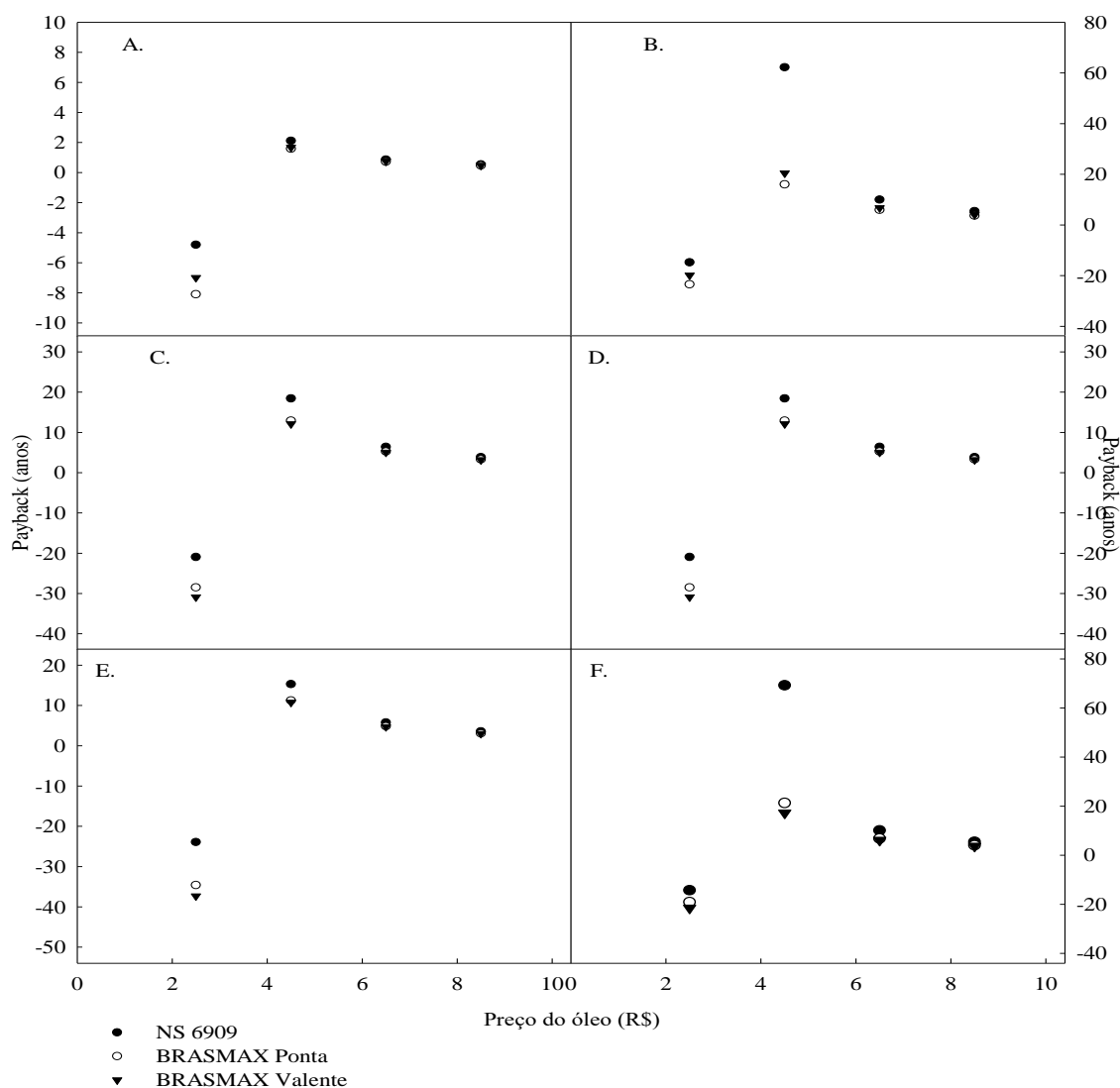
A partir de R\$ 4,50 kg⁻¹, todos os cenários apresentaram resultados superiores a 1,00, porém os maiores valores foram observados nas lâminas 0% e 100% da ETo, em todas as cultivares. A irrigação suplementar demonstra ser economicamente viável pois, apesar do tratamento sem irrigação apresentar maiores valores de B/C, os resultados aproximam-se dos valores da lâmina de 100% da ETo, com diferença de 5,1% para a NS 6909, 5,6% para a BRASMAX Ponta e 2% para a BRASMAX Valente.

Kenkel et al. (2006), observaram uma B/C menor que 1 para dois preços de

comercialização mais baixos do óleo de canola, no entanto, a relação se tornou atrativa com o aumento da remuneração. Este comportamento é semelhante ao encontrado neste estudo pois, a B/C foi inferior a 1 para todas as condições testadas com preço de venda de R\$ 2,50 kg⁻¹ e se tornou rentável com o aumento do valor de comercialização do produto, que foi acima do preço médio.

Na Figura 4 observa-se os valores de PB nos diferentes tratamentos de irrigação em função dos quatro cenários de preços de venda do óleo.

Figura 4. Valores de PB nos tratamentos 0% (A.), 25% (B.), 50% (C.), 75% (D.), 100% (E.) e 125% da ETo (F.) em função dos diferentes preços de venda de óleo.



Os resultados de PB, a um preço de R\$ 2,50 kg⁻¹ não foram viáveis para nenhum dos tratamentos de irrigação e cultivares. A venda do óleo a R\$ 4,50 kg⁻¹ demonstra um PB com alta amplitude, variando entre 2 anos (0% da ETo), para todas as cultivares, e 69 anos (125% da ETo) para a NS 6909. Para os preços de R\$ 6,50 kg⁻¹ e R\$ 8,50 kg⁻¹, os valores permaneceram abaixo de 10 anos. Mupondwa et al. (2016), observaram que para uma alta produtividade de grãos, o PB foi menor que o período de análise, variando entre 0,72 e 17 anos, para qualquer preço de venda do óleo de camelina.

No tratamento sem irrigação, foram observados os menores resultados de PB, com seis meses de retorno para todas as cultivares, no preço de R\$ 8,50 kg⁻¹. Entre os tratamentos irrigados as reposições hídricas de 75% e 100% da ETo, apresentaram valor médio de 3 anos, representando um retorno econômico mais rápido comparadas às demais lâminas.

Preços de venda maiores e custos de produção mais baixos, apresentaram tempos de retorno menores, como relataram Kenkel et al. (2006), que ao trabalharem com quatro preços de venda de óleo de canola, obtiveram PB somente para as duas remunerações acima do preço médio de comercialização, de 5 e 4 anos, respectivamente. Os resultados de PB encontrados estão de acordo com este estudo, e são semelhantes aos valores do tratamento sem irrigação com preços a partir de R\$ 4,50 kg⁻¹.

Os resultados demonstram que, a maior rentabilidade foi obtida através de menores custos de produção, alta produção de óleo e maiores preços de venda. O custo da soja e os preços de venda do óleo de soja são fatores críticos para o processo de extração do óleo, por isso preços mais baixos da soja e preços de venda mais altos do óleo são desejáveis (CHENG; ROSENTRATER, 2017b).

6 CONCLUSÃO

O tratamento não irrigado e a cultivar NS 6909 apresentaram os menores custos de produção. A lâmina de 125% da ETo obteve um custo maior com a cultivar BRASMAX Valente, representando um incremento médio de 39,94%, em relação ao tratamento não irrigado.

As lâminas de irrigação que apresentaram maiores retornos econômico-financeiros foram de 0% e 100% da ETo, para todos os indicadores. Os tratamentos de irrigação que apresentaram menor viabilidade econômico-financeira, segundo os indicadores analisados, foram a 25% e a 125% da ETo.

A BRASMAX Valente, foi a cultivar que obteve o melhor desempenho nos diferentes cenários para os indicadores analisados. A cultivar que apresentou menor viabilidade econômico-financeira foi a NS 6909.

O preço de comercialização do óleo a R\$ 2,50 kg⁻¹ não foi economicamente viável, nas diferentes lâminas de irrigação e cultivares. Nos preços de R\$ 6,50 e R\$ 8,50 kg⁻¹, o retorno econômico-financeiro foi satisfatório para todas as condições testadas.

7 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

8 REFERÊNCIAS

ADHIKARI, S.; ILLUKPITIYA, P.; FISSEHA, T.; ENFIOK, E. Comparative economic analysis of on-farm biodiesel production. *In: Agecon search: research in agricultural & applied economics, 2017 Annual Meeting, February 4-7, 2017, Mobile, Alabama. Conference*

- Paper/Presentation** [...]. Mobile: Agecon search, 2017. p. 1-20. DOI: 10.22004/ag.econ.252766. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/252766/>. Acesso em: 23 dez. 2021.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.
- ALVES, C. E. S.; BELARMINO, L. C.; PADULA, A. D. Feedstock diversification for biodiesel production in Brazil: Using the Policy Analysis Matrix (PAM) to evaluate the impact of the PNPB and the economic competitiveness of alternative oilseeds. **Energy Policy**, Amsterdam, v. 109, p. 297-309, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.07.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421517304408>. Acesso em: 17 fev. 2023.
- AYDINSAKIR, K. Yield and quality characteristics of drip-irrigated soybean under different irrigation levels. **Agronomy Journal**, Madison, v. 110, n. 4, p. 1473-1481, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2017.12.074>. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2017.12.0748>. Acesso em: 16 dez. 2021.
- AYDINSAKIR, K.; DINC, N.; BUYUKTAS, D.; KOCATURK, M.; OZKAN, C. F.; KARACA, C. Water productivity of soybeans under regulated surface and subsurface drip irrigation conditions. **Irrigation Science**, [s. l.], v. 39, n. 6, p. 773-787, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-021-00744-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00271-021-00744-0>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- BASAL, O.; SZABÓ, A. The combined effect of drought stress and nitrogen fertilization on soybean. **Agronomy**, Madison, v. 10, n. 3, p. 384, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10030384>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/3/384>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- CAO, Y.; LI, S.; WANG, Z.; CHANG, F.; KONG, J.; GAI, J.; ZHAO, T. Identification of major quantitative trait loci for seed oil content in soybeans by combining linkage and genome-wide association mapping. **Frontiers in Plant Science**, Amsterdam, v. 8, n. 1222, p. 1-10, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01222>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01222/full>. Acesso em: 17 fev. 2023.
- CARRÊLO, I. B.; ALMEIDA, R. H.; NARVARTE, L.; MARTINEZ-MORENO, F.; CARRASCO, L. M. Comparative analysis of the economic feasibility of five large-power photovoltaic irrigation systems in the Mediterranean region. **Renewable Energy**, Cyprus, v. 145, p. 2671-2682, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148119312170>. Acesso em: 14 fev. 2023.
- CATTELAN, A. J.; DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. **Oilseeds & fats Crops and Lipids**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. D102, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2017058>. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/3db00bf7d20408654386dc154f845bcc/1?pq->

[origsite=gscholar&cbl=2040547](#). Acesso em: 14 fev. 2023.

CAVALCANTE, E. S.; LACERDA, C. F. D.; COSTA, R. N. T.; GHEYI, H. R.; PINHO, L. L.; BEZERRA, F. M. S.; OLIVEIRA, A. C; CANJÁ, J. F. Supplemental irrigation using brackish water on maize in tropical semi-arid regions of Brazil: yield and economic analysis. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 78, n. suplemento, p. e20200151, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2020-0151>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/8TKKByHVfgM6QgCBGXwn85G/abstract/?lang=en>. Acesso em: 16 fev. 2023.

CHENG, M. H.; DIEN, B. S.; SINGH, V. Economics of plant oil recovery: A review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Peoria, v. 18, n.1, p. 101056, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101056>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818118307564>. Acesso em: 14 fev. 2023.

CHENG, M. H.; ROSENTRATER, K. A. Economic feasibility analysis of soybean oil production by hexane extraction. **Industrial crops and products**, Fargo, v. 108, n. 1, p. 775-785, 2017a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.036>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669017305010>. Acesso em: 15 fev. 2023.

CHENG, M. H.; ROSENTRATER, K. A. Profitability analysis of soybean oil processes. **Bioengineering**, Basel, v. 4, n. 4, p. 1-9, 2017b. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering4040083>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2306-5354/4/4/83>. Acesso em: 14 fev. 2023.

CHENG, M. H.; ROSENTRATER, K. A. Techno-economic analysis of extruding-expelling of soybeans to produce oil and meal. **Agriculture**, Basel, v. 9, n. 5, p. 1-18, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture9050087>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/9/5/87>. Acesso em: 15 fev. 2023.

CHENG, M. H.; SEKHON, J. J.; ROSENTRATER, K. A.; WANG, T.; JUNG, S.; JOHNSON, L. A. Environmental impact assessment of soybean oil production: Extruding-expelling process, hexane extraction and aqueous extraction. **Food and Bioprocess Processing**, [s. l.], v. 108, p. 58-68, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.01.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960308518300014>. Acesso em: 10 nov. 2021.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. 2010.

DALCHIAVON, F. C.; LORENZON, L. A.; PERINA, R. A.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, J. A. Economic opportunity for investment in soybean and sunflower crop system in Mato Grosso, Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, Hooghly, v. 29, n. 5, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/45695>. Disponível em: <https://journaljeai.com/index.php/JEAI/issue/view/171>. Acesso em: 17 fev. 2023.

GAJIĆ, B.; KRESOVIĆ, B.; TAPANAROVA, A.; ŽIVOTIĆ, L.; TODOROVIĆ, M. Effect of irrigation regime on yield, harvest index and water productivity of soybean grown under different precipitation conditions in a

temperate environment. **Agricultural water management**, Amsterdam, v. 210, n. 30, p. 224-231, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377418303147>. Acesso em: 15 out. 2021.

KENKEL, P. L.; HOLCOMB, R. B. Feasibility of on-farm or small scale oilseed processing and biodiesel. *In: Integration of agricultural and energy systems conference*, Atlanta, 2008. **Proceedings** [...]. Atlanta: BC English, J Menard, K Jensen (Eds.), 2008. p. 49-54.

KENKEL, P. L.; HOLCOMB, R. B.; DICKS, M.; DUNFORD, N. Feasibility of a Producer-Owned Winter Canola Processing Venture. *In: Western Agricultural Economics Association annual meeting*, Anchorage, 1, 2006. **Proceedings** [...]. Anchorage: Oklahoma State University, 2006. v. 1, p. 1-24.

MERTZ-HENNING, L. M.; FERREIRA, L. C.; HENNING, F. A.; MANDARINO, J. M.; SANTOS, E. D.; OLIVEIRA, M. C.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J. R.B.; NEUMAIER, N. Effect of water deficit-induced at vegetative and reproductive stages on protein and oil content in soybean grains. **Agronomy**, Basel, v. 8, n. 3, p. 1-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy8010003>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/8/1/3>. Acesso em: 14 fev. 2023.

MILLAR, A. A. **Drenagem de terras agrícolas: bases agronômicas**. Editerra, 1978.

MORSY, A. R.; MOHAMED, A. M.; ABO-MARZOKA, E. A.; MEGAHED, M. A. H. Effect of water deficit on growth, yield and quality of soybean seed. **Journal**

of Plant Production, Mansoura, v. 9, n. 8, p. 709-716, 2018. DOI: 10.21608/JPP.2018.36393. Disponível em: https://jpp.journals.ekb.eg/article_36393.html. Acesso em: 15 fev. 2023.

MOURTZINIS, S.; GASPAR, A. P.; NAEVE, S. L.; CONLEY, S. P. Planting date, maturity, and temperature effects on soybean seed yield and composition. **Agronomy Journal**, Madison, v. 109, n. 5, p. 2040-2049, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2017.05.024>. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2017.05.0247>. Acesso em: 17 nov. 2021.

MUPONDWA, E.; LI, X.; FALK, K.; GUGEL, R.; TABIL, L. Technoeconomic analysis of small-scale farmer-owned Camelina oil extraction as feedstock for biodiesel production: a case study in the Canadian prairies. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 90, p. 76-86, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.042>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669016303624>. Acesso em: 14 fev. 2023.

POTRICH, E.; MIYOSHI, S. C.; MACHADO, P. F.; FURLAN, F. F.; RIBEIRO, M. P.; TARDIOLI, P. W.; RAQUEL L.C.G.; ANTONIO J.G.C.; GIORDANO, R. C. Replacing hexane by ethanol for soybean oil extraction: Modeling, simulation, and technoeconomic-environmental analysis. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 244, n. 20, p. 118660, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118660>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619335309>. Acesso em: 14 fev. 2023.

SALES, D. L. A.; JUNIOR, J. A.; PEREIRA, R. M., RODRIGUEZ, W. D. M.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P. Viabilidade econômica da irrigação por pivô central nas culturas de soja, milho e tomate. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 22, e201703, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.12661/pap.2017.011>. Disponível em: <https://pap.emnuvens.com.br/pap/article/view/110>. Acesso em: 16 fev. 2023.

TORRES, R. R.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; BEN, L. H. B.; MEZZOMO, W.; KIRCHNER, J. H.; PEREIRA, T. S.; BUSKE, T. C.; VIVAN, G. A.; GIRARDI, L. B. Economic of the irrigated production of forage millet.

Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 40, n. 2, p. 623-638, 2019. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n2p623. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20209901235>. Acesso em: 10 nov. 2021.

WIJewardana, C.; REDDY, K. R.; BELLALOU, N. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. **Food chemistry**, [s. l.], v. 278, p. 92-100, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.035>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618319745>. Acesso em: 14 fev. 2023.