

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE LINHAGENS DE CÁRTAMO SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

FERNANDA P.A.P. BORTOLHEIRO¹, BRENO K.L. BEZERRA², LUCAS A. HOLANDA³, MARCELO DE A. SILVA⁴

¹ Engenheira Agrônoma, Doutoranda do curso de Pós-graduação em Agricultura, FCA/UNESP, Botucatu, SP, Fone, e-mail: ferborto@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, Doutorando do curso de Pós-graduação em Agricultura, FCA/UNESP, Botucatu, SP

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agricultura

⁴ Professor Doutor do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA)/UNESP, Botucatu, SP. E-mail: marcelosilva@fca.unesp.br

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO:

O cártamo, membro da família Asteraceae, trata-se de uma planta anual, herbácea, de caule ereto e ramificado. Destaca-se entre as oleaginosas devido ao elevado teor de óleo (32 a 40%) com 70% de ácido linoleico e 30% de ácido oleico, ideais para a produção de biodiesel. Entretanto, os teores dessas substâncias acima mencionadas podem variar consideravelmente dependendo do genótipo e das condições ambientais, tais como temperatura, deficiência hídrica, salinidade, entre outras. O objetivo deste trabalho foi conhecer o desempenho de diferentes linhagens de cártamo submetidas à deficiência hídrica, visando auxiliar na seleção de linhagens tolerantes. O experimento foi conduzido em ambiente protegido na Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu - SP, entre 05/2014 e 10/2014. Foram avaliadas três linhagens de cártamo (IMA 02, IMA 04, IMA 10) em dois regimes hídricos, tratamento controle (100% da capacidade de campo, CC) e com déficit hídrico (50% da CC). As avaliações foram feitas ao final do ciclo da cultura. Foram avaliados eficiência no uso da água, teor de óleo, produtividade de grãos e produtividade de óleo. As linhagens IMA 04 e IMA 10 tiveram melhores resultados de produtividade de grãos e óleo, podendo ser consideradas tolerantes.

PALAVRAS-CHAVE: *Carthamus tinctorius*, déficit hídrico, produtividade.

PRODUCTION CHARACTERISTICS OF SAFFLOWER LINES UNDER WATER DEFICIENCY

ABSTRACT:

Safflower, Asteracea Family, is an annual crop, herbaceous, erect and branched. It stands out among the oleaginous crops due to the high oil content (32 to 40%), with 70% of linoleic acid and 30% of oleic acid, ideal for biodiesel production. The objective of this study was to know the performance of different safflower lines subjected to water deficiency, aiming to help in the selection of tolerant lines. The experiment was conducted in a greenhouse at the School of Agronomy – UNESP/Botucatu - SP, between 05/2014 and 10/2014. We evaluated three safflower lines (IMA 02, IMA 04, IMA 10) in two water regimes, control treatment

(100% of field capacity) and water deficiency (50% of field capacity). Evaluations were made at the end of the crop cycle. The variables were water use efficiency, oil content, grain yield and oil yield. The water restriction regime reduced the grain yield (kg ha^{-1}) and water use efficiency ($\text{kg ha}^{-1} \text{m}^{-3}$) in all lines, but there was an increase in oil content (%). The lines IMA 04 and IMA 10 showed better grain and oil yield results and may be considered tolerant.

KEYWORDS: *Carthamus tinctorius*, water deficit, productivity.

INTRODUÇÃO

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é um membro da família Asteraceae, e trata-se de uma planta anual, herbácea, de caule ereto e ramificado. Destaca-se entre as oleaginosas, devido ao elevado teor de óleo (32 a 40%) com 70% de ácido linoleico e 30% de ácido oleico, ideais para a produção de biodiesel (VIVAS, 2002).

Segundo a Faoestat (2014), a produção mundial de óleo de cártamo foi de 100 mil toneladas. As Américas do Norte, Central, Sul e Ásia são responsáveis por 95% do óleo de cártamo produzido no mundo, em que os principais países produtores são Estados Unidos da América, México, Argentina e Índia.

A cultura do cártamo ocupa a oitava posição em termos de produção mundial de óleo, ficando atrás da soja (*Glycine max* L.), canola (*Brassica napus* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), gergelim (*Sesamum indicum* L.) e linhaça (*Linum usitatissimum* L.) (FAOESTAT, 2014).

No Brasil, o uso energético dos óleos vegetais como combustível ocorre desde a década de 20. As principais fontes de óleo vegetal são soja, girassol, amendoim, canola, (OSAKI; BATALHA, 2008).

A área total de grãos de cártamo colhidas no mundo foi de 1 milhão de ha em 2014, totalizando uma produção de 867 mil toneladas. A Ásia é a maior região produtora do mundo, totalizando 51,5% da produção, com área colhida de 574 mil ha, seguida das Américas com 35,6% e 281 mil ha. A produção de sementes de cártamo teve aumento de 20,82% no ano de 2014 em relação ao ano de 2013, a área colhida teve aumento de 13,49% e a produtividade de 6,44% (FAOSTAT, 2014).

As principais informações de cultivo desta espécie indicam ampla adaptabilidade a diversas condições ecofisiológicas, com índices produtivos satisfatórios em condições de baixa disponibilidade hídrica e solos pobres, constituindo-a como alternativa as regiões semiárida e árida brasileiras. A cultura ainda apresenta ciclo curto e baixo índice de acometimento de pragas e doenças, características que podem enquadrá-la ao cultivo safrinha, bem como em sistemas de rotação de culturas. O cártamo se adequa ainda a regiões de inverno seco, como ocorre nas áreas agricultáveis das regiões Sudeste e Centro-Oeste que possuem extensas áreas em pousio no período outono-inverno.

O déficit hídrico está entre os fatores que mais limitam o crescimento e a produtividade agrícola. O déficit hídrico afeta principalmente regiões sem irrigação e com má distribuição pluviométrica. Mesmo a cultura sendo considerada resistente à seca, o rendimento é significativamente reduzido pela deficiência hídrica (HOJATI et al., 2011). Istanbulluoglu et al. (2009), trabalhando com deficiência hídrica em diferentes estádios de desenvolvimento do cártamo, concluíram que a fase vegetativa é a mais sensível a esse fenômeno, reduzindo significativamente o rendimento de grãos da cultura. Porém, Bannayan et al. (2008) ressaltam que os efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e produção da cultura são também dependentes do genótipo utilizado.

O objetivo do trabalho foi de conhecer o desempenho de diferentes linhagens de cártamo submetidas à deficiência hídrica, visando auxiliar na seleção de linhagens tolerantes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido na fazenda Experimental Lageado, no Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas – Unesp, em Botucatu – SP (22°51'01" Latitude Sul e 48°25'55" Longitude Oeste e Altitude 800,1 m), no período de maio a outubro de 2014.

Foram avaliadas três linhagens de cártamo (IMA 02, IMA 04 e IMA 10), provenientes do Instituto Mato-Grossense do Algodão IMA-MT.

Valores de temperatura e umidade relativa do ar máxima e mínima foram coletados diariamente utilizando-se de um aparelho portátil termohigrômetro HT-500 (marca Instrutherm, Brasil) instalado no experimento. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, se caracteriza como tropical, com inverno seco, e verão chuvoso e quente.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 3, sendo dois regimes hídricos (sem deficiência = -D, e com deficiência = +D, $\Psi_{os} = -0,22$ MPa) e três linhagens de cártamo, com quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por caixas contendo aproximadamente 200 L de solo sendo que cada caixa teve duas fileiras com oito plantas de cártamo em cada fileira.

A semeadura e a adubação foram realizadas de forma manual no dia 5 de maio de 2014, em espaçamento 0,5 m entre as linhas e 0,10 m entre as plantas, o adubo foi posicionado 0,05 m abaixo das sementes, e as sementes em profundidade de 0,03 m. A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo e as recomendações para a cultura do girassol, devido ao fato de serem da mesma família e de não existirem recomendações para a cultura do cártamo, foi aplicado 420 kg ha⁻¹ da fórmula 4-30-16 (NPK).

O monitoramento de umidade nas caixas foi realizado com o auxílio de tensiômetros em todas as caixas e a tensão foi medida diariamente com um tensímetro digital. A irrigação foi realizada manualmente, através de um recipiente graduado.

Todas as caixas foram mantidas em capacidade de campo (CC) até os 55 dias após o plantio (DAP), depois as plantas foram expostas ao estresse por deficiência hídrica por um período de 30 dias. No tratamento sem deficiência (-D) as plantas foram hidratadas com a quantidade necessária para manter o teor de umidade ideal no solo, em torno de 22% (que corresponde a 100% da capacidade de campo), enquanto que no tratamento com deficiência (+D) as plantas foram mantidas com 50% do teor dessa umidade, valores obtidos por meio da curva característica de retenção de água no solo. Após o período de 30 dias de deficiência, as plantas voltaram a ser hidratadas normalmente.

As avaliações foram realizadas ao final do ciclo da cultura (160 DAP), quando foram avaliados os componentes de produção: eficiência no uso da água, teor de óleo, produtividade de óleo e produtividade de grãos.

A eficiência no uso da água (EUA) foi avaliada em termos de produtividade de grãos com relação ao total de água utilizada na irrigação (mm) durante o experimento e avaliada em (kg ha⁻¹ mm⁻¹), de acordo com a equação 1:

$$EUA = (\text{Produtividade total} / \text{Irrigação}) \quad (1)$$

O teor de óleo foi determinado utilizando o equipamento TD-NMR (*Nuclear magnetic resonance*), em espectrômetro (SLK-SG-200, *Spinlock Magnetic Resonance Solutions*, Malagueño, Córdoba, Argentina) e expresso em porcentagem.

A produtividade de grãos foi obtida por intermédio da colheita de todas as plantas da parcela, e em seguida foi feito o cálculo para hectare em relação à área da caixa, em kg ha⁻¹.

A produtividade de óleo foi obtida através da equação 2: (kg ha⁻¹).

$$\text{Produtividade de óleo} = (\text{Produtividade de grãos} * \text{teor de óleo}) \quad (2)$$

Os componentes foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e nos casos de diferenças significativas aplicou-se o teste de média Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a deficiência hídrica, as linhagens apresentaram reduções para produtividade de grãos (kg ha^{-1}), algumas linhagens mostraram reduções para eficiência no uso da água ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$), teor de óleo (%) e produtividade de óleo (kg ha^{-1}), enquanto outras tiveram aumento para estas variáveis (Tabela 2).

A eficiência no uso da água não foi significativamente ($p \leq 0,01$) afetada por linhagem, regime hídrico e pela interação entre os fatores (Tabela 1). No tratamento controle, com irrigação, os valores variaram entre 3,12 a 3,25 $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$, enquanto que, no tratamento de deficiência hídrica os valores oscilaram entre 2,40 a 4,11 $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ (Tabela 2).

As linhagens apresentaram valores muito próximos para eficiência no uso da água no tratamento controle. Após o tratamento de deficiência hídrica a variável teve aumento para as linhagens IMA 04 e 10, de respectivamente 31,6 e 10,1%. Enquanto que a linhagem IMA 02 teve redução de 25,7% após o estresse (Tabela 2).

As plantas são evolutivamente desenvolvidas para que em situação de estresse por deficiência hídrica ocorra uma mudança no uso da água, o que pode levar a um aumento na produtividade (BLUM, 2005).

Kocaman et al. (2016) observaram aumento na eficiência no uso da água em cártamo aplicando tratamento de deficiência hídrica nas fases vegetativa, vegetativa e florescimento e vegetativa e enchimento de grãos. Enquanto que Naim e Ahmed (2010) verificaram redução na eficiência no uso da água em girassol quando submetido à deficiência hídrica.

Essas observações estão em concordância com os resultados do presente estudo, em que as linhagens apresentaram aumento ou redução na eficiência no uso da água sob deficiência hídrica. Em regiões áridas e semi-áridas, em que a cultura depende de chuvas ocasionais a melhora na eficiência no uso da água é considerado um componente crucial para a tolerância das culturas à seca (BLUM, 2005).

Tabela 1. Análise de variância de três linhagens de cártamo (IMA 02, IMA 04 e IMA 10) submetidas à deficiência hídrica.

Table 1. Variance analysis of three safflower lines (IMA 02, IMA 04 and IMA 10) submitted to water deficiency.

Fonte de variação	G.L.	Valores de F			
		Eficiência no uso da água	Teor de óleo	Produtividade de grãos	Produtividade de óleo
Linhagem (L)	1	2,87 ^{NS}	8,67 ^{**}	13,15 ^{**}	0,96 ^{NS}
Regime hídrico (Rh)	2	0,33 ^{NS}	11,07 ^{**}	3,45 ^{**}	9,25 ^{**}
L x Rh	2	3,49 ^{NS}	6,56 ^{**}	0,75 ^{NS}	1,42 ^{NS}
C.V. (%)		24,6	29,3	33,3	44,4

G.L.: graus de liberdade; NS: não significativo; *: significativo ($P < 0,05$); **: significativo ($P < 0,01$); C.V.: coeficiente de variação.

O teor de óleo foi afetado significativamente ($p \leq 0,01$) pela linhagem, regime hídrico e pela interação entre os fatores (Tabela 1). No tratamento controle os valores oscilaram entre

30,6 a 18,7%, enquanto que no tratamento de deficiência hídrica, variaram entre 21,1 a 35,8% (Tabela 2).

A linhagem IMA 04 apresentou maior teor de óleo entre as linhagens, no tratamento controle. Após a imposição da deficiência hídrica, esta linhagem teve uma redução de 2,3% nesta variável. Enquanto que as linhagens IMA 02 e IMA 10 tiveram aumento após o estresse. A linhagem IMA 02 teve menor teor de óleo nos grãos para os dois tratamentos, com aumento de 12,6% após o estresse. A linhagem IMA 10 teve aumento de 74,0% após a deficiência hídrica e obteve o valor mais alto entre as linhagens no tratamento com deficiência hídrica.

Singh et al. (2016) verificaram que o aumento da irrigação reduziu o teor de óleo dos grãos de cártamo, sendo explicado que, sob deficiência hídrica, o vegetal direciona a translocação de fotoassimilados para os grãos e cessa o desenvolvimento vegetativo da cultura. Por outro lado, Ashrafi e Razmjoo (2010) verificaram redução significativa (13%) no teor de óleo em grãos de cártamo submetidos à deficiência hídrica.

Naim e Ahmed (2010) observaram aumento no teor de óleo (22%) e na produtividade de óleo (78%) de sementes de girassol com o aumento da irrigação. Nazari et al. (2017) verificaram tanto aumento no teor de óleo de alguns genótipos de cártamo, de 1,4 a 15,6% quanto redução para outros genótipos, de 3,7 a 9,1%.

Kadkhodaie et al. (2014) também verificaram aumento no teor de óleo para alguns genótipos de gergelim e redução para outros quando submetidos à deficiência hídrica. Os autores afirmam que o estresse hídrico na fase vegetativa da cultura tem efeito no teor de óleo e na proteína dos grãos, além de na composição do óleo, isto se deve ao fato de que em estresse as plantas produzem alta quantidade de ácido abscísico, que é translocado para os grãos, alterando as suas características.

O teor de óleo é principalmente afetado pelo genótipo, porém o ambiente pode afetá-lo, além da composição deste óleo. Genótipos tolerantes devem ser menos afetados e, assim, manter alta produtividade e teor de óleo (NAZARI et al., 2017). De acordo com esta variável, a linhagem IMA 10 pode ter característica de tolerância ao déficit hídrico.

Tabela 2. Eficiência no uso da água ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$), teor de óleo (%), produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e produtividade de óleo (kg ha^{-1}) de três linhagens de cártamo (IMA 02, IMA 04, IMA 10) submetidas a tratamento com deficiência hídrica (+D) e tratamento com irrigação (-D).

Table 2. Water use efficiency ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$), oil content (%), grain yield (kg ha^{-1}) and oil yield (kg ha^{-1}) of three safflower lines (IMA 02, IMA 04 and IMA 10) submitted to treatment with water deficiency (+D) and treatment with irrigation (-D).

	Eficiência no uso da água		Teor de óleo		Produtividade de grãos		Produtividade de óleo	
	-D	+D	-D	+D	-D	+D	-D	+D
IMA 02	3,23* ±	2,40 ±	18,73 ±	21,10 ±	1339,60	680,37 ±	251,19 ±	147,57 ±
	0,6	1,0	1,8	3,2	± 98,2	314	32,5	75,7
IMA 04	3,12 ±	4,11 ±	30,69 ±	29,96 ±	1542,05	1270,14	478,54 ±	386,49 ±
	0,7	0,6	1,9	6,9	± 490	± 234	174	127
IMA 10	3,25 ±	3,58 ±	20,60 ±	35,85 ±	1550,45	1079,06	324,15 ±	387,05 ±
	0,6	0,2	7,1	3,9	± 440	± 43,8	132	46,1

*Os dados representam valor médio de quatro repetições ± desvio padrão.

A produtividade de grãos foi significativamente ($p \leq 0,01$) afetada por linhagens e regime hídrico, porém não houve interação entre os fatores (Tabela 1). No tratamento controle a produtividade variou entre 1339,6 a 1550,4 kg ha^{-1} , já no tratamento de deficiência hídrica os

valores ficaram entre 680,3 a 1270,1 kg ha⁻¹ (Tabela 2).

Todas as linhagens apresentaram redução na produtividade de grãos após o tratamento de deficiência hídrica. No tratamento controle as linhagens mais produtivas foram IMA 10 e IMA 04, seguida pela IMA 02. Após o tratamento de deficiência hídrica a linhagem IMA 04 foi a mais produtiva, com redução de 17,6%, enquanto que as linhagens IMA 10 e IMA 02 tiveram redução de, respectivamente, 30,4 e 49,2%.

Singh et al. (2016) também verificaram diferença significativa dos diferentes tratamentos de irrigação na produtividade de grãos de cártamo, o aumento da irrigação proporcionou aumento na produtividade de grãos. Tratamento de irrigação antes da semeadura da cultura proporcionaram aumento de até 118% na produtividade quando comparado com o tratamento sem irrigação antes da semeadura.

Kocaman et al. (2016) observaram máxima produtividade em cártamo no tratamento irrigado, com reduções de 41,6% no tratamento sem irrigação, recebendo apenas chuvas. Quando o estresse foi imposto na fase vegetativa os autores obtiveram reduções de 16,6% na produtividade de grãos de cártamo. Istambulouglu et al. (2009) também verificaram redução na produtividade de grãos de cártamo com a redução da irrigação em semeaduras de verão e inverno.

Reduções na produtividade de grãos em deficiência hídrica também foram reportados em girassol (NAIM e AHMED, 2010), cártamo (NAZARI et al., 2017) e gergelim (KADKHODAIE et al., 2014).

A principal causa na redução da produtividade de grãos em condições de deficiência hídrica se deve ao fato da ocorrência de uma queda na eficiência fotossintética, devido ao fechamento estomático e a limitação na assimilação de carbono (FLEXAS et al., 2004).

A produtividade de grãos em condições de estresse é determinada pelos fatores genéticos que controlam o potencial produtivo, a tolerância ao estresse ou a eficiência no uso da água (BLUM, 2005). A alta capacidade de produzir em condições adversas é uma característica importante na seleção de genótipos para o cultivo em regiões áridas e semi áridas (KOUTROUBAS et al., 2010).

A produtividade de óleo foi significativamente ($p \leq 0,01$) afetada pelo regime hídrico, não foi afetada pelas linhagens e não houve interação entre os fatores (Tabela 1). No tratamento controle os valores ficaram entre 251,2 a 478,5 kg ha⁻¹, já no tratamento de deficiência hídrica os valores variaram entre 147,5 a 387,0 kg ha⁻¹ (Tabela 2).

A produtividade de óleo é obtida através de uma função da produtividade de grãos e do teor de óleo dos grãos.

A linhagem IMA 04 foi a mais produtiva em relação à produtividade de óleo, entre as linhagens para o tratamento controle, para o tratamento de deficiência hídrica as linhagens IMA 10 e 04 foram as mais produtivas. A linhagem IMA 02 foi a menos produtiva para os dois tratamentos e apresentou maior redução após o tratamento de deficiência hídrica (41,2%). A linhagem IMA 04 teve redução de 19,2% e a linhagem IMA 10 teve aumento de 19,4% na produtividade de óleo após a deficiência hídrica.

Reduções na produtividade de óleo estão relacionadas com redução na produtividade de grãos, ou no teor de óleo ou em ambos (AMINI et al., 2014). Os autores verificaram reduções médias de 36% para a produtividade de óleo em genótipos de cártamo submetidos à deficiência hídrica.

Koutroubas et al. (2009) observaram que a classificação dos genótipos de cártamo estudados para produtividade de grãos foi o mesmo para produtividade de óleo, pois a produtividade de óleo é determinada principalmente pela produtividade de grãos.

Nazari et al. (2017) verificaram que a deficiência hídrica teve influência negativa na produtividade de grãos e de óleo de grãos de cártamo, com reduções de 29,2 a 50,1% na

produtividade de grãos. Os autores afirmam que a seleção de plantas com alta produtividade e tolerância a seca irá resultar em alto teor de óleo e produtividade de óleo.

A linhagem IMA 04 teve aumento na eficiência no uso da água e a menor queda, entre as linhagens, para a produtividade de grãos e óleo, a linhagem IMA 10 teve aumento no teor de óleo e na produtividade de óleo, podendo estas linhagens serem consideradas tolerantes ao estresse por deficiência hídrica.

A adoção de um regime de irrigação adequado para cada cultura, durante seu ciclo, além do uso de cultivares tolerantes ao estresse, é de fundamental importância para o aumento da produtividade de grãos e óleo e da qualidade dos produtos (KADKHODAIE et al., 2014).

CONCLUSÕES

Os componentes de produção foram eficientes em diferenciar as cultivares tolerantes e suscetíveis ao estresse hídrico.

As linhagens de cártamo responderam diferentemente em relação ao estresse.

A linhagem IMA 02 teve característica de maior susceptibilidade ao estresse, pois foram observadas menor eficiência no uso da água e grandes reduções em produtividade de grãos e de óleo.

A linhagem IMA 04 pode ser considerada de característica tolerante, por apresentar melhor eficiência no uso da água, e manutenção de produtividade de grãos, óleo e teor de óleo.

A linhagem IMA 10 mostrou boa eficiência no uso da água, teve redução considerável em produtividade de grãos, porém com aumento no teor de óleo e, conseqüentemente, aumento na produtividade de óleo, portanto também pode ser considerada de característica tolerante.

REFERÊNCIAS

AMINI, H., ARZANI, A., BAHARAMI, F. Seed yield and some physiological traits of safflower as affected by water deficit stress. **International Journal of Plant Production**. v. 3, p. 597-614, 2014.

BANNAYAN, M.; NADJAFI, F.; AZIZI, M.; TABRIZI, L.; RASTGOO, M. Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. **Industrial Crops and Products**, v. 27, p. 11-16, 2008.

BLUM, A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? **Australian Journal of Agricultural Research**. v. 56, p. 1159–1168, 2005.

FAOESTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics**. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> >, Acessado em 17/04/2017.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; LORETO, F.; CORNIC, G.; SHARKEY, T.D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. **Plant Biology**, v. 6, p. 269–279, 2004.

HOJATI, M. et al. Responses of growth and antioxidant systems in *Carthamus tinctorius* L. under water deficit stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.33, p.105–112, 2011.

ISTANBULLUOGLU, A.; GOCMEN, E.; GEZER, E.; PASA, C.; KONUKCU, F. Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 1429-1434, 2009.

KADKHODAIE, A.; RAZMJOO, J.; ZAHEDI, M.; PESSARAKLI, M. Oil Content and Composition of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Genotypes as Affected by Irrigation Regimes. **Journal of Applied Sciences Research**. v. 91, p. 1737-1744, 2014.

KOCAMAN, I.; ISTANBULLUOGLU, A.; KONUKCU, F. The effect of deficit irrigation regimes on yield and growth components of winter safflower (*carthamus tinctorius* L.). **Romanian Agricultural Research**. v.33, p. 267-274, 2016.

KOUTROUBAS, S.D., PAPAKOSTA, D.K., DOITSINIS, A. Phenotypic variation in physiological determinants of yield in spring sown safflower under Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, v. 112, p. 199–204, 2009.

NAIM, A.M.E.; AHMED, M.F. Effect of Irrigation Intervals and Inter- row Spacing on Yield, Yields Components and Water Use Efficiency of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Applied Sciences Research**, v. 6, p. 1446-1451, 2010.

NAZARI, M.; MIRLOHI, A.; MAJIDI, M.M. Effects of drought stress on oil characteristics of *Carthamus* species. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 94, p. 247-256, 2017.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural - SOBER, v. 46, 2008. Rio Branco. **Anais**. Rio Branco: SOBER, 2008.

SINGH, S., ANGADI, S.V., GROVER, K., BEGNA, S., AULD, D., Drought response and yield formation of spring safflower under different water regimes in the semiarid Southern High Plains. **Agricultural Water Management**, v. 163, p. 354–362, 2016.

VIVAS, M. J. Culturas Alternativas – Cártamo, Sésamo e Camelina. **Melhoramento**, 38: 183-192. 2002.