

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CAMPUS ITAQUI  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE  
CÁRTAMO EM FUNÇÃO DO ESTRESSE HÍDRICO  
NA PLANTA MÃE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Camila Thums**

**Itaqui, RS, Brasil  
2012**

**CAMILA THUMS**

**EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE CÁRTAMO EM  
FUNÇÃO DO ESTRESSE HÍDRICO NA PLANTA MÃE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Cleber Maus Alberto

Itaqui, RS, Brasil  
2012

## FICHA CATALOGRÁFICA

Thums, Camila.

Emergência e crescimento de plântulas de cártamo em função do estresse hídrico na planta mãe./Camila Thums.

16 de julho de 2012. 45 páginas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia)  
Universidade Federal do Pampa, data. Orientação: Cleber Maus Alberto.

1. Cártamo. 2.Déficit hídrico. 3.Excesso Hídrico. I. Alberto, Cleber Maus. II. Título.

**CAMILA THUMS**

**EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE CÁRTAMO EM  
FUNÇÃO DO ESTRESSE HÍDRICO NA PLANTA - MÃE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 16 de julho de 2012.  
Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Cleber Maus Alberto  
Orientador  
Curso de Agronomia – UNIPAMPA

---

Prof. Dra. Luciana Zago Ethur  
Curso de Agronomia – UNIPAMPA

---

Prof. Dra. Renata Silva Canuto de Pinho  
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Tarcísio Pedro e Maria Izabel, pelo exemplo de coragem e persistência. As minhas irmãs Karine e Alessandra que sempre torceram e me apoiaram para a concretização deste sonho.

## **AGRADECIMENTO**

À Maria Izabel e Tarcísio Pedro, meus pais, por todo o apoio e carinho recebido.

À Karine, minha querida irmã, pela alegria e inspiração que sempre em mim despertou.

À Alessandra, minha adorada irmã, pelos cinco anos de convívio, repleto de apoio, incentivo e lições. Que eu ainda possa aprender muito contigo.

A toda minha família, pela confiança que sempre depositou em mim. Amo todos vocês.

Aos meus companheiros inseparáveis Rafael, Guilherme, Paulo, Felipe, Keilor e Márcio, Jéssica, Luana, Ana e Mateus pelas longas conversas, ideias e desabafos, que ajudaram a me tornar uma pessoa melhor. Guardarei estas lembranças pelo resto da vida, por mais longe que estivermos.

Ao Prof. Dr. Cleber Maus Alberto, pela orientação, amizade, confiança e atenção prestada em todas as horas necessárias.

À Universidade Federal do Pampa, a todos os professores que fizeram parte da minha formação.

Para que a concretização deste estudo se efetivasse: agradeço às inúmeras pessoas que foram incentivadoras neste processo e seus ensinamentos serão a partir de agora essenciais em minha caminhada pessoal e profissional. Então, por estes extraordinários exemplos, expresso meus reais agradecimentos.

***Muito Obrigado!***

## EPÍGRAFE

***No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz.***

*Ayrton Senna*

***“Eu posso contribuir apenas com uma gota de água para o oceano, mas, com a minha gota, ele jamais será o mesmo.”***

*Madre Teresa de Calcutá*

## RESUMO

### EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE CÁRTAMO EM FUNÇÃO DO ESTRESSE HÍDRICO NA PLANTA MÃE

Autor: Camila Thums

Orientador: Cleber Maus Alberto

Local e data: Itaquí, 16 de julho de 2012.

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) pertencente à família Asteraceae é uma planta anual, herbácea, tendo origem na Ásia e África. A disseminação desta espécie é realizada por sementes, as quais são utilizadas como matéria-prima para extração de óleo, que possui excelente qualidade. A germinação das sementes de cártamo é classificada como do tipo epígea e a plântula fanerocotiledonar. A germinação de sementes e a emergência das plântulas são processos influenciados por diversos fatores, como temperatura, características físicas do solo, umidade, profundidade de plantio e disponibilidade de oxigênio. Desta forma objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da duração do estresse hídrico, déficit e excesso na qualidade de sementes de cártamo. O experimento inteiramente casualizado foi implantado utilizando-se sementes cujas plantas mãe foram submetidas a diferentes durações de estresse hídrico. Utilizou-se quatro tratamentos de duração do excesso hídrico (0 (sem estresse hídrico), 5, 10 e 15 dias) e quatro de déficit hídrico (0 (sem estresse hídrico), 5, 10 e 15 dias) com 5 repetições cada. Determinou-se a porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência e altura da plântula. O estresse hídrico na planta - mãe interferiu na emergência e crescimento plântulas de cártamo, sendo que as durações de estresse 10 e 15 dias, tanto para déficit como para excesso hídrico foram as mais significativas.

**Palavras-chave:** *Carthamus tinctorius* L, qualidade de sementes, déficit hídrico, excesso hídrico.



## ABSTRACT

### EMERGENCY AND GROWTH OF SAFFLOWER SEEDLINGS AS A FUNCTION OF WATER STRESS ON THE MOTHER PLANT

Author: Camila Thums

Advisor: Alberto Cleber Maus

Place and date: Itaqui, July 16, 2012.

Belonging to the family asteraceae safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an annual plant, herbaceous, with origins in Asia and Africa. The spread of this kind is performed by seed, which are used as raw material for the extraction of oil which has excellent quality. The germination of seeds of safflower is classified as epigeal and the seedling phanerocotylar. Seed germination and seedling emergence is a process influenced by several factors such as temperature, physical characteristics of soil moisture, planting depth and oxygen availability. Thus objective of this work was to evaluate the effects of duration of water stress, deficit and excess in the quality of seeds of safflower. The completely randomized design was implemented using mother plants whose seeds were submitted to different durations of water stress. We used four treatments in duration of excess water (0 (no stress), 5, 10 and 15 days) and four water deficit (0 (no stress), 5, 10 and 15 days) with five replicates each.. It was determined the percentage of emergence, speed of emergence and seedling height. Water stress in mother plants interfered in the emergence and seedling growth of safflower, and the durations of stress 10 and 15 days for both deficit and for water logging were the most significant.

**Keywords:** *Carthamus tinctorius* L, seed quality, water deficit, water logging.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Capítulos florais de coloração amarela (a) e alaranjada (b).....	16
Figura 2: Aspectos morfológicos da semente de <i>Carthamus tinctorius</i> .....	18
Figura 3: Aspectos morfológicos da germinação e crescimento da plântula de <i>Carthamus tinctorius</i> .....	19
Figura 4: Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média do ar (C°), da semeadura até os 14 após semeadura (DAS) de sementes de cártamo.....	28
Figura 5: Porcentagem de emergência (A), índice de velocidade de emergência (B) e altura de plântulas aos 14 DAS (C) de sementes de cártamo em função das diferentes durações de déficit hídrico (DH) na planta mãe.....	30
Figura 6: Porcentagem de emergência (A), índice de velocidade de emergência (B) e altura de plântulas aos 14 DAS (C) de sementes de cártamo em função das diferentes durações de excesso hídrico (EH) na planta mãe. ....	34

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Análise de variância (ANOVA) para as variáveis porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE) e altura de plântulas (AP) de plântulas de cártamo em que as plantas mãe foram submetidas a diferentes durações de déficit hídrico (DH) .....29
- Tabela 2: Análise de variância (ANOVA) para as variáveis porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE) e altura de plântulas (AP) de plântulas de cártamo em que as plantas mãe foram submetidas a diferentes durações de excesso hídrico (EH).....33

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Utilizações tradicionais do cártamo em fitoterapia .....	17
---	----

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.1 Cártamo ( <i>Carthamus tinctorius</i> ) .....	15
2.2 Aspectos morfológicos externos e internos da semente .....	17
2.3 Aspectos morfológicos da plântula .....	18
2.4 Déficit hídrico .....	20
2.5 Excesso hídrico .....	21
2.6 Qualidade de sementes .....	23
2.7 Principais compostos de reservas das sementes .....	23
2.8 Fatores que afetam a maturação e qualidade fisiológica das sementes .....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
5 CONCLUSÃO .....	38
6 REFERÊNCIAS .....	39
7 APÊNDICES .....	45

# 1 INTRODUÇÃO

Cultivadas praticamente em todo o mundo as sementes de oleaginosas sempre foram muito utilizadas na alimentação humana e animal, e atualmente, como fonte de óleo para a produção de biocombustíveis. Como exemplo dessas oleaginosas tem-se o cártamo (*Carthamus tinctorius* L.).

Pertencente à família Asteraceae o cártamo, também conhecido como falso açafraão, é uma planta anual, herbácea, que tem origem na Índia e África (OELKE et al., 1992). A disseminação desta espécie é realizada por sementes, as quais são utilizadas como matéria-prima para extração de óleo, que possui excelente qualidade (VIVAS, 2002).

Segundo Marcos Filho (2005) uma semente é constituída por embrião, tecidos de reserva e envoltório. Esta simples constituição não impede que na natureza, diversos fatores contribuam para que haja desenvolvimento diferenciado dos componentes da semente, entre espécies e até dentro da própria espécie, através da cor, forma e tamanho.

Dentre esses fatores que podem afetar a composição das sementes tem-se o estresse hídrico, que é considerado uma mudança significativa nas condições ótimas para a vida, originando modificações e respostas a todos os níveis do organismo vegetal. Inicialmente essas respostas ocasionadas pelo estresse hídrico são reversíveis, mas com o tempo podem tornar-se permanentes. Mesmo se o acontecimento causador de estresse for temporário, a vitalidade da planta diminui com o prolongar deste (BLUM et al., 1991).

Segundo Beltrão et al. (2001) tanto a deficiência como excesso hídrico causam redução da altura das plantas, diminuem a fitomassa e a relação raiz/parte aérea, bem como a taxa fotossintética e o processo respiratório oxidativo.

Desta forma, torna-se necessário o estudo da emergência de sementes de cártamo como indicativo de qualidade das sementes de plantas que foram submetidas a excesso e déficit hídrico como também conhecer melhor sua fisiologia e crescimento. Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do estresse hídrico na planta mãe sobre a qualidade de sementes de cártamo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.)

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) também conhecido como açafão-bastardo, açafroa, açafrol, falso açafão, saflor é uma planta oleaginosa membro da família Asteraceae. *Carthamus* é sinônimo de *quartum* palavra árabe, ou *gurtum*, que se referem à cor do corante extraído a partir de suas flores.

É cultivado como planta oleaginosa, em diferentes continentes. Na Europa, seu cultivo é ornamental, existindo cultivares desenvolvidas especialmente para esse fim. A Índia, com uma área de 0,42 milhões de hectares, apresenta uma produção de 230.000 t de sementes e média produtividade de 547 kg ha<sup>-1</sup> sendo o principal produtor de açafão do mundo (FAOSTAT, 2006). O rendimento médio em diferentes países varia entre 172 e 2500 kg ha<sup>-1</sup>. No Brasil ainda não são encontradas informações suficientes para a produção de óleo ou alimento animal, apesar dessa planta já ter sido introduzida no sul do país como ornamental, (ROCHA, 2005).

O mercado de flores vem crescendo muito no Brasil, tendo sua produção concentrada no estado de São Paulo, com cerca de 70% da produção nacional de flores. O Rio Grande do Sul é um centro emergente em área e número de produtores de flores (BATISTA, 2000).

As partes do cártamo utilizadas são as numerosas e finas flores dos capítulos, de coloração variando entre o amarelo, alaranjado e branco (Figura 1) e ainda o óleo das sementes com usos diversos. Das flores do cártamo são extraídos dois corantes, um amarelo, solúvel na água, que é muito utilizado na culinária, como especiaria, e um vermelho, insolúvel na água, empregado na tinturaria, pintura e cosmética. Seguidamente as flores ou o pó são comercializados como “açafão”. Das suas sementes é extraído um óleo alimentar de elevado valor dietético usado atualmente como suplemento alimentar. Desde a antiguidade, o óleo também é utilizado como secante em tintas e vernizes para pintura e em cosmética, por apresentar propriedades emolientes e regeneradoras do tecido cutâneo. A resteva é aproveitada como suplemento proteico na alimentação animal. (PINTÃO; SILVA, 2008).



**FIGURA 1:** Capítulos florais de coloração amarela (A) e alaranjada (B).

Seu óleo tem recebido grande destaque nos últimos anos devido a suas propriedades serem similares às do azeite de oliva (EKIN, 2005). Nas sementes de cártamo são encontrados de 30 a 50% de óleo, principalmente oleico e linoleico, 15 a 20% de proteínas (EKIN, 2005) e 35% de fibra bruta (MOKHTASSI-BIGDOLI et al., 2007).

Na China a utilização do cártamo está voltada para fins medicinais, principalmente para prevenir doenças cardíacas (TIEN et al., 2010) e acidentes vasculares cerebrais (EKIN, 2005). Segundo Bradley et al., (1999) os ácidos graxos do óleo, com grande quantidade de poli-insaturados, confere-lhe um excelente valor dietético com propriedades de redução do nível de colesterol e das doenças circulatórias e cardíacas.

Devido as suas diversas formas de utilização o cártamo tem elevado valor comercial no mercado mundial, já que todos os órgãos da planta podem ser utilizados (Quadro 1).



**QUADRO 1** – Utilizações tradicionais das partes da planta de cártamo em fitoterapia.

<b>Óleo</b>	Hipercolesterolemias e prevenção aterosclerose Obstipação, reumatismo e dores Purgante Antifúngico	Topicamente em micoses
<b>Sementes</b>	Tumores	Especialmente do fígado
<b>Flores Pigmentos mucilaginosos e flavonóides</b>	Como emenagogo, laxante, sedativo, cicatrização de feridas Ação cicatrizante e suavizante da pele	Medicina Chinesa
<b>Infusão</b>	Bebida saudável recomendada para pessoas de meia idade e idosos	Muito popular no Japão, Coreia e recentemente no Ocidente

Fonte: PINTÃO; SILVA, 2008.

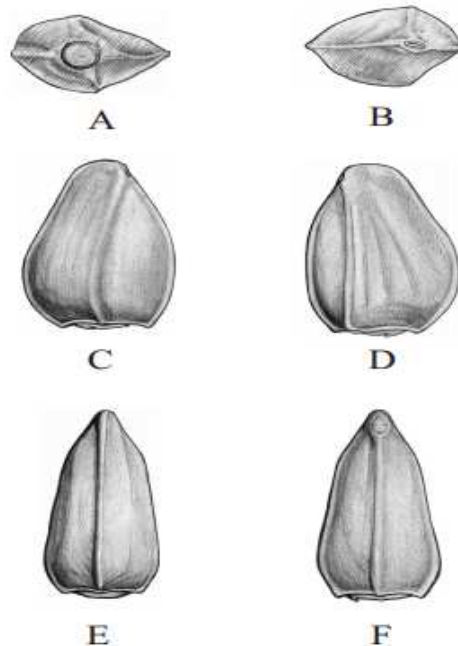
O óleo de algumas variedades de cártamo contém cerca de 75% de ácido linoleico sendo utilizado como óleo alimentar, para temperar saladas e na fabricação de margarinas brandas. Óleos com alto teor de ácido oleico (acima de 70%) são muito estáveis quando aquecidos, podendo ser utilizados em frituras. Merece destaque também por ser uma cultura promissora para a produção de biodiesel.

## 2.2 Aspectos morfológicos externos e internos da semente

As sementes de cártamo são classificadas como eurispérmicas, ou seja, apresentam formato irregular, com ápice achatado e base arredondada. Em relação a sua morfologia externa destaca-se a coloração branca amarelada quando seca e acinzentada quando hidratada. As dimensões variam de 5,56 a 7,78 mm de comprimento, de 3,59 a 4,91 mm de largura e de 2,78 a 3,98 mm de espessura. (FERREIRA, et al., 2001).

O hilo e a micrópila estão sempre em posições opostas e voltados para a mesma borda. O hilo é encontrado na região basal, sendo bastante visível de formato arredondado e coloração acinzentada. A micrópila da semente de cártamo é pequena, circular e discreta localizada na região apical da semente. Na Figura 2,

onde foi adotada uma posição fixa da semente, podem ser visualizadas as regiões, onde o hilo e a micrópila encontram-se voltados para a borda direita.



**FIGURA 2** - Aspectos morfológicos da semente de *Carthamus tinctorius*: A - vista da região basal, evidenciando o hilo; B - vista da região apical, evidenciando a micrópila; C - vista da região ventral; D - vista da região dorsal; E - vista da borda esquerda; F - vista da borda direita (Fonte: ABUD et al., 2010).

Em relação à morfologia interna, a semente possui tecido de reserva cotiledonar, de cor amarelada e consistência firme. Quando hidrata a semente, o embrião torna-se bem visível, com coloração branca e ocupando uma posição axial, no eixo central da semente (BARROSO, 1999).

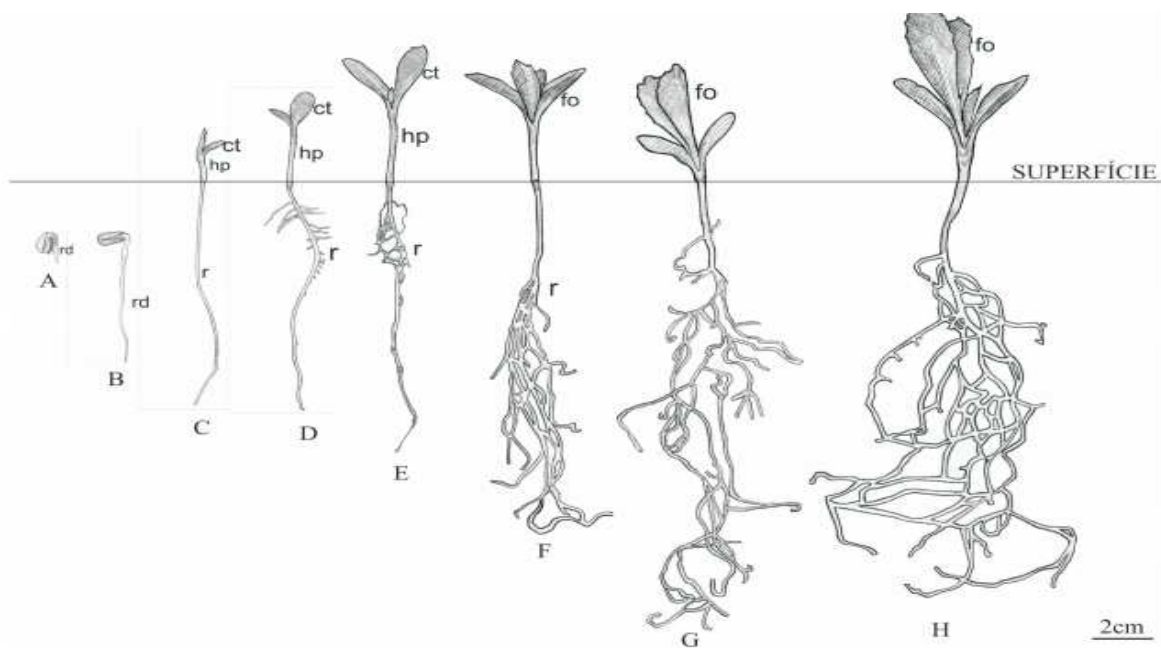
Os lipídeos constituem o terceiro material de reserva encontrado nas sementes, grande maioria na forma de trigliceróis, podendo também ser encontrados na forma de glicolipídeos e fosfolipídeos, tipicamente encontrados em sementes de algodão, amendoim, girassol e mamona (MARCOS FILHO, 2005). Através do uso de corante Sudan III (corante solúvel em gorduras) nas sementes de cártamo verificou-se a presença desta reserva, em aproximadamente 40%, sendo este o principal composto de reserva da semente (ABUD et al., 2010).

### 2.3 Aspectos morfológicos da plântula

A germinação das sementes de cártamo é classificada como do tipo epígea (acima do nível do solo) e a plântula fanerocotiledonar, ou seja, há a liberação dos

cotilédones do tegumento da semente e conseqüente emergência destes. O processo germinativo se dá a partir do primeiro dia da semente, considerando-se a protrusão da radícula. Após a hidratação ocorre o intumescimento da semente de tal forma que há o rompimento do tegumento, e como conseqüência há a emissão da radícula (MARCOS FILHO, 2005).

As raízes do cártamo possuem coloração branca, formato cilíndrico e coifa pontiaguda. Inicialmente há um rápido crescimento da raiz axial e em seguida ocorre a exposição do hipocótilo, que se apresenta tenro, curto, cilíndrico e verde claro. À medida que vai se alongando há a emergência dos cotilédones. Em seguida, surgem várias raízes secundárias, curtas e finas, de mesma coloração da raiz primária. Ao 7º dia após a semente observa-se o aparecimento dos primórdios foliares e ao 14º dia o desenvolvimento do segundo par de folhas. Os estágios sequenciais do desenvolvimento da plântula podem ser visualizados na Figura 3.



**FIGURA 3** - Aspectos morfológicos da germinação e crescimento da plântula de *Carthamus tinctorius*. A - Rompimento do tegumento pela protrusão da radícula, 1º dia após a semente; B - Desenvolvimento da raiz principal, 2º dia após semente; C - Alongamento da raiz principal e emergência dos cotilédones, 3º dia após a semente; D - Desenvolvimento dos cotilédones e epicótilo, 4º dia após a semente; E - Surgimento de raízes secundárias, 5º dia após a semente; F - Surgimento do primeiro par de folhas, 7º dia após a semente, G - Desenvolvimento do primeiro par de folhas, 9º dia após a semente; H-Alongamento das raízes e desenvolvimento do primeiro par de

folhas, 11<sup>o</sup> dia após a semeadura. Legenda: rd - radícula; r - raiz; hp - hipocótilo; ct - cotilédones; fo – folhas. (Fonte: ABUD et al., 2010).

## 2.4 Déficit hídrico

Sendo uma situação comum na produção agrícola, o déficit hídrico pode apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR; SINCLAIR, 1996). Assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> para produção de carboidratos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Nas condições de baixa disponibilidade de água no solo, alguns processos metabólicos nas plantas podem ser influenciados, como o fechamento estomático, o declínio na taxa de crescimento, o acúmulo de solutos e antioxidantes e a expressão de genes específicos de estresse (SINGH-SANGWAN et al., 1994; SILVA; CASALI, 2000).

As consequências do déficit hídrico causam preocupações aos técnicos e produtores, pelo fato de afetarem todos os estágios de desenvolvimento das plantas, como germinação, estabelecimento e sobrevivência de plântulas, produtividade, vigor, habilidades de competição e reprodução. Em algumas espécies podem ser observados sintomas visíveis de déficit hídrico, tais como murchamento e enrolamento das folhas (BARRETO; BARBOSA, 2001).

Além de ser fundamental ao crescimento das células, a água é um elemento essencial para a manutenção da turgescência (SANTOS; CARLESSO, 1998; TAIZ; ZEIGER, 2004; MARENCO; LOPES, 2005). O maior estado energético potencial de água que responde pelo equilíbrio solo-planta corresponde ao nível de capacidade de campo.

A deficiência de água no solo resulta em plantas com desenvolvimento reduzido, de estatura pequena, folhas menores que o normal e entrenós curtos. Os tecidos vegetais destas plantas apresentam-se murchos e os folíolos tendem a “fechar” na tentativa de diminuir a área foliar exposta. Já os períodos severos de déficit, na fase vegetativa, reduzem o crescimento da planta e diminuem a área foliar e a produtividade de grãos.(TAIZ; ZEIGER, 2004).

As estiagens podem diminuir a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos (g/planta/dia) e apressar a maturação, fazendo com que os grãos produzidos sob

condições de déficit sejam menores. O efeito do déficit hídrico sobre o rendimento da cultura vai depender de alguns fatores como: intensidade e duração do déficit hídrico, da época de ocorrência, da cultura/cultivar, do estágio de desenvolvimento da planta e da interação com outros fatores determinantes do rendimento (BERGAMASCHI et al., 1999).

Devido o fechamento estomático e conseqüente redução da assimilação de CO<sub>2</sub> o estresse hídrico afeta a atividade fotossintética. Em casos de deficiências mais drásticas o processo fotossintético de redução do carbono também é prejudicado. Déficits moderados não prejudicam as reações fotossintéticas nos cloroplastos (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2008).

As plantas, ao longo da evolução, foram desenvolvendo mecanismos para garantir sua sobrevivência em situações de estresses hídricos. Tais mecanismos variam entre espécies e dizem respeito a tolerar, escapar e evitar o déficit hídrico. No primeiro caso, a planta sobrevive sob elevados estresses hídricos internos; no segundo, a planta completa o ciclo antes de períodos de seca; e, no terceiro caso, a planta mantém um potencial elevado de água nos tecidos (LEHNINGER et al., 1993).

## **2.5 Excesso hídrico**

Os efeitos do excesso hídrico do solo sobre as plantas são múltiplos e dependem do estágio de desenvolvimento da planta (VAN'T WOUDET; HAGAN, 1974; MOMEN et al., 1979; SALISBURY; ROSS, 1992) como também da duração do estresse (BARNI, 1973; GOMES et al., 1992). No entanto não há uma conclusão sobre qual o estágio de desenvolvimento em que as plantas são mais tolerantes à saturação hídrica do solo.

Cannel et al., (1977) em estudos realizados mostram que plantas de ervilha são mais sensíveis ao excesso hídrico nos estádios iniciais de desenvolvimento. Assim como Watson et al. (1976), que afirmam que a saturação hídrica do solo, nos estádios iniciais de crescimento da cevada e da aveia, reduz mais o rendimento do que nos estádios de desenvolvimento subsequentes.

Uma série de processos que atuam sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo como meio para o desenvolvimento das plantas, são desencadeados pela inundação, sendo então um dos fatores que pode causar uma rápida redução na taxa fotossintética (KOZLOWSKI; PALARDY, 1984). É também

conhecido que o declínio na capacidade fotossintética resultante do excesso hídrico pode ser atribuído tanto a limitações estomáticas como a limitações não estomáticas (PEZESHKI, 2001).

Segundo Pezeshki (1994) o alagamento do solo causa a redução de oxigênio na rizosfera que pode levar à diminuição da condutância estomática e a consequente redução da taxa de assimilação de carbono. Porém, há uma variação muito grande relacionada ao grau de tolerância das espécies, bem como ao padrão de resposta fotossintética a esta condição.

Diversos efeitos anatômicos e morfológicos nas plantas resultam do excesso de água no solo, e segundo Krizek (1982), esses efeitos incluem a redução da alongação, clorose, senescência, abscisão das folhas mais baixas, murchamento, hipertrofias, formação de raízes adventícias na porção mais baixa do colmo, formação de lenticela e de aerênquima, enrolamento de folhas e declínio da taxa de crescimento relativo.

A deficiência de  $O_2$  no solo, decorrente de encharcamento, é um dos principais fatores a afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Problemas de excesso de água no solo são frequentes, seja por eventos naturais, como solos adensados, chuvas intensas e inundações, ou como consequência de atividades agrícolas, como irrigações excessivas ou compactação de camadas subsuperficiais do solo devido ao uso intensivo de máquinas (SÁ, 2005).

São conhecidos três diferentes teores de oxigênio disponível no solo: normaxia - que corresponde aos teores normais de  $O_2$ ; hipoxia - que faz relação a níveis de deficiência de  $O_2$  e anoxia - onde há sua total ausência e afeta grande parte das culturas que exigem condições equilibradas de umidade e aeração do solo para o seu desenvolvimento (SÁ, 2005).

Durante o período de saturação do solo, há um rápido desaparecimento do oxigênio e forte limitação à difusão de gases (LIAO; LIN, 2001). Posteriormente, pode ocorrer compactação do solo devido à quebra e o rearranjo de partículas agregadas, além disso, ocorre a modificação dos processos físico-químicos, que leva a um acúmulo de gases, como  $CO_2$  e  $CH_4$ , alterações do pH e decréscimo no potencial redox (ENGELAAR et al., 1993).

O sistema radicular ao passar por hipoxia ou anoxia tem seu metabolismo celular alterado, que reduz imediatamente a respiração e a absorção de minerais pelas raízes, tanto em plantas tolerantes como nas intolerantes (LIAO; LIN, 2001; SOUZA; SODEK, 2002). As estruturas adaptativas das plantas podem ser mais evidentes,

dependendo da espécie, da velocidade de encharcamento do solo, da altura da lâmina d'água e do tempo de submersão, o que favorecerá a sua sobrevivência em ambientes sujeitos a inundações súbitas (JACKSON; ARMSTRONG, 1999).

Desta forma, é sabido que a inundação desencadeia vários processos que passam a influenciar as características físico-químicas e biológicas do solo como meio de garantir o desenvolvimento das plantas sendo que nestas condições, podem surgir adaptações morfológicas, anatômicas e metabólicas, de forma a minimizar os efeitos da falta de oxigênio.

## **2.6 Qualidade de sementes**

Segundo Silveira e Vieira (1982) a qualidade final da semente é dependente do cuidado em manter, durante o beneficiamento e o armazenamento, a qualidade obtida no campo, reduzindo as injúrias decorrentes do processamento, principalmente as injúrias mecânicas, que podem ser responsáveis pela redução ou anulação de plantas normais (GREGG et al., 1970).

Germinação e vigor são responsáveis pela caracterização da qualidade fisiológica das sementes. Vigor de sementes é a soma de atributos que confere a semente o potencial para germinar, emergir e resultar rapidamente em plântulas normais sob ampla diversidade de condições ambientais. Marcos Filho (1999) destaca que o vigor de sementes é de imensa importância para agricultura, por ser o responsável pelo rápido e uniforme estabelecimento da população adequada de plantas no campo.

## **2.7 Principais compostos de reservas das sementes**

Com o desenvolvimento da biotecnologia, as sementes têm sido estudadas quanto à composição química das suas reservas. Esse interesse não está voltado para o interesse nutritivo, mas sim para as propriedades físico-químicas formadoras de soluções altamente viscosas, úteis como aditivos na confecção de alimentos industrializados.

Hipóteses relatam que a possibilidade de acumular reservas foi provavelmente um dos importantes fatores no aparecimento e na evolução das sementes em plantas. Este foi o evento responsável por uma sequência de eventos

no processo evolutivo que possibilitou que um novo indivíduo pudesse se tornar independente da planta mãe e se desenvolver em outro local, mas à custa de suas próprias reservas de nutrientes (MAUSETH, 1998).

As reservas das sementes têm basicamente duas funções relacionadas com a manutenção e o desenvolvimento do embrião até a formação de uma plântula capaz de se manter de forma autotrófica.

Segundo Borghetti e Ferreira (2004), as reservas podem funcionar como fonte de energia para manter processos metabólicos em funcionamento e/ou como fonte de matéria para a construção de tecidos vegetais que irão constituir a plântula. Os compostos acumulados nas sementes podem servir aos dois fins, pois os compostos de carbono acumulados nas sementes (carboidratos, lipídeos e proteínas) podem ser utilizados tanto para produzir energia como para construir fisicamente as células.

Há enorme variação na composição de sementes, mas as substâncias armazenadas em grande quantidade constituem os carboidratos, os lipídeos e as proteínas. Os dois primeiros servem como fonte de energia e carbono para a germinação, emergência e o desenvolvimento das plântulas, enquanto as proteínas têm como função armazenar principalmente nitrogênio e enxofre, essenciais para a síntese de proteínas, ácidos nucleicos e compostos secundários na plântula em crescimento.

Sabe-se que as plântulas, para crescerem, precisam de macro e micronutrientes, e por isso, as sementes devem carregar reservas para o uso no início do desenvolvimento. Outro composto de reserva importante é a fitina que deposita os corpos proteicos das sementes e serve para armazenar íons (fósforo, cálcio, magnésio, etc.). Estes íons desempenham importantes funções no metabolismo, e o eixo embrionário precisa de uma fonte de energia até que a raiz esteja desenvolvida o suficiente para extraí-los do substrato (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

## **2.8 Fatores que afetam a maturação e qualidade fisiológica das sementes**

O estágio de maturação (R8) é o mais vulnerável para as sementes, sendo que à medida que esta se aproxima ou ultrapassa esse estágio as causas do prejuízo às sementes se tornam mais drásticas. Expor as sementes a longos ou



curtos períodos de alta umidade afetam diretamente sua qualidade, além de deixá-la predisposta ao ataque de micro-organismos que a acompanharão até o momento da germinação no campo (WILCOX et al, 1974). A maturidade fisiológica compreende o momento em que a semente se desliga fisiologicamente da planta que lhe deu origem e passa então a receber maior influência das condições ambientais (MARCOS FILHO, 1986).

A série de alterações morfológicas, fisiológicas e funcionais, que ocorrem a partir da fertilização do óvulo até o momento em que as sementes estão em condições para a colheita é compreendida como maturação da semente. Este processo é responsável pelas alterações no peso da matéria seca, teor de umidade, tamanho, germinação e vigor das sementes, além de alterações na composição química das sementes (teores de carboidratos, proteínas, lipídios, entre outras) (DELOUCHE, 1971).

Segundo Potts (1971) uma semente está madura quando obteve o máximo de acúmulo de matéria seca. Nesta condição, admite-se que a quantidade de substâncias translocadas para semente é exatamente compensada pela quantidade consumida pela respiração (POLLOCK; ROOS, 1972).

Pollock e Roos (1972) também afirmam que é no “ponto de maturidade fisiológica” que as sementes apresentam a sua melhor qualidade fisiológica, ou seja, é neste momento que elas expressam máxima germinação e máximo vigor, e o seu grau de deterioração é mínimo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições ambientais na Universidade Federal do Pampa, campus-Itaqui, RS (Latitude: 29°09' 21.68" S; Longitude: 56°33'02.58" W; altitude: 74 m), durante os dias 8 a 22 de maio de 2012.

Para a instalação do experimento inteiramente casualizado foram utilizadas sementes coletadas de plantas mãe que foram submetidas a diferentes durações (0, 5, 10 e 15 dias) de estresse hídrico (déficit e excesso). Desta forma o experimento foi dividido em duas partes:

- Déficit hídrico, onde os tratamentos implantados foram: 0 (sem estresse hídrico), 5, 10 e 15 dias de déficit hídrico com cinco repetições cada.
- Excesso hídrico, onde os tratamentos implantados foram: 0 (sem estresse hídrico), 5, 10 e 15 dias de excesso hídrico com cinco repetições cada.

Para dar início as avaliações realizou-se a assepsia das sementes com o objetivo de prevenir o aparecimento de microrganismos contaminantes, utilizando-se hipoclorito de sódio a 1% por cinco minutos, e depois lavadas em água corrente e postas para secar a sombra (para retirada do excesso de umidade). No dia 08 de maio de 2012 as sementes foram semeadas em vasos de oito litros contendo solo + vermiculita na proporção 2:1(v:v). O número de sementes utilizadas foi de 10 sementes por vaso e a profundidade de semeadura foi de 3 centímetros. Após semeadura os vasos ficaram expostos às condições ambientais, os dados de temperatura e precipitação pluviométrica foram obtidos na estação meteorológica automática localizada no local de cultivo.

As avaliações do número de plântulas emergidas foram feitas diariamente, seguindo-se preferencialmente o mesmo horário (15h), e as irrigações foram feitas diariamente. O índice de velocidade de emergência (IVE) foi realizado contabilizando-se diariamente a emergência das plântulas até aos 14 dias após a semeadura (DAS) (MAGUIRRE, 1962). Foi avaliado o percentual de plântulas normais com o primeiro par de folhas emergido para fora do solo, considerando-se como plântula normal aquela com capacidade de continuar o seu desenvolvimento em campo (BRASIL, 2009). A altura de plântulas foi determinada utilizando-se régua graduada aos 14 DAS. O cálculo do IVE foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Maguire (1962):

$$IVE = E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n$$

em que:

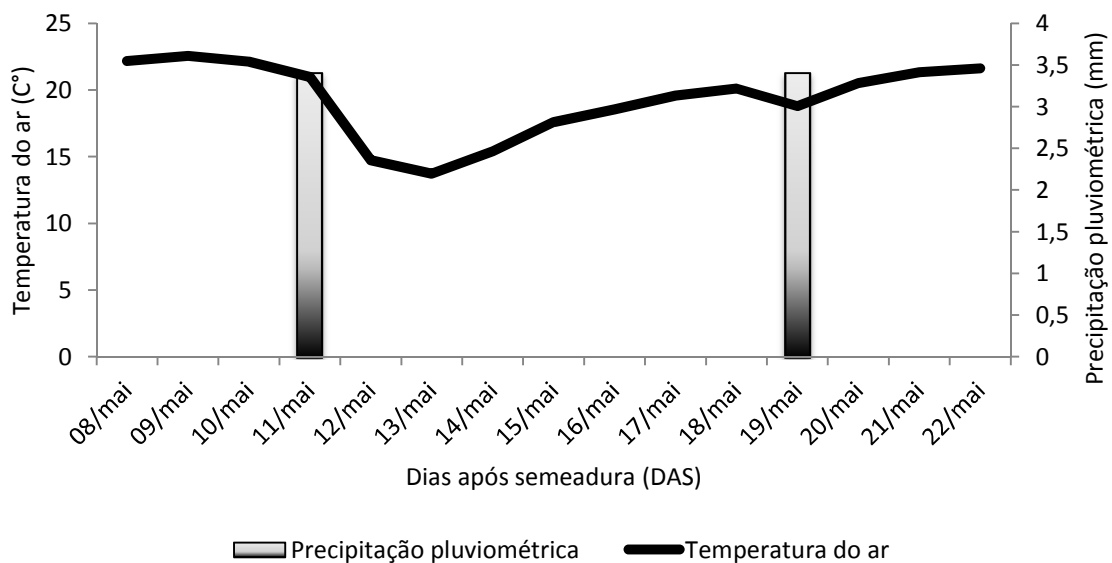
E é o número de plântulas emergidas por dia e

N é o número de dias após semeadura

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão com o auxílio do software Assistat 7.6 (SILVA, 1996).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes às condições meteorológicas (temperatura média do ar e precipitação pluviométrica) durante a condução do experimento são observados na Figura 4. A temperatura do ar oscilou entre 13,7 e 22,6°C, sendo que a média durante o período foi de 19,3°C. As temperaturas que predominaram no período foram compatíveis com as exigidas pela cultura.



**FIGURA 4:** Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média do ar (C°), da semeadura até os 14 após semeadura (DAS) de sementes de cártamo.

O cártamo requer estação fria durante o período vegetativo e clima quente durante a floração e formação de sementes. A germinação das sementes requer uma temperatura atmosférica média de 15 a 16°C. As mudas são tolerantes à baixa temperatura e estação seca. A temperatura do ar entre 20 a 25°C é a mais adequada para floração e formação de sementes. Normalmente desenvolve-se abaixo de 1000 m de altitude, com umidade relativa média de 40 a 70%.

A análise do estresse hídrico foi realizada separadamente para excesso e déficit hídrico. Na Tabela 1 podem ser observadas as variáveis de porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE) e altura de plântulas (AP) através das médias da análise de variância, para as diferentes durações de déficit hídrico na planta mãe.

**TABELA 1:** Análise da variância (ANOVA) para as variáveis porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE) e altura de plântulas (AP) de plântulas de cártamo em que as plantas mãe foram submetidas a diferentes durações de déficit hídrico (DH).

<b>PE</b>				
Causas da variação	GL	SQ	QM	F
<b>Durações de DH</b>	3	4152,80	1384,27	6,15 **
<b>Reg. Linear</b>	1	3860,26	3860,26	17,14**
<b>Reg. Quadrática</b>	1	27,73	27,73	0,12 ns
<b>Reg. Cúbica</b>	1	264,81	284,81	1,17 ns
<b>Resíduo</b>	16	3604,00	225,25	-
<b>Total</b>	19	7756,80	-	-
<b>IVE</b>				
Causas da variação	GL	SQ	QM	F
<b>Durações de DH</b>	3	105,28	35,09	44,93 **
<b>Reg. Linear</b>	1	98,27	98,27	125,82 **
<b>Reg. Quadrática</b>	1	2,44	2,44	3,13 ns
<b>Reg. Cúbica</b>	1	4,57	4,57	5,86 *
<b>Resíduo</b>	16	12,49	0,78	-
<b>Total</b>	19	117,78	-	-
<b>AP</b>				
Causas das variação	GL	SQ	QM	F
<b>Durações de DH</b>	3	12,65	4,22	6,55 **
<b>Reg. Linear</b>	1	9,85	9,85	15,31**
<b>Reg. Quadrática</b>	1	1,03	1,03	1,61 ns
<b>Reg. Cúbica</b>	1	1,76	1,76	2,73 ns
<b>Resíduo</b>	16	10,30	0,64	-
<b>Total</b>	19	22,95	-	-

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ )

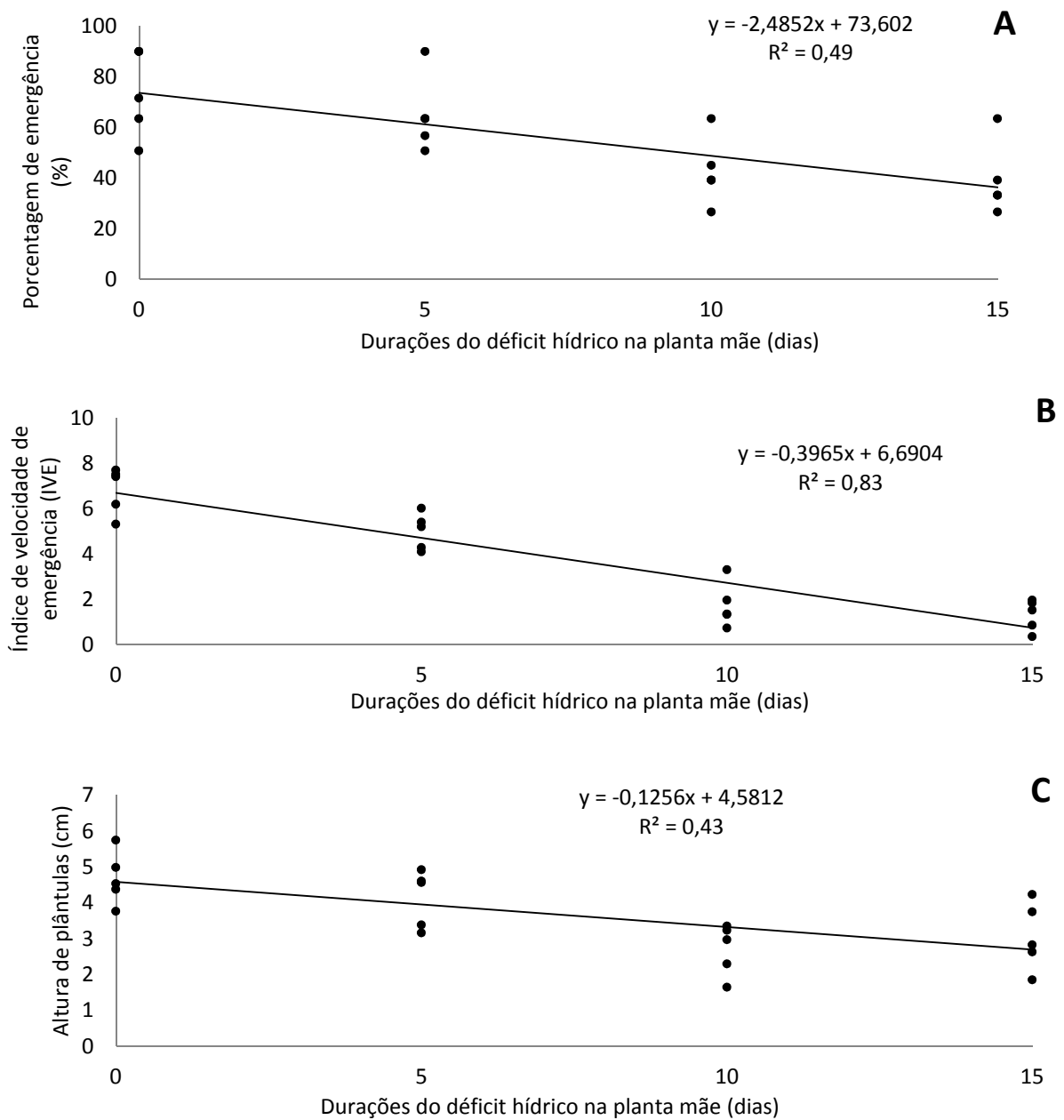
ns não significativo ( $p \geq 0,05$ )

Examinando-se os resultados da análise de variância para déficit hídrico (Tabela 1) constata-se que as médias referentes PE, IVE e AP foram significativas ( $p \leq 0,01$ ).

As durações de estresse hídrico impostas sobre a cultura do cártamo proporcionaram menor porcentagem de emergência, menores índices de velocidade de emergência e plantas com alturas reduzidas. Estes resultados concordam com Albrecht et al., (2008) que em trabalhos realizados com soja, afirmam que os estresses ambientais são fatores externos que resultam em baixas produtividades,

além de afetarem a qualidade das sementes e os teores de óleo e proteínas. Eles também consideram que esta cultura ao longo de seu ciclo é influenciada por diversos fatores sendo relevante destacar que o manejo da cultura pode influenciar o desenvolvimento das plantas e a produção da lavoura e, também, a qualidade e a composição química das sementes.

Para as três variáveis estudadas a regressão linear foi significativa em função da duração do estresse hídrico (Tabela 1 e Figura 5).



**FIGURA 5:** Porcentagem de emergência (A), índice de velocidade de emergência (B) e altura de plântulas aos 14 DAS (C) de sementes de cártamo em função das diferentes durações de déficit (DH).

Analisando-se a regressão para a variável porcentagem de emergência (Figura 5A) em função das durações de déficit hídrico verificou-se que esta diminui à medida que aumenta a duração do déficit hídrico. Houve uma redução da porcentagem de germinação na ordem de 2,485% ao dia. Essa redução indica que a duração de 10 dias de DH reduziu a taxa fotossintética da planta afetando a quantidade de metabólitos enviados para a semente (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

Verificou-se que o índice de velocidade de emergência (Tabela 1) das plântulas oriundas de sementes cuja planta mãe passou por períodos de déficit hídrico foi afetado, diminuiu significativamente quando houve aumento da duração do déficit hídrico. Observa-se na Figura 5 que os valores de IVE aproximam-se de zero aos 15 dias de duração de déficit hídrico, sendo que estes valores se anulariam aos 16,9 dias de duração.

Conforme Carvalho e Nakagawa (1988), a diminuição o IVE nos períodos de maior duração do déficit hídrico pode ter sido menor pelo fato da água além de ser o fator iniciante da germinação, estará também envolvida, direta ou indiretamente, em todas as etapas do metabolismo subsequente. Sua participação é essencial nas reações enzimáticas, na solubilização e no transporte de metabólitos e como reagente de hidrólise de proteínas, carboidratos e lipídios dos tecidos de reserva da semente.

Um aspecto importante da bioquímica dos mecanismos de deposição de reservas é que a composição química varia muito pouco, mesmo que a planta mãe encontre variações ambientais significativas. Normalmente, tais variações provocam apenas alterações quantitativas, mas mantêm sob controle estreito a estrutura de seus compostos.

Egli (1998) estudando a composição química das sementes concluiu que as sementes são dependentes de outras partes das plantas como fontes de matéria-prima para o crescimento e o acúmulo de reservas. Obviamente, as folhas são a fonte primária de açúcares produzidos por meio da fotossíntese, mas, em algumas plantas, os tecidos verdes do fruto também contribuem substancialmente. Somada à fotossíntese atual, a remobilização de carboidratos e particularmente de aminoácidos (que contêm nitrogênio) de outras partes da planta também pode contribuir para o crescimento da semente. Nutrientes minerais são absorvidos pelas raízes e transportados principalmente pelo xilema para os brotos e as folhas. Nesses

locais, entretanto, tais nutrientes são transferidos para a seiva do floema e redistribuídos até a semente em desenvolvimento. Todos esses processos são inteiramente dependentes da água e estão em balanço com a sua disponibilidade e com os mecanismos e rotas de absorção e circulação da água dentro da planta. Como base de todos os processos biológicos, a água é essencial como carreador de nutrientes, assim como para todos os processos metabólicos no desenvolvimento da semente, sendo sua deficiência responsável pela redução dos compostos de reserva da semente.

A altura de plântulas oriundas de sementes nas quais a planta mãe foi submetida ao déficit hídrico também foi influenciada pelas diferentes durações. Através da regressão linear (Figura 5), verifica-se que houve uma diferença de aproximadamente 1,9 cm entre as plantas que não foram submetidas ao déficit hídrico e as plantas com maior duração de déficit hídrico (15 dias de duração).

Maehler et al. (2003), citam que o crescimento vegetativo rigoroso promove o desenvolvimento rápido da área foliar e formação de uma boa estatura de planta capaz de suportar rendimentos elevados. Da mesma forma, boas condições de crescimento vegetativo, levam ao aumento da acumulação de proteínas armazenadas nos tecidos vegetativos, que durante o enchimento de grãos são redistribuídas para as estas estruturas. No caso de períodos de déficit hídrico, o crescimento vegetativo das plantas é reduzido assim como o acúmulo das proteínas que serão redistribuídas para as sementes no momento da sua formação, havendo menor quantidade de proteínas, essas sementes terão seu metabolismo prejudicado, implicando na sua germinação e expressão do vigor.

Analisando-se os resultados da análise de variância para as durações de excesso hídrico (Tabela 2) verifica-se que não houve diferença significativa para a variável porcentagem de emergência ( $p \leq 0,05$ ), ou seja, os períodos de excesso hídrico não afetaram significativamente a porcentagem de emergência das plântulas. A média dos tratamentos foi de 56,7%.



**TABELA 2:** Análise da variância (ANOVA) para as variáveis porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE) e altura de plântulas (AP) de plântulas de cártamo em que as plantas mãe foram submetidas a diferentes durações de excesso hídrico (EH).

<b>PE</b>				
Causas da variação	GL	SQ	QM	F
<b>Durações de EH</b>	3	1930,98	643,66	2,42 ns
<b>Resíduo</b>	16	4251,31	6182,29	-
<b>Total</b>	19	124,68	-	-
<b>IVE</b>				
Causas da variação	GL	SQ	QM	F
<b>Durações de EH</b>	3	66,45	22,15	6,08 **
<b>Reg. Linear</b>	1	59,66	59,66	16,32 **
<b>Reg. Quadrática</b>	1	5,55	5,55	1,52 ns
<b>Reg. Cúbica</b>	1	0,19	0,19	0,05 ns
<b>Resíduo</b>	16	58,23	3,63	-
<b>Total</b>	19	124,68	-	-
<b>AP</b>				
Causas da variação	GL	SQ	QM	F
<b>Durações de EH</b>	3	17,367	5,79	6,15 **
<b>Reg. Linear</b>	1	13,94	13,94	14,82 **
<b>Reg. Quadrática</b>	1	0,76	0,76	0,81 ns
<b>Reg. Cúbica</b>	1	2,66	2,66	2,83 ns
<b>Resíduo</b>	16	15,06	0,94	-
<b>Total</b>	19	32,42	-	-

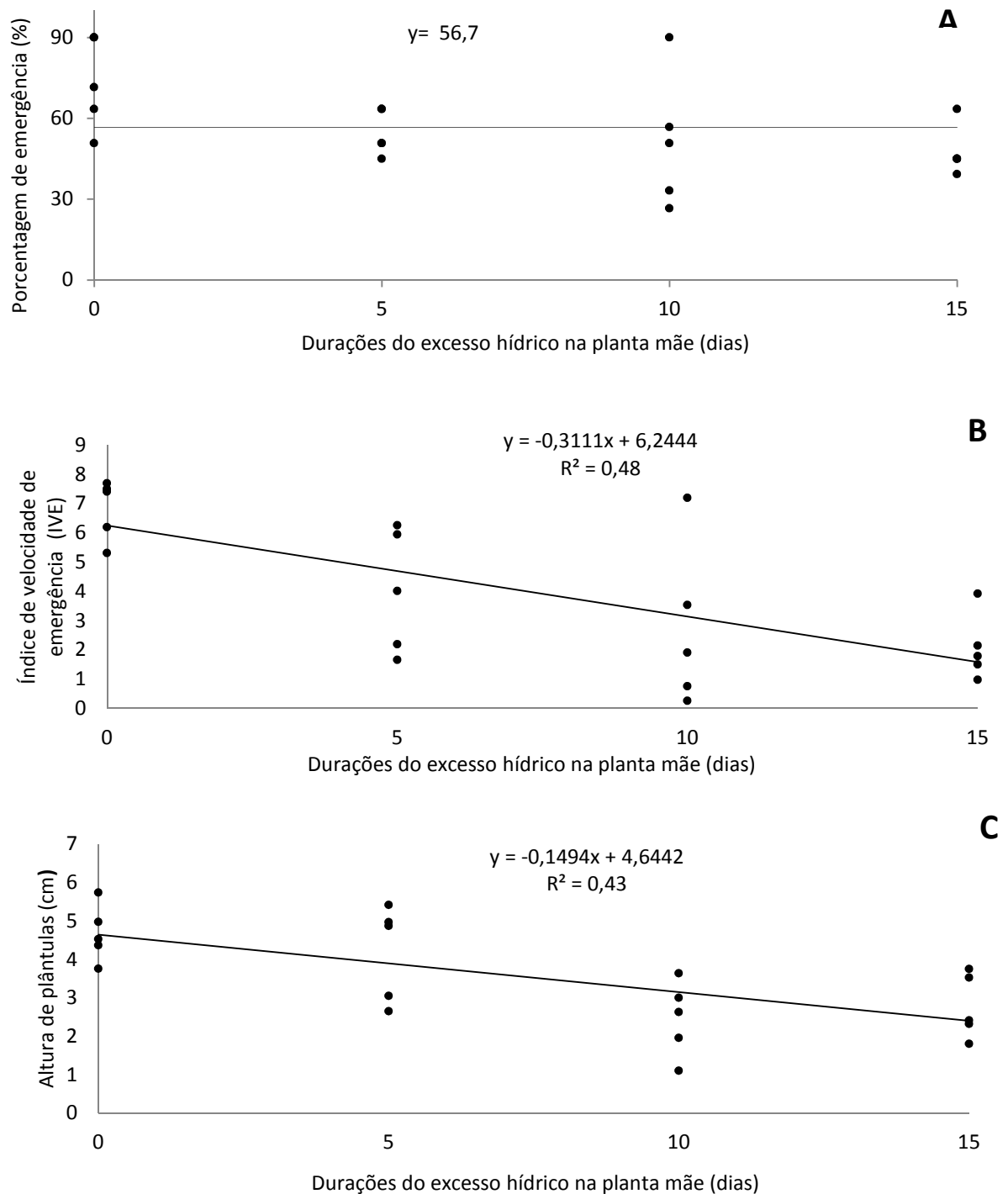
\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ )

ns não significativo ( $p \geq 0,05$ )

Porém, para as variáveis índice de velocidade de emergência (IVE) e altura de plântulas (AP) as diferenças entre os tratamentos foram significativas ( $p \leq 0,05$ ).

O resultados obtidos estão de acordo com a hipótese proposta por Harris et al. (1978) para a cultura da soja, estes afirmam que o estresse ambiental no campo, em uma fase específica do ciclo, ou até mesmo durante vários estádios vegetativos e/ou reprodutivos levam a modificação da composição química das sementes .



**FIGURA 6:** Porcentagem de emergência (A), índice de velocidade de emergência (B) e altura de plântulas aos 14 DAS (C) de sementes de cártamo em função das diferentes durações de excesso hídrico (EH) na planta mãe.

Para Pezeshki (1994) curtos períodos de excesso hídrico induzem a planta a se adaptar a esse tipo de ambiente (anoxia) e no momento em que a condição de normalidade é retomada (normaxia) ela consegue novamente se habituar a esse

ambiente. Já longos períodos de alagamento exigem grandes mudanças no hábito de sobrevivência das plantas, o que dificulta a sobrevivência desta quando as condições normais são recuperadas. Na avaliação da PE não foi encontrado diferença significativa entre os tratamentos (Figura 6A) podendo-se inferir que as durações de excesso hídrico impostas não foram capazes de alterar o hábito de sobrevivência das plantas ao ponto destas não conseguirem se recuperar no período pós-estresse.

Observa-se que o IVE (Figura 6B) das sementes cujas plantas mãe foram submetidas a diferentes durações de excesso diminuiu significativamente conforme houve o aumento da duração. Verifica-se na análise de regressão que uma duração de aproximadamente 20 dias de duração de excesso hídrico anula o IVE.

Segundo Baruch (1994) as plantas submetidas a excesso hídrico exibem mudanças nos processos metabólicos e fisiológicos. Fatores como redução na condutância radicular ocorrendo murcha vegetal, fechamento estomáticos, redução da absorção de água e da taxa de fotossíntese, estão entre as principais respostas ao encharcamento. Ocorrem também mudanças como diminuição na permeabilidade das raízes, alterações no balanço de hormônio do crescimento, epinastia das folhas, clorose e abscisão, levando a interrupção do crescimento vegetativo e reprodutivo.

A redução de  $O_2$  disponível no solo é o fator principal, em ecossistemas alagadiços, que influencia a sobrevivência, o crescimento e a produtividade das plantas terrestres, pois afeta vários processos metabólicos, incluindo: as trocas gasosas foliares, as relações hídricas, a absorção de macro e micronutrientes pela morte e supressão do metabolismo das raízes, a partição e translocação de fotoassimilados, a produção de biomassa, alterações no balanço hormonal, verificada pelo aumento na produção de etileno, que, por sua vez, pode implicar no declínio da capacidade fotossintética. Além disso, o acúmulo desse hormônio pode ainda diminuir o crescimento axial das raízes das plantas (JACKSON, 2005; PEZESHKI, 2001; KOZLOWSKI et al., 1991).

A menor absorção de macro e micronutrientes pelas raízes, redução na translocação de fotoassimilados e declínio da taxa fotossintética, ocorrem devido a menor absorção de água pelas raízes, o que leva conseqüentemente a uma menor translocação de compostos pelo xilema e floema, afetando todo o desenvolvimento da planta incluindo a formação e produção de sementes, sendo está a explicação

para os baixos índices de velocidades de emergência encontrados com o aumento da duração do excesso hídrico.

A variável altura de plântulas em relação ao excesso hídrico sofrido pela planta mãe foi ajustada como linear. A altura de plantas reduziu linearmente com o aumento das durações de excesso hídrico (Figura 6C). A diferença de altura entre o tratamento sem estresse hídrico e o tratamento de 15 dias de duração de excesso hídrico foi de 2,4 cm, indicando maior vigor das plantas que não foram submetidas ao excesso hídrico.

Para Marschner (1995) a condição de hipóxia provoca desordens metabólicas na planta, sendo a principal a respiração anaeróbica, diminuindo a eficiência na utilização de C e aumentando a produção de etanol e lactato. Smit et al. (1990) concluíram que a deficiência de O<sub>2</sub> prejudica a síntese de fitorreguladores, tais como giberelinas e citocininas alterando algumas características do crescimento vegetal e desenvolvimento da semente. Com o seu desenvolvimento afetado, são observadas menores concentrações de metabólitos na semente, o que interferiu no crescimento das plântulas de cártamo oriundas de sementes cujas plantas mãe foram submetidas ao excesso hídrico.

O estresse hídrico ocorrido durante o período vegetativo de plantas de cártamo influencia na qualidade das sementes produzidas, afetando a porcentagem de emergência, o índice de velocidade de emergência e a altura de plântulas, sugerindo que a mobilização de substâncias de reserva e translocação para os pontos de crescimento não se apresentaram de forma semelhante conforme as durações de estresse impostas.

## **5 CONCLUSÃO**

O aumento na duração do déficit hídrico na planta mãe diminui linearmente a porcentagem de emergência, velocidade de emergência e altura de plântulas de cártamo.

Para os tratamentos com diferentes durações de excesso hídrico na planta mãe ocorre diminuição linear para as variáveis velocidade de emergência e altura de plântulas, não havendo alteração significativa para a variável porcentagem de emergência de plântulas de cártamo.

## 6 REFERÊNCIAS

ABUD, H. et al. Morfologia de sementes e plântulas de cártamos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 259-265, abr-jun, 2010.

ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A.L.; ÁVILA, M.R.; SUZUKI, L.S.; SCAPIM, C.A.; BARBOSA, M.C. Teores de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da semeadura na região oeste do Paraná. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 865-873, 2008.

BARNI, N.A. **Efeitos de períodos de inundação sobre o rendimento de grãos e características agronômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Porto Alegre, 1973. 153p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1973.

BARRETO, A.F.; BARBOSA, J. K. A. Mecanismos de resistência à seca que possibilitam a produção em condições do semi.árido nordestino. In: **Simpósio brasileiro de captação de água de chuva no semi-árido**, 3., 2001, Campina Grande, PB. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão; Petrolina, PE: Embrapa Semi-Arido, 2001. 7 p. 1 CD-ROM.

BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C. L.F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: UFV, 1999. 443p.

BARUCH, Z. . Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. **Plant and soil**, v.164, p. 97-115, 1994.

BATISTA, M. P. **Estudo exploratório do Mercado de Flores e Plantas ORNAMENTAIS** . 2000. 54f. Monografia (Especialização in Educação Ambiental) -. Universidade Federal de Santa Maria.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L. AZEVEDO, D. M. P. de VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de LIMA, E. F. (Ed). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 37-61.

BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D.C.; CUNHA, G.R.; SANTOS, M.L.V.; FARIAS, J.R.B.; BARNI, N.A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2.ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 1999. 125p.

BLUM, A.; JOHNSON, J.W.; RAMSEUR, E.L. The effect of a drying top soil and a possible nonhydraulic root signal on wheat growth and yield. **Journal of Experimental Botany**, Oxon, v.42, p.1225-1231, 1991.

BORGHETTI, F.; FERREIRA, A.G. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 1ed. 323p.

BRADLEY, V. L.; GUENTHNER, R. L.; JOHNSON, R. C.; HANNAN, R. M. Evaluation of sanflower germplasm for ornamental use. In: **Perspectives on new crops and new uses**. Ed. J. Janick, ASHS Press, Alexandria, p.433-435. 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/SDA /ACS, 2009. 399p.

CANNEL, R.Q., GALES, K., SUHAIL, B.A.. Effects of waterlogging under field conditions on the growth of peas. **Agricultural Research Council**, London, v.3, p.67-69, 1977.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 3 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.

CHEN, H.; QUALLS, R.G.; MILLER, G.C. Adaptive responses of *Lepidium latifolium* to soil flooding: biomass allocation, adventitious rooting, aerenchyma formation and ethylene production. **Env. Exp. Bot.** v. 48, p. 119-128, 2002.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. Ed. Porto Alegre, 2004.

DELOUCHE, J.C. Seed maturation. In: HANDBOOK of **Seed technology**. Mississipi: Mississipi State University 1971. p.17-21.

EKIN, Z. Resurgence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: a global view. **Journal of Agronomy**, v.4, n.2, p.83-87, 2005.

EGLI, D.B. **Sees biology and the yield of grain crops**. New York: CAB International, 1998. p. 178.

ENGELAAR, W. M. H.; van BRUGEN, M. W.; van der HOEK, W. P. M.; HUYSER, M. A. H.; BLOM, C. W. P. M. Roots porosities and radial oxygen losses of *Rumex* and *Plantago* species as influenced by soil pore diameter and soil aeration. **New Physiologist**, v.125, p.565-574, 1993.

FAOSTAT. **Safflower**. Roma: FAO, 2006. Disponível em: <http://faostat.fao.org> . Acesso em: 14 de março de 2012.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. ; NEPOMUCENO, A.L. **Soja em carência de água: exigências Climáticas**. Disponível em: <http://bioinfo.cnpso.embrapa.br/seca/index.php/clima>. Acesso em 15/06/2012.

FERREIRA, R.A.; et al. Morfologia da semente e de plântulas e avaliação da viabilidade da semente de sucupira-branca (*Pterodon pubescens* Benth. - Fabaceae) pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 23, n. 01, p. 108-115, 2001.

GOMES, A.S., SOUZA, R.O., LERÍPIO, A.A. Produtividade do arroz irrigado em diferentes sistemas de cultivo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20, 1992, Pelotas. **Anais...** Pelotas : EMBRAPA-CPACT, 1992. 305p. p.108-112.

GREGG, B.R.; LAW, A.G.; VIRDI, S.S.; BALIS, J.S. **Seed processing**. Mississippi: Mississippi State University, 1970. p.328-344.

HARRIS, H.C.; McWILLIAM, J.R.; MASON, W.K. Influence of Temperature on Oil Content and Composition of Sunflower Seed. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 29, n.3, p.1203-1212, 1978.

JACKSON, M. B.; ARMSTRONG, W., Formation of aerenchyma and the processes of plant ventilation in relation to soil flooding and submergence. **Plant Biology**, v.1, p.274-287, 1999.

JACKSON, M.B.; COLMER, T.D. Response and adaptation by plants to flooding stress. **Ann. Bot.**, v. 96, p. 501-505, 2005.

KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. Effect of flooding on water, carbohydrate, and mineral relations. In: Kozlowski, T.T. (ed). **Flooding and plant growth**. Orlando, Academic Press, 1984.

KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.L.; PALLARDY, S.G. **The physiological ecology of wood plants**. Academic Press, San Diego, p. 656, 1991.

KRIZEK, D.T. Plant response to atmospheric stress caused by waterlogging. In: CHRISTIANSEN, M.N.; LEWIS, C. F. **Breeding plants for less favorable environments**. Beltsville: J. Wiley, 1982. p. 293-334.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v.36, p.331-335, 1996.



LEHNINGER, A. L., NELSON, D. L., COX, M. M. 1993. Cell. p. 21-55. In A. L. Lehninger, D. L. Nelson and M. M. Cox (eds.) Principles of Biochemistry. **Worth Publishers**, New York, NY.

LIAO, C. T.; Lin, C. H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**, v.25, p.148-157, 2001.

MAEHLER, A.R. et al. Qualidade de grãos de duas cultivares de soja em função da disponibilidade de água no solo e arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.213-218, mar/abr. 2003.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargil, 1986. 86p.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; KRYZANOWSKY, F., FRANÇA NETO, J. Vigor de sementes. **Seed News**, Pelotas, n.11, p.20-24. 1999.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa, MG: UFV, 2005. 451 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic, 1995. 889 p.

MAUSETH, J.D. **Botany, an introduction to plant biology**, 2/e. Boston: Jones and Bartlett, 1998. 794p.

MOKHTASSI-BIGDOLI, A. et al. Yield components, leaf pigments contents, patterns of seed filling, dry matter, LAI and LAID of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in Iran. **Pakistan Journal of Biological sciences**, v. 10, n.9, p. 1406-1413, 2007.

MOMEN, N.M., CARLSON, R.E., SHAW, R.H., *et al.* Mositure-stress effects on the yield components of two soybeans cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, n.1, p.86-90, 1979.

OELKE, E.A.; et al. Safflower. **Alternative Field Crops Manual**, 1992.

PEZESHKI, S.R. 1994. Plant responses to flooding. In: Wilkinson, R.E. (eds). **Plant environment interactions**. New York, Dekker.

PEZESHKI, S.R. 2001. **Wetland plant responses to soil flooding**. Environmental and Experimental Botany 46:299-312.

PINTÃO, A.; SILVA, I. A Verdade sobre o Açafrão. **Workshop Plantas Medicinais e Fitoterapêuticas nos Trópicos**. IICT /CCCM. 2008.

POLLLOCK, B.M., ROOS, E.E. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1972. 289p.

POTTS, H.C. **Seeds: Development, structure, function**. Mississippi: Mississippi State University, 1971. p.37-51.

ROCHA, E.K. **Fenologia e qualidade de *Carthamus tinctorius* L. em diferentes populações e épocas de cultivo.**, 2005, 59 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

SÁ, J. S. de. **Influência do manejo do nível freático e doses de nitrogênio em culturas sob hipoxia no solo**. Piracicaba: ESALQ, 2005. 142p.

SALISBURY, F.B., ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4.ed. California : Wadsworth, 1992. 682p.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SILVA, F. de A. S. e. The ASSISTAT Software: statistical assistance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6, Cancun, 1996. **Anais...** Cancun: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p.294-298.

SILVEIRA, J.F.; VIEIRA, M.G.G.C. Beneficiamento de sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v.8, n.9, p.50-56, 1982.

SINGH-SANGWAN, N. *et al.* Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. **New Phytol**, Cambridge, v. 128, p. 173-179, 1994.

SMIT, B. A.; NEUMANN, D. S.; STACHOWIAK, M. L. Root hypoxia reduces leaf growth: role of factors in the transpiration stream. **Plant Physiology**, Rockville, v. 92, p. 1021-1028, 1990.

SOUZA, C. A. F. de; Sodek, L. Respostas metabólicas de plantas à deficiência de oxigênio. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.14, p.83-94, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TIEN, Y.C. et al. *Carthamus tinctorius* L. prevents LPS-induced TNF $\alpha$  signaling activation and cell apoptosis through JNK1/2-NF $\kappa$ B pathway inhibition in H9c2 cardiomyoblast cells. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 130, p.505-513, 2010.

VAN'T WOUDT, B.D., HAGAN, R.M. Respuestas de los cultivos a niveles excesivamente elevados de humedad del suelo. In: LUTHIN, J. N. **Drenaje de tierras agrícolas - teorías y aplicaciones**. 2. ed. México : Limusa, 1974. p.571-645.

VIVAS, M. J. Culturas alternativas - cártamo, sésamo e camelina. **Melhoramento**, v.38, p. 183-192, 2002.

WATSON, E.R., LAPINS, P., BARRON, R.F.W. Effects of waterlogging on the growth, grain and straw yield of wheat, barley and oats. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.16, p.114-122. 1976.

WILCOX, J.R., LAVIOLETTE, F.A., ATHOW, K.L. Deterioration of soybean seed quality associated with delayed harvest. **Plant Dis. Reporter**. v.58, p.130-133, 1974.

## 7 APÊNCIDES

**APÊNCIDE A – Fotos obtidas durante os dias de avaliação do experimento.**



**Figura 1:** Local utilizado para instalação do experimento com os respectivos vasos.



**Figura 2:** Estágio de emergência dos cotilédones, tratamento 5 dias de excesso (dia 14 de maio de 2012).



**Figura 3:** Estágio de desenvolvimento do primeiro par de folhas, tratamento testemunha (0 dias de estresse) (22/05/2012).