



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

FÁBIO MIGUEL KNAPP

**FENOLOGIA E FENOMETRIA DO GIRASSOL EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT
HÍDRICO**

CERRO LARGO

2016

FÁBIO MIGUEL KNAPP

**FENOLOGIA E FENOMETRIA DO GIRASSOL EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT
HÍDRICO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau
de bacharel em agronomia da Universidade Federal
da Fronteira Sul

Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons

CERRO LARGO

2016

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Knapp, Fábio Miguel

Fenologia e fenometria do girassol em condições de déficit hídrico/ Fábio Miguel Knapp. -- 2016.
42 f.

Orientador: Sidinei Zwick Radons.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de , Cerro
Largo, RS, 2016.

1. Helianthus annuus. 2. Estágio fenológico. 3. Área
folhar. 4. Restrição hídrica. 5. Variação de rendimento.
I. Radons, Sidinei Zwick, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

FÁBIO MIGUEL KNAPP

**FENOLOGIA E FENOMETRIA DO GIRASSOL EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT
HÍDRICO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia com ênfase em Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

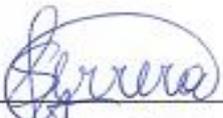
Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:
25 / 11 / 2016.

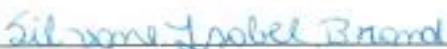
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons - UFFS



Prof. Dr. Tiago Silveira Ferrera – UFFS



Eng.ª Agr.ª Silvane Isabel Brand

À minha família e a todos que me apoiaram durante a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Muitos foram os que contribuíram, direta ou indiretamente, para que esse momento especial se concretizasse em minha vida.

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me proporcionado saúde e iluminado meus passos para que eu chegasse até aqui.

Ao orientador Prof. Dr. Sidinei, pelo apoio, incentivo e dedicação na realização deste trabalho, desde os primeiros passos estava sempre disposto a me ajudar no que necessitava e nunca mediu esforços. Agradeço suas críticas e sugestões, que auxiliaram no meu desenvolvimento. Muito obrigado, Sidinei!

À Universidade Federal da Fronteira Sul, pela oportunidade oferecida.

Aos professores do curso de Agronomia, pelos ensinamentos, conselhos e apoio dado ao longo da graduação.

Aos meus pais Elisa e José, pelo amor e carinho e por estarem sempre do meu lado, me incentivando e acompanhando.

Aos meus irmãos e sobrinhos, pelo apoio e carinho dado durante a graduação.

Sou muito grato, pois sem vocês não teria chegado até aqui. Amo vocês incondicionalmente!

A todos os colegas e amigos, que ajudaram no desenvolvimento do trabalho, pela amizade e cumplicidade construída ao longo da graduação. Serei eternamente grato a vocês!

“Os dias prósperos não vêm por acaso;
Nascem de muita fadiga e persistência”

Henry Ford

“O que realmente importa não são os passos que damos, mas o que buscamos ao
andar.”

Welk Alves

RESUMO

O déficit hídrico é um fator que afeta o crescimento e desenvolvimento dos cultivos agrícolas em todo mundo. É o responsável direto pelos efeitos negativos no rendimento das culturas como um todo. Em função disto, este trabalho objetivou analisar a fenometria e fenologia de uma cultivar de girassol em diferentes déficits hídricos. Para isso, instalou-se um experimento disposto em delineamento em vasos numa casa de vegetação – estufa - da Universidade Federal da Fronteira Sul, no município de Cerro Largo – RS. Os tratamentos constaram de 6 níveis com 4 repetições, sendo eles o suprimento de 120%, 100%, 80%, 60%, 40% e 20% da evapotranspiração diária por meio da irrigação. O volume de água foi determinado pelo Cálculo da evapotranspiração através do método de Penman-Monteith, aplicando-se um fator de correção de 0,7, em função de ser calculada com os dados do ambiente externo, provenientes da estação meteorológica automática instalada a 400 metros da casa de vegetação. Os dados obtidos no experimento foram submetidos a análise de variância e regressão e verificou-se uma resposta positiva ao suprimento de água. Porém, na maioria dos parâmetros analisados, a cultura do girassol sofreu um déficit de 20% no suprimento de água sem prejuízos nas variáveis analisadas.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*. Estágio fenológico. Área folhar. Restrição hídrica. Variação de rendimento.

ABSTRACT

The water deficit is a factor that affects the growth and development of agricultural crops worldwide. It is directly responsible for the negative effects on crop yields as a whole. As a result, this work aimed to analyze the phenomena and phenology of a sunflower cultivar in different water deficits. For this, an experiment was arranged in a potting design in a greenhouse - of the Universidade Federal da Fronteira Sul, in the municipality of Cerro Largo - RS. The treatments consisted of 6 levels with 4 replications, being the supply of 120%, 100%, 80%, 60%, 40% and 20% of daily evapotranspiration through irrigation. The volume of water was determined by calculating the evapotranspiration using the Penman-Monteith method, applying a correction factor of 0.7, as a function of being calculated with the external environment data, from the automatic meteorological station installed at 400 Meters of the greenhouse. The data obtained in the experiment were submitted to analysis of variance and regression and a positive response was verified to the water supply. However, in most of the analyzed parameters, the sunflower crop suffered a 20% deficit in the water supply without losses in the analyzed variables.

Keywords: *Helianthus annuus*. Phenological stage. Leaf area. Water restriction. Variation of yield.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ranking dos maiores produtores de girassol do mundo no ano de 2013	18
Tabela 2 - Produção obtida, área colhida e produtividade agrícola de girassol (aquênios) nos principais estados produtores. Safra 2014/ 2015.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Comportamento do Kc em culturas anuais, ao longo do ciclo de desenvolvimento.	27
Figura 2 - Ajuste da equação de AF em função da largura do limbo folhar de girassol (Helianthus annuus)	30
Figura 3 - Evolução da área folhar por planta de girassol em função de diferentes suprimentos de água, determinados pela evapotranspiração, onde: 120 representa o suprimento de 120% de água estimada pela ETc; 100 representa o suprimento de 100% de água estimada pela ETc; 80 representa o suprimento de 80% de água estimada pela ETc; 60 representa o suprimento de 60% de água estimada pela ETc; 40 representa o suprimento de 40% de água estimada pela ETc; e 20 representa o suprimento de 20% de água estimada pela ETc.....	31
Figura 4 - Análise de regressão da Área Folhar máxima, conforme os tratamentos de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 % de suprimentos de água, estimados pela ETc.....	32
Figura 5- Análise de regressão de dias para emissão de uma folha conforme os tratamentos de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 % de suprimentos de água estimado pela ETc.	33
Figura 6 - Análise de regressão do diâmetro do capítulo em função do suprimento de água estimado pela ETc nos tratamentos de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 % da ETc.....	34
Figura 7- Análise de regressão do acúmulo de massa seca em função dos diferentes suprimentos de água estimados pela ETc de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 %.....	35
Figura 8 - Análise de regressão da massa seca dos capítulos em função do suprimento de água estimado pela ETc de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 %.....	36
Figura 9 - Análise de regressão da massa seca das raízes em função do suprimento de água estimado pela ETc de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 %.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF. - Área Folhar

CV (%) – Coeficiente de Variação

ETc – Evapotranspiração máxima da cultura

ETP – Evapotranspiração potencial

Kc – Coeficiente de cultura

cm – centímetros

m - metros

mm – milímetros

R² - Coeficiente de Determinação

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Origem do girassol	14
2.1.1 Girassol no Brasil	15
2.1.2 Importância do girassol	16
2.1.3 Produção de girassol no Mundo e no Brasil	17
2.1.4 Fenologia e fenometria do girassol	19
2.2 Deficiência hídrica em plantas	21
2.3 Deficiência hídrica no girassol	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Cálculo de evapotranspiração da cultura	26
3.2 Análise de Área folhar (AF)	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5 CONCLUSÕES	38
6 REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O *Helianthus annuus*, originário da América do Norte, é uma planta cultivada em todo o mundo devido suas características de adaptação a diversas condições climáticas e ambientais. Torna-se, assim, uma cultura de grande importância econômica em diversos países, pois possui diversas finalidades econômicas. Praticamente todas as partes da planta podem ser aproveitadas. Seu principal produto é o óleo, que se destaca por ser de excelente qualidade e possui diversos atributos qualitativos (PELEGRINI, 1985).

No Brasil, o cultivo de girassol encontra muita resistência por parte dos agricultores, pois o mesmo competiria diretamente com outras culturas, principalmente o milho e a soja, que, do ponto de vista dos agricultores, são mais rentáveis. Porém, há de se levar em conta que o Brasil possui um grande potencial climático e ambiental para se tornar um dos principais produtores desta cultura (PELEGRINI, 1985. GAZZOLA, et. al., 2012).

A cultura do girassol apresenta uma importante característica muitas vezes desconsiderada: a adaptação. Ele adapta-se frente a diferentes e adversas condições climáticas. A cultura do girassol é conhecida por ter maior resistência a déficits hídricos e possui um sistema radicular mais desenvolvido. Quando está sob déficit hídrico, tem a capacidade de se expandir e explorar maiores volumes de solo e em maiores profundidades. Desta forma, supre a demanda por água e, conseqüentemente, reduz os eventuais prejuízos. Esse é um mecanismo de tolerância que nem todas as culturas possuem (ROSI, 1991, PELEGRINI, 1985, GAZZOLA, et. al., 2012).

Mesmo conhecida por ser mais tolerante ao déficit hídrico, poucos estudos avaliam e quantificam até que ponto a cultura do girassol tolera o déficit hídrico em volume, sem afetar diretamente ou indiretamente a sua produtividade.

Para verificar o comportamento da cultura do girassol sob diferentes déficits hídricos, realizou-se um experimento em casa de vegetação. A planta foi exposta a diferentes déficits hídricos, calculados a partir da evapotranspiração da cultura para analisar a resposta que o déficit hídrico exerce sob estas diferentes situações de estresse, quanto a fenometria e fenologia.

Assim com este trabalho, objetivou-se analisar o comportamento de uma cultivar de girassol em diferentes condições de déficits hídricos, analisando a

fenometria (estatura, área folhar, dimensão do capítulo), fenologia, massa seca da parte aérea, capítulos e raízes e a relação entre elas sob os diferentes déficits.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem do girassol

O girassol (*Helianthus annuus*), planta anual dicotiledônea, pertencente à família *asteraceae*, do gênero *Helianthus*, que deriva do grego *Helios*, que significa sol, e *anthus*, que significa flor ou “flor do sol”. Este gênero compreende a 49 espécies de girassol, das quais 12 são espécies possuem ciclo anual (CAVASIN JUNIOR, 2001. Apud. GAZZOLA, et. al., 2012). Alguns estudiosos acreditavam que o girassol era originário do Peru, pois foi ali que o girassol foi contemplado pela primeira vez pelos conquistadores europeus. Porém, com ajuda de pesquisas arqueológicas, sabe-se hoje que o seu centro de origem é a região oeste da América do Norte, mais precisamente nos estados do Arizona e Novo México, onde foram encontradas inscrições indígenas de flores de girassol em idade adulta. Com base nas mesmas pinturas, concluiu-se que essa planta já era cultivada a mais de 30 séculos antes do descobrimento europeu (PELEGRINI, 1985).

A domesticação do girassol começou pelos próprios indígenas norte-americanos, que o utilizavam com a finalidade de alimentação e como planta medicinal e decorativa (GAZZOLA, et. al., 2012).

Segundo Putt (1997, apud GAZZOLA, et. al., 2012) e PELEGRINI (1985), o girassol foi levado para o jardim botânico de Madri, na Espanha, por volta de 1510, para servir, inicialmente, como planta ornamental.

Da Espanha, o girassol se difundiu por diversos países europeus, africanos e asiáticos, como França, Itália, Egito, Índia, China e leste Europeu. Apenas no século XVIII o girassol foi citado, na Rússia, pela primeira vez como planta comercial. Iniciou-se aí um programa de fomento da cultura do girassol, com investimentos no setor de melhoramento genético da planta e extração de óleo (PELEGRINI, 1985). Assim, ele torna-se uma das culturas mais importantes daquele país no século XX, com produtividade de 9,03 milhões de toneladas colhidas em 2014. Ficou atrás apenas da Ucrânia, com produção de 10,13 milhões de toneladas colhidas no mesmo ano (FAO).

2.1.1 Girassol no Brasil

No Brasil, o cultivo do girassol iniciou-se por volta do século XIX, na Região Sul, trazida pelos imigrantes europeus (PELEGRINI, 1985). Porém, para Gozzola et. al. (2012), o cultivo comercial do girassol no Rio Grande do Sul obteve insucesso devido a forte competição o plantio da soja. Segundo Ungaro (1982), (apud. GAZZOLA, et. al., 2012), a primeira indicação de cultivo comercial do girassol foi em São Paulo, no ano de 1902.

Em 1937, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), iniciou estudos com o girassol. Mais tarde, pela década de 60, o governo estimulou o cultivo da oleaginosa, mas o mesmo não obteve sucesso devido à falta de mercado e tecnologia (GAZZOLA, et. al., 2012).

Segundo Pelegrini (1985) a cultura do girassol não conseguiu se estabelecer expressivamente, pois não conseguia competir com a cultura do milho, soja, amendoim e algodão.

Em seguida, no final da década de 1970, segundo Dall'agnol, Castiglione & Toledo (1994), (apud, GAZZOLA, et. al., 2012), o aumento de pesquisas relacionadas as oleaginosas, visando a produção de biodiesel a partir de óleos vegetais, deu início a um novo movimento, apoiado pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), que fomentava a implantação do cultivo do girassol no estado do Paraná. Porém, foi mais uma tentativa que não obteve êxito. Dessa vez, devido a ocorrência do ataque de doenças como a *Sclerotinia sclerotiorum*, que reduziu a produtividade das lavouras de 1800 kg ha⁻¹ para 460 kg ha⁻¹ nos anos de 1980 e 1983, respectivamente.

Segundo Leite (2005), (apud GAZZOLA, et. al., 2012), no início da década de 1990, novamente em São Paulo, por meio de uma indústria de óleos, propôs-se a fomentação da produção da oleaginosa. Novamente ocorreu um insucesso. No final da década, mais precisamente em 1998, a implantação da cultura finalmente obteve sucesso. Por intermédio de incentivo de cooperativas, a região sul viabilizou a implantação do girassol. Já na região centro-oeste, aproveitando as características de tolerância à seca e seu sistema radicular mais desenvolvido, a cultura do girassol se viabilizou como segunda safra e utilizou o mesmo maquinário das culturas da soja e milho. Trazendo consigo mais benefícios às indústrias de fabricação de óleos por oferecer produto na entressafra das culturas tradicionais.

A Companhia Nacional de Abastecimento, a CONAB, aponta os estados do Mato Grosso, Goiás e Rio Grande do Sul como os principais produtores da oleaginosa, com área estimada em 70 mil hectares, o que representa 90 % da produção nacional da mesma.

Segundo Pelegrini (1985), o girassol pode oferecer ao produtor rural a possibilidade da segunda colheita sobre a mesma área em um mesmo ano agrícola, de forma que consiga complementar a sua renda. Com isso, oferecerá matéria prima para as indústrias em época de entressafra ou de menor disponibilidade de matéria prima para produção de óleo.

2.1.2 Importância do girassol

O girassol é utilizado como planta medicinal, melífera, forrageira (produção de silagem), ornamental, produção de grãos (cipselas), adubação verde e planta melhoradora do solo (INMET, 2009).

O cultivo do girassol é realizado nos cinco continentes, pois apresenta algumas vantagens como a adaptação a diferentes condições climáticas. Além disso, ele oferece a possibilidade de ser cultivado fora da época de outras culturas tradicionais. Com isso, pode ser implantado o sistema de rotação de culturas. Vale destacar também o fácil manejo e o bom rendimento econômico na hora da comercialização (EMBRAPA, 2008).

De acordo com pesquisadores da Embrapa, o girassol é uma planta quase perfeita. Nela, quase tudo é aproveitável. Seu sistema radicular é responsável por uma considerada reciclagem de nutrientes, deixando uma boa cobertura orgânica no solo após a colheita. As hastes do girassol podem originar um excelente material para isolamento acústico ou, junto com as folhas, podem ser ensiladas e servir de ração para os animais.

Durante a floração, ele se revela uma excelente planta melífica. No processo de polinização um hectare pode produzir em torno de 20 a 40 kg de mel (EMBRAPA, 2008; PELEGRINI, 1985)

As cipselas (sementes/grãos) podem ser consumidos pelo homem ou por animais. Sua principal destinação é a extração de óleo que, por sua alta qualidade, é recomendado na prevenção de enfermidades cardiovasculares. Além disso, pode ser empregado na geração de biocombustíveis e na extração de proteína, comercializada

na forma de farinhas e farelos e usada na alimentação de humanos, aves, gado, porcos e animais domésticos (EMBRAPA, 2008; PELEGRINI, 1985).

Seu óleo é de coloração amarela clara e suporta baixas temperaturas sem se congelar. É empregado como matéria prima em diversas indústrias: nos enlatados mais finos de Portugal, para dar brilho aos produtos nas fabricas de lã e de vernizes, nas indústrias de perfumes e sabões finos, ao substituir a linhaça, etc. Em diversos países, como no Brasil, é utilizado na fabricação de biodiesel. O óleo de girassol se distingue dos demais óleos tradicionais, como o de soja, milho e amendoim devido sua concentração de ácidos graxos (PELEGRINI, 1985).

Um grande diferencial do óleo de girassol é a sua fácil digestão. Ele contém maior quantidade e qualidade de ácidos graxos insaturados. Por isso, é recomendado na alimentação de cardiologistas. Na Alemanha, o óleo de girassol é utilizado na margarina com o objetivo de substituir as gorduras saturadas pelas insaturadas (ROSI, 1991; PELEGRINI, 1985).

As cascas das cipselas também têm diversas utilizações. Podem ser empregadas na alimentação de ruminantes, utilizadas como matéria prima na substituição da madeira em caldeiras para geração de energia e, em alguns casos, é usada como cama para aviários e para o gado. Na indústria, é utilizada como matéria prima para fabricação de pranchas de fibra e material isolante (PELEGRINI, 1985).

Segundo Gazzola et. al. (2012), o girassol é a quinta oleaginosa em produção de matéria prima. Perde em produção para a soja, colza, algodão e amendoim. É considerada a quarta em produção de farelo, atrás da soja, colza e algodão e a terceira oleaginosa em produção de óleo, perdendo apenas para a soja e a colza.

2.1.3 Produção de girassol no Mundo e no Brasil

Por muitos autores, o Brasil é considerado um país com potencial para ser um dos maiores produtores de girassol do mundo. O girassol se adapta as grandes diversidades climáticas das diferentes regiões. Atualmente, no cenário internacional da produção desta oleaginosa, o Brasil não se encontra em uma posição animadora: numa lista liderada pela Ucrânia e Rússia, ocupando a 27^a posição na produção mundial (FAO, 2016).

Tabela 1 - Ranking dos maiores produtores de girassol do mundo no ano de 2013

Posição	Área	Produção (toneladas)
1	Ucrânia	11.050.480
2	Rússia	10.553.689
3	Argentina	3.104.420
4	China	2.423.241
5	Romênia	2.142.087
6	Bulgária	1.974.425
7	França	1.582.449
8	Turquia	1.523000
9	Hungria	1.484370
10	Tanzânia	1.083000
11	Espanha	1.029400
12	Estados Unidos	917.060
13	Cazaquistão	572.690
14	África do Sul	557.000
15	Servia	512.839
16	Republica de Moldova	504.497
17	Índia	504.000
18	Myanmar	360.000
19	Bolívia	338.500
20	Itália	285.233
27	Brasil	108.838

Fonte: FAO (2016)

Como mencionado anteriormente, o Brasil tem capacidade e potencial para ser protagonista na produção mundial de girassol. Mas está previsão, com o passar de algumas décadas, não se consagrou pelo fato de a cultura sofrer muitos empecilhos, especialmente a competição com outras culturas, como o milho e a soja. Segundo dados da CONAB, referentes a safra 2014/2015, a produção nacional de girassol concentrou-se na região Centro-Oeste do país. O principal produtor é o estado de Mato Grosso, com representação de 76% da produção nacional da oleaginosa. O estado do Rio Grande do Sul fica em quarto lugar, com representatividade de 3,46%. Ainda segundo a CONAB, a produção de girassol teve seu ápice na safra de 2013/14,

com a produção de 232,7 mil toneladas, caindo na safra subsequente para 153,2 mil toneladas, conforme dados expressos na TABELA 2. Esta redução se deu pela diminuição 39,8 mil hectares, ou 31,5%, da área semeada no estado do Mato Grosso. A estimativa para a safra de 2015/16 é ainda menor, com uma produção nacional estimada em 59 mil toneladas, devido a uma nova redução de 85% na área de semeadura no estado do Mato Grosso.

Tabela 2 - Produção obtida, área colhida e produtividade agrícola de girassol (aquênios) nos principais estados produtores. Safra 2014/ 2015

Estados ¹	Produção (Em mil t)	RELAÇÃO (%)		Área (Em mil ha)	P. A. ⁴ (Kg/ha ⁻¹)
		E/P ²	EA/C ³		
1 MT	116,50	76,04	-	86,40	1.348
2 MG	20,5	13,38	89,43	14,0	1.465
3 GO	10,3	6,72	96,15	7,4	1.386
4 RS	5,3	3,46	99,61	3,3	1.617
5 MS	0,6	0,39	100,00	0,4	1.500
BRASIL	153,20	100,00	100,00	111,50	1.463,2

¹ Estados classificados por volume de produção.

² E/P = participação percentual do estado em relação ao Brasil.

³ EAC = participação percentual acumulada dos estados em relação ao Brasil.

⁴ P.A. = produtividade agrícola.

Fonte: CONAB (2016).

2.1.4 Fenologia e fenometria do girassol

As fases de desenvolvimento do girassol se dividem em vegetativa (VE, V1, V2, Vn...) e reprodutiva (R1 ao R9). A fase vegetativa compreende o período da germinação até o aparecimento do botão floral. A fase reprodutiva, do aparecimento do botão floral até a colheita, e está subdividida em floração, enchimento de grãos e maturação fisiológica (CASTIGLIONI, et. al 1997).

Na fase vegetativa, VE é o período do plantio até o aparecimento da primeira folha, que deve ter mais de 4 cm de comprimento. Já os estádios Vn correspondem ao aparecimento de folhas verdadeiras com comprimento maior que 4 cm, sendo definidos V1, V2, V3 e assim por diante até Vn que é o número de folhas verdadeiras.

As folhas ausentes ou senescentes devem ser consideradas contando as cicatrizes no caule (CASTIGLIONI, et. al. 1997; GAZZOLA, et. al. 2012).

Na fase reprodutiva ocorre o aparecimento do broto floral, denominado de fase R1. A fase R2 refere-se ao alongamento deste broto floral, no qual o distanciamento da última folha até o broto floral deve ser de 0,5 a 2,0 cm. A fase R3 está relacionado a segunda fase do alongamento do broto floral. Nela, a distância entre o broto floral e a última folha do caule deve ser maior que 3 cm. A fase R4 compreende ao início da fase floral no qual se destaca o aparecimento das primeiras brácteas, que em maior frequência são de cor amarelada. A fase R5 (R5.1, R5.2, R5.3, ...R5.9), é a segunda fase do florescimento. Ela é dividida em subfases: a fase R5.1 refere-se a abertura de 10% das flores do capítulo, R5.2 refere-se a abertura de 20% das flores do capítulo, até o R5,9, que representa 90% da abertura das flores do capítulo. A fase de plena floração é na qual 50% das flores do capítulo estão abertas, ou seja, a fase de R5.5. Na fase R6, inicia-se a terceira fase ou floração final, que é a abertura de todas as flores tubulares. Na fase R7 dá-se o início do desenvolvimento dos aquênios. O dorso do capítulo muda de cor nesta fase: do verde para o amarelo claro. Na fase R8, inicia a segunda fase do desenvolvimento dos aquênios. Nela, o dorso do capítulo torna-se amarelo escuro, porém as brácteas continuam com sua coloração verde. Na R9, ocorre a maturação fisiológica dos aquênios. Esta fase se distingue da anterior pela mudança de coloração nas brácteas: da coloração verde para a amarela e/ou castanha. (CASTIGLIONI, et. al 1997)

A planta de girassol possui uma haste única, sem ramificações. Sua estatura que pode variar entre 60 a 220 cm, com um diâmetro de 1,8 e 5 cm na porção próxima do solo. Possuem os 3 primeiros pares de folhas opostos e subsequentes alternadas. Quanto mais próximo do ápice apical, as folhas vão se transformando e ficam com formato mais triangular. E as últimas folhas se transformam em brácteas do involúcro do capítulo. O número de folhas pode variar de 12 a 40, dependendo da cultivar ou da variedade (GAZZOLA, et. al., 2012)

Segundo Rosi (1998 apud, GAZZOLA, et. al., 2012), o girassol possui inflorescência do tipo capítulo. O diâmetro médio do capítulo em uma lavoura comercial pode variar entre 17 e 22 cm, dependendo do material genético implantado e das condições ambientais ao qual a cultura está submetida.

Segundo Gazzola et al. (2012), o girassol, em condições ambientais ideais, pode ter um acúmulo de até 14 toneladas de matéria seca por hectare cultivado, com o caule como o principal componente deste acúmulo de massa seca.

2.2 Deficiência hídrica em plantas

O déficit hídrico afeta o crescimento e desenvolvimento de culturas em todo mundo. Esta deficiência provoca alterações no comportamento vegetal, podendo ser irreversível dependendo do estágio de desenvolvimento da planta e da severidade do déficit e do genótipo envolvido (SANTOS; CARLESSO; 1998).

Segundo Matzenauer, et. al. (1995), (apud BEGG e TURNER, 1976), não pode-se obter resposta das plantas quanto ao déficit hídrico no seu desenvolvimento e crescimento, mas existem fortes evidências que plantas de crescimento determinado são sensíveis ao déficit a partir da iniciação floral até a maturação fisiológica do fruto e/ou grão.

Segundo Carvalho, et. al. (2013), para reduzir as perdas das culturas, é importante determinar e compreender a necessidade hídrica das plantas e quantificar esse volume para definir o período em que a planta tem maior suscetibilidade ao déficit hídrico. Para esse fim, a evapotranspiração e o coeficiente de cultura (KC), são de fundamental importância, pois estabelecem a quantidade de água necessária para a cultura.

As plantas sob déficit hídrico apresentam mudanças em relação as demais sem déficit em sua anatomia, fisiologia e bioquímica. Essas mudanças dependem do grau e da duração do déficit e, principalmente, do tipo de planta, pois cada uma responde diferentemente ao déficit hídrico, afetando os processos de forma diferente em cada cultura. Mas, de modo geral, o primeiro comportamento das plantas sob déficit hídrico é a diminuição na divisão e expansão celular. Isso afeta diretamente a expansão folhar ou a interrompe, a ponto de prejudicar a formação de fotoassimilados (DUARTE, 2012).

No Rio Grande do Sul, a produção agrícola tem grande correlação com as variações meteorológicas e climáticas. Dentre destes, o que mais afeta a produção, e com maior frequência, é a deficiência hídrica (MATZENAUER, et. al. 1995). Segundo Matzenauer, et. al. (1995), (apud, CUNHA e BERGAMASCHI, 1992), os efeitos do

déficit hídrico sobre o rendimento da cultura vão depender da época de ocorrência do déficit, da intensidade e duração do mesmo.

2.3 Deficiência hídrica no girassol

Segundo Gazzola, et. al. (2012) o girassol não apresenta uma regulação adequada no consumo de água. Esse fato se dá pela baixa resistência estomática causada pelo limbo folhar com grandes números de estômatos e de grandes dimensões, trazendo uma baixa eficiência no uso da água. Com isso, cada litro de água extraído do solo agrega em torno de 2 g de massa seca. O consumo de água varia durante as fases de desenvolvimento, atingindo valores entre 0,5 e 0,7 mm dia⁻¹ e pode chegar de 6 a 8 mm dia⁻¹ durante a floração e, em alguns casos, ultrapassa os 10 mm dia⁻¹, o que, em resultados finais, acaba variando de 600 a 1000 litros por ciclo, dependendo de condições ambientais do material genético implantado. Porém, o volume de 400 a 600 mm de água bem distribuídos durante o ciclo podem trazer rendimentos muito próximos ao potencial máximo da cultivar.

Segundo Pelegrini (1985), mesmo apresentando diversas utilidades, como matéria prima na indústria, na alimentação e recuperação de solo entre outras, o principal atrativo do girassol para os agricultores é a adaptação da cultura ao clima e sua respectiva tolerância a períodos de estiagem. Isso, sem dúvida, é decisivo na escolha dessa cultura.

O girassol é uma planta pivotante, formada por uma raiz principal e abundantes raízes secundárias, o que possibilita maior exploração de solo em volume. Seu sistema radicular pode alcançar 4 metros de profundidade, o que possibilita maior absorção de água do solo, dando-lhe maior resistência em períodos de estiagem (ROSI, 1991).

Segundo Pelegrini (1985), diferente da maioria das plantas oleaginosas cultivadas, que são limitadas por diversas restrições climáticas, o girassol tem maior capacidade de adaptação, principalmente durante as pequenas estiagens.

Segundo o mesmo autor, existem diversos relatos de agricultores dos Estados Unidos, centro de origem da cultura, que o girassol é mais resistente a secas se comparado ao milho, soja, trigo, sorgo e algodão. Esta resistência está relacionada as características de suas raízes, que permitem a exploração de uma área maior de solo, isso dá a elas a possibilidade de encontrar água em solo profundo.

Os casos de estresse hídrico são determinantes no rendimento do girassol, um dos maiores efeitos residem sobre a área folhar. Como mecanismo de defesa para diminuir a evapotranspiração e o conseqüentemente o consumo da água, a expansão folhar é prejudicada. Quando este estresse ocorre no início do crescimento da planta, ela desenvolve-se moderadamente, o que leva-a diminuir em tamanho e número de folhas. Porém, quando esse fenômeno ocorre durante o período próximo da floração, ou durante a floração e enchimento de grãos, há uma queda na produção considerável, uma vez que a produtividade tem relação com a área folhar durante o período de antese. Com a diminuição da área folhar, a diminuição da produtividade certamente é menor (GAZZOLA, et. al., 2012).

O déficit hídrico provoca mudanças na relação fonte dreno da planta. As raízes passam a ser dreno de nutrientes, aumentando seu tamanho na busca de umidade num maior volume de solo. Essa mudança incrementa massa seca nas raízes e diminui ou cessa o crescimento da parte aérea (GAZZOLA, et. al., 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento de campo foi desenvolvido em casa de vegetação na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo. Localizada a aproximadamente 500 m à oeste do Bloco “A” do Campus (latitude: 27°08' S; longitude: 54°45' O; altitude: 258 m).

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida (MORENO, 1961). As normais climatológicas da estação mais próxima (São Luiz Gonzaga, 36km em linha reta) indicam temperaturas médias mensais que variam dos 14,6°C, em junho, até 24,9°C, em janeiro, com média anual de 19,8°C. A precipitação média mensal varia de 118,3 mm em maio, à 180,2 mm em junho, com um total anual médio de 1770,9 mm (INMET, 2016). Durante o período experimental, os dados meteorológicos foram continuamente monitorados com uma estação meteorológica automática, da marca Davis, modelo Vantage Pro 2, instalada à cerca de 400 m do local do experimento.

O delineamento experimental escolhido foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições. Com 6 tratamentos, sendo eles o suprimento de 120%, 100%, 80%, 60%, 40% e 20% da evapotranspiração diária por meio da irrigação. Sendo assim, o experimento foi composto por 24 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída de 1 vaso com capacidade para 11 litros de substrato comercial, e em cada continha uma planta de girassol

O volume de água foi determinado pelo Cálculo da evapotranspiração, através do método de Penman-Monteith, aplicando-se um fator de correção de 0,7, em função de ser calculada com os dados provenientes da estação meteorológica, localizada em ambiente externo ao da casa de vegetação.

As plantas receberam, duas doses de fertirrigação para o suprimento das necessidade de nutrientes da cultura aos 35 e 62 dias após emergência.

Semanalmente foram realizadas observações fenométricas (dimensão e número de folhas, área folhar e altura das plantas) em todas as plantas. A área folhar (AF, em cm²), foi estimada com base na dimensão de largura máxima das folhas, adotando o modelo, conforme metodologia de Maldaner et al. (2009), calibrado para a cultivar.

Foram realizadas observações fenológicas, obedecendo aos critérios de Schneiter e Miller (1981) e Fagundes et al. (2007). Os seguintes fenômenos e variáveis de desenvolvimento do girassol foram, respectivamente, observados e determinados:

Emissão de folhas: o número de folhas visíveis na haste principal foi contado duas vezes por semana. Considerar-se-á uma folha visível quando o limbo apresentar no mínimo 4,0 cm de comprimento (FAGUNDES et al., 2007).

Número final de folhas na haste principal: nas mesmas plantas marcadas foi contado o número final de folhas quando da ocorrência da antese.

Datas de ocorrência dos estágios de desenvolvimento na fase reprodutiva: também nas mesmas plantas marcadas foi identificada a data de ocorrência dos estágios R1, R2, R3, R4, R5 (e seus decimais: R5.1, R5.5 e R5.9) e R6, seguindo a escala proposta por Schneiter e Miller (1981).

A massa seca da parte aérea, capítulo e de raízes foi determinada por ocasião da ocorrência do Estágio R6. As raízes foram lavadas em água corrente para a remoção do substrato e, posteriormente, secadas em estufa à 60°C até peso constante, para posterior pesagem. A parte aérea e capítulos foram separados e secos em estufa à 60°C até peso constante, e após pesados em balança de precisão.

Após a tabulação dos dados, foi procedida a análise de variância (ANOVA) pelo teste F e, havendo diferença significativa, os dados foram submetidos à análise de regressão.

O experimento foi implantado no dia 15 de outubro de 2015, com emergência no dia 20 de outubro de 2015. Foram semeadas 4 sementes por unidade experimental da variedade Comercial Águara 6, com índice de germinação de 96%, conforme teste realizado e conduzido no laboratório de fisiologia vegetal da própria universidade.

As unidades experimentais foram compostas de 24 vasos, com mistura de substrato de casca de arroz e solo (latossolo vermelho distroférico típico), na proporção de 6 porções de substrato para 4 de solo, com a finalidade de proporcionar maior agregação ao substrato.

Após a semeadura, as unidades experimentais foram identificadas conforme a quantidade de déficit hídrico empregada em cada uma e, seguindo sorteio inteiramente casual, foram dispostas em seis linhas com distanciamento de 0,7 m entre linhas e 0,33 m entre plantas.

A emergência (VE), ocorreu após 4 dias da semeadura, sendo considerado a data de VE quando apareceu a primeira folha sobre os cotilédones com dimensão inferior a 4 cm, seguindo a metodologia proposta por Castiglioni et al. (1997).

Após 3 dias da data da VE, foi realizado o desbaste, deixando apenas a planta mais vigorosa em estatura por unidade experimental. Aos 35 e 62 dias após a emergência, foram realizadas duas fertirrigações, de modo a suprir a exportação da cultura conforme as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004). Nessa ocasião, foram oferecidos os seguintes nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio e Boro.

Até o estágio vegetativo V3, atingido no dia 07 de novembro de 2015, todas as unidades experimentais receberam o mesmo volume de suprimento de água por irrigação, através da utilização do método microaspiração. Após essa data, implantou-se o déficit hídrico, respeitando o sorteio de cada tratamento. O suprimento foi realizado a cada dois dias durante o ciclo vegetativo. Durante o ciclo reprodutivo, devido a maior fragilidade e altas temperaturas, o suprimento foi realizado diariamente.

3.1 Cálculo de evapotranspiração da cultura

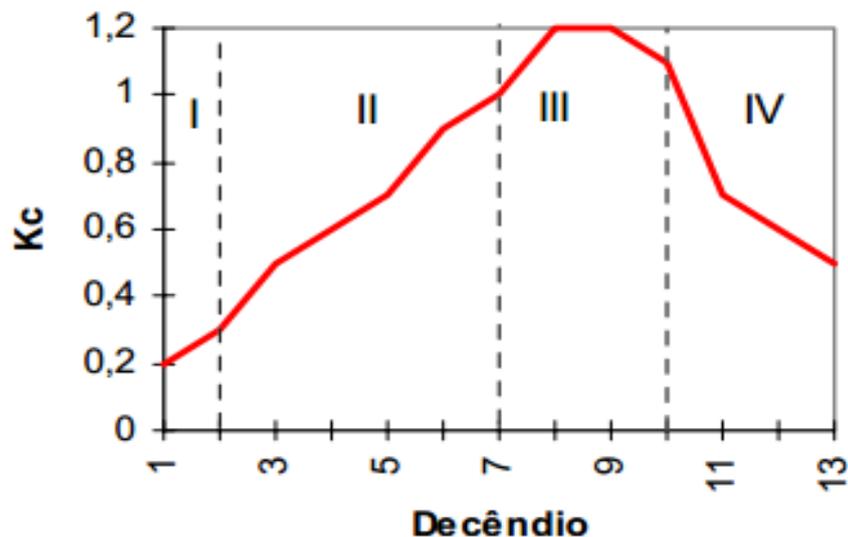
Para o cálculo do volume de água para a irrigação, utilizou-se a evapotranspiração máxima da cultura (ET_c). Segundo Pereira et al. (2007), é a quantidade de água utilizada por cada cultura em cada fase de seu desenvolvimento desde a semeadura até a colheita, que é dada por:

$$Etc = Kc * ETP,$$

onde: K_c é o coeficiente de cultura e ETP é a evapotranspiração potencial. O K_c é um valor que varia com as fases fenológicas da cultura e a ETP é calculada pelo método de Penman-Monteith.

Em culturas anuais, o K_c aumenta conforme o aumento do índice de área folhar, até atingir um valor máximo e, posteriormente, decresce conforme a senescência da planta (PEREIRA et al. 2007), como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1- Comportamento do Kc em culturas anuais, ao longo do ciclo de desenvolvimento.



Fonte: Pereira et al. (2007)

Sendo assim, o Kc é estimado conforme o IAF, iniciando em patamares baixos, próximos de 0,20, durante a emergência, e chega a 1,20 no período reprodutivo e decai novamente no período da maturação. Desta forma, Pereira et al. (2007), dividiram o ciclo das plantas em 4 grupos, que podem ser vistos na figura 1, e esta foi a metodologia aplicada para o experimento.

Segundo Pereira et al. (2007), a ETP pode ser estimada por diferentes métodos, mas depende de alguns fatores. O principal deles são os dados meteorológicos. Porém, a UFFS, campus Cerro Largo, dispõe de estação meteorológica automática e disponibiliza os dados necessários, com leituras a cada 10 minutos, o que garante boa confiabilidade.

Para o experimento foi utilizado o método de Penman-Monteith. Segundo Pereira et al. (2007), este método é micrometeorológico e descrito por Monteith, no ano de 1965, e adaptado por Allen et al. (1994). Foi criado no ano de 1989 para poder fazer estimativas da ETP em escala diária. Este é o método padrão utilizado pela FAO. (Pereira et al., 2007, apud, Allen et al., 1994), no qual a ETP é dada em mm dia^{-1} , para seu cálculo é utilizada a equação apresentada a seguir.

$$ETP = \frac{0,408 s (R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 275}}{s + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$$

em que: R_n é a radiação líquida total diária ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); $\gamma = 0,063 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ (constante psicométrica); T é a temperatura média do ar em $^\circ\text{C}$; U_2 é a velocidade do vento a 2 m do nível do solo em m s^{-1} ; e_s é a pressão de saturação de vapor kPa ; e_a é a pressão parcial de vapor kPa ; s é a declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar em $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$, para o cálculo do s (declividade da curva de pressão de vapor), e_s (pressão de saturação de vapor), e e_a (pressão parcial de vapor), utiliza-se as equações apresentadas abaixo.

$$s = \frac{4098 e_s}{(T + 237,3)^2}$$

$$e_s = 0,6108 10^{(7,5T/237,3+T)}$$

$$e_a = (e_s UR) / 100$$

A partir do resultado destes cálculos, fez-se o suprimento da demanda de água conforme os tratamentos de 120%, 100%, 80%, 60%, 40% e 20% da evapotranspiração, sendo estes valores supridos de dois em dois dias da fase V3 de desenvolvimento até fase R6 reprodutiva.

Porém, devido aos dados meteorológicos utilizados para o cálculo da evapotranspiração serem obtidos em ambiente externo a casa de vegetação, foi necessário aplicar um fator de correção para o ambiente interno, no qual estes fatores meteorológicos variam. Segundo Martins (1992, Apud TEIXEIRA Et. al. 2011), aplicou-se um fator de correção de 0,7 para calibrar o volume de água a ser fornecido para dentro da casa de vegetação. Segundo o mesmo autor, isto se dá devido a uma menor evapotranspiração, influenciada pela opacidade da cobertura plástica para com a radiação solar e a ausência de ventos, fatores que influenciam a evapotranspiração

das plantas. Esses fatores foram destacados por Pereira et al. (2007), eles chamam atenção para incidência de radiação solar que é absorvida e refletida pelo plástico.

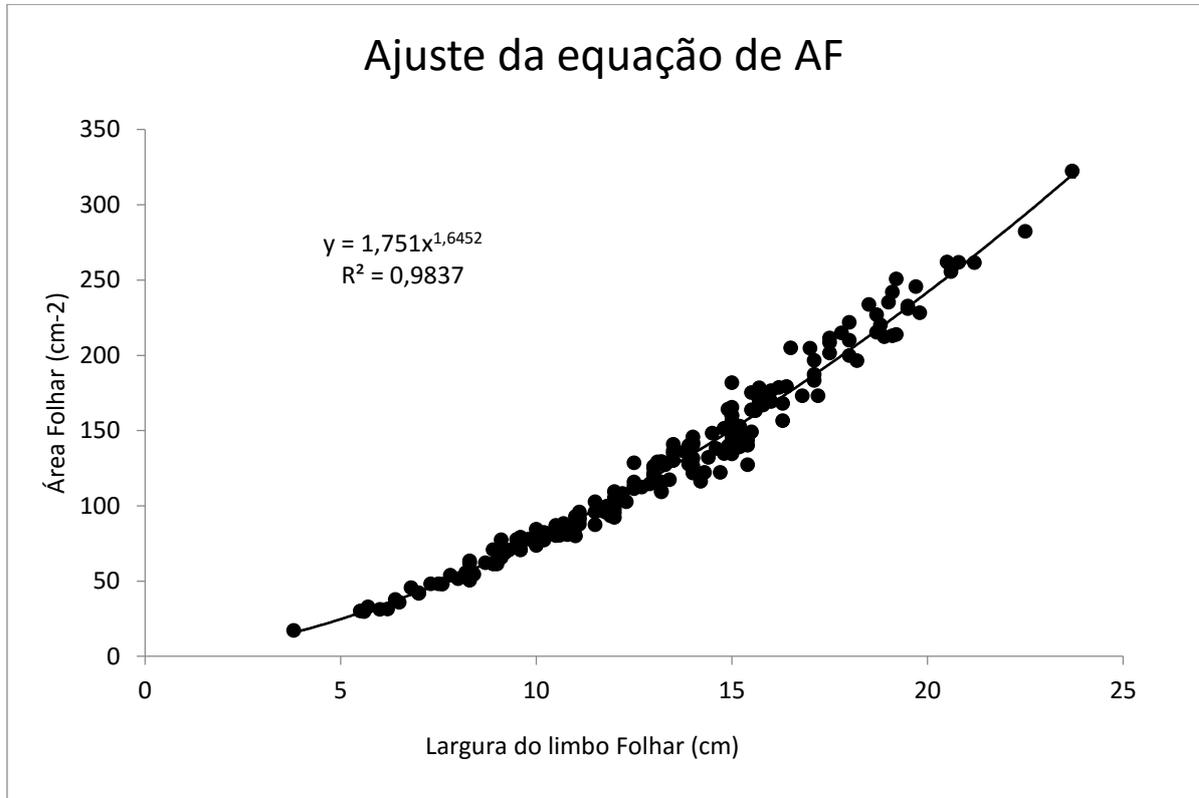
3.2 Análise de Área folhar (AF)

Para o cálculo da Área Folhar (AF), utilizou-se o modelo calibrado para a cultura, conforme metodologia de Maldaner et al. (2009). Conforme a equação: $AF = 1,7582 L^{1,7067}$, em que L representa a largura máxima da folha (cm). Para o ajuste da equação do cálculo da área folhar, foi realizado método dos discos, utilizando-se 200 folhas de dimensões variadas, colhidas de forma aleatória, em plantas cultivadas fora do experimento, de mesmo genótipo, especialmente para estes fins. Foram extraídos discos de área conhecida igual a $1,7 \text{ cm}^2$. Estes discos foram contados, separados do resíduo da folha, acondicionados em sacos de papel e levados a estufa de secagem até peso constante. O resíduo da folha também foi acondicionado em sacos de papel e levado para a estufa até atingir peso constante. Após a pesagem dos discos e dos resíduos, aplicou-se o cálculo para determinar a área folhar de cada folha pela seguinte fórmula:

$$AF = \frac{\text{número de discos} \times \text{área do disco} \times \text{massa seca total}}{\text{Massa seca dos discos}}$$

Após a tabulação dos valores de área folhar, aplicou-se um gráfico de dispersão, relacionando a largura do limbo e a área folhar, para determinar a equação que representa-se melhor a relação entre largura e área folhar, que foi a equação potencial com coeficiente de determinação (R^2), igual a 0,9837, e expressa pela equação $y = 1,751x^{1,6452}$, na qual “x” representa a largura do limbo folhar, e “y” a AF, conforme pode ser visto na Figura 2. A partir dessa informação, pode-se calcular de forma não destrutiva a AF e a evolução da mesma, utilizando apenas a largura da folha medida no experimento semanalmente.

Figura 2 - Ajuste da equação de AF em função da largura do limbo folhar de girassol (*Helianthus annuus*)



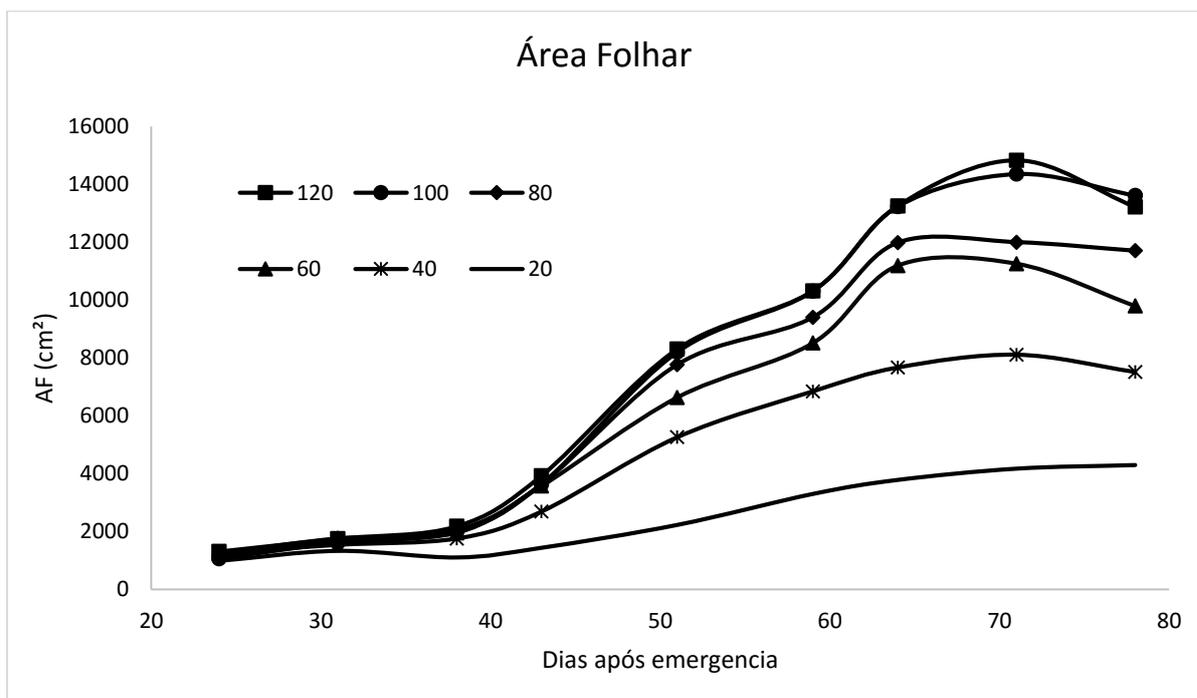
Fonte: Elaborado pelo autor

Semanalmente, foram coletadas as dimensões fenométricas das folhas de todas as unidades experimentais (comprimento e largura do limbo folhar) e, a partir da equação de área folhar ajustada pelo método dos discos, descrita anteriormente, foi realizado o cálculo da AF semanalmente em todas as unidades experimentais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Acompanhando a evolução da AF durante todo o desenvolvimento da cultura de girassol que está demonstrada na Figura 3, constatou-se que nas medições realizadas no dia 27 de novembro, ou seja, 38 dias após a data de emergência, não havia diferença significativa entre os tratamentos. Após essa data, houve, gradativamente, um maior incremento em AF conforme o aumento do suprimento de água, sendo que no final do período experimental, que ocorreu no dia 06 de janeiro de 2016, o tratamento que obteve a maior AF foi o que teve o suprimento de 100 % de água estimada pela ETc. Este resultado não diferiu do tratamento com suprimento de 120 % de água estimada pela ETc. Porém, esses dois diferiram de todos os demais tratamentos de forma decrescente em relação ao suprimento de água pelo teste de Scott-Knott a um nível de confiança de 5%, sendo o coeficiente de variação (CV) de 7,7 %.

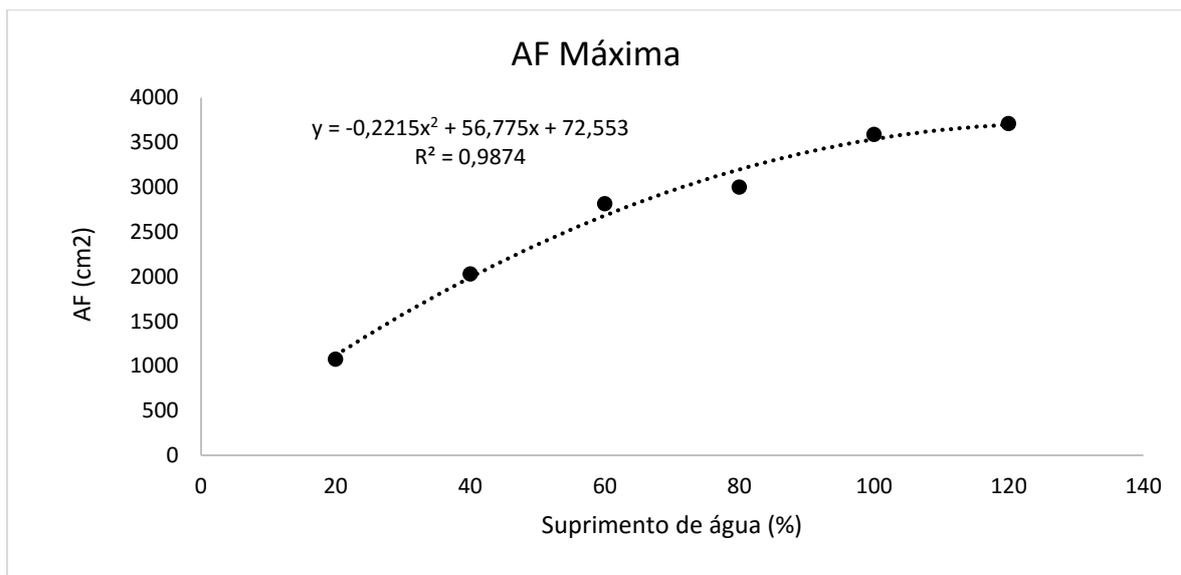
Figura 3 - Evolução da área folhar por planta de girassol em função de diferentes suprimentos de água, determinados pela evapotranspiração, onde: 120 representa o suprimento de 120% de água estimada pela ETc; 100 representa o suprimento de 100% de água estimada pela ETc; 80 representa o suprimento de 80% de água estimada pela ETc; 60 representa o suprimento de 60% de água estimada pela ETc; 40 representa o suprimento de 40% de água estimada pela ETc; e 20 representa o suprimento de 20% de água estimada pela ETc



Fonte: Elaborado pelo autor

A AF máxima foi atingida por cada tratamento entre os 64 e 78 dias após a emergência, que culminou no final do período experimental, no dia 6 de janeiro de 2016, como pode ser observado na Figura 3, que mostra a evolução da AF do início das avaliações até o final do período experimental. A mesma variou conforme o suprimento da água, sendo constatado a máxima AF no tratamento que recebeu o suprimento de 120% da água estimada pela ET_c, com o tamanho de 3.708,5 cm². O tratamento com o suprimento de 20% de água estimada pela ET_c, teve a menor AF, com a medida de 1075,2 cm². Os dados obtidos a partir da análise de variância foram submetidos a uma regressão, na qual o melhor ajuste ocorreu com equação polinomial de segundo grau, conforme visto na Figura 4, com R² igual a 0,98. Os resultados obtidos vão de encontro a que argumenta Gazzola et al. (2012), segundo os autores o estresse hídrico diminuía expansão folhar, e conseqüentemente a AF, podendo ser considerado um mecanismo de defesa da planta para diminuir a perdas de água pela evapotranspiração. Sendo assim os resultados corroboram com os encontrados por Dutra et al. (2012), no qual submeteram as plantas de girassol a diferentes capacidades de retenção de água, no qual os maiores teores de água produziram um maior número de folhas e maior AF.

Figura 4 - Análise de regressão da Área Folhar máxima, conforme os tratamentos de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 % de suprimentos de água, estimados pela ET_c.

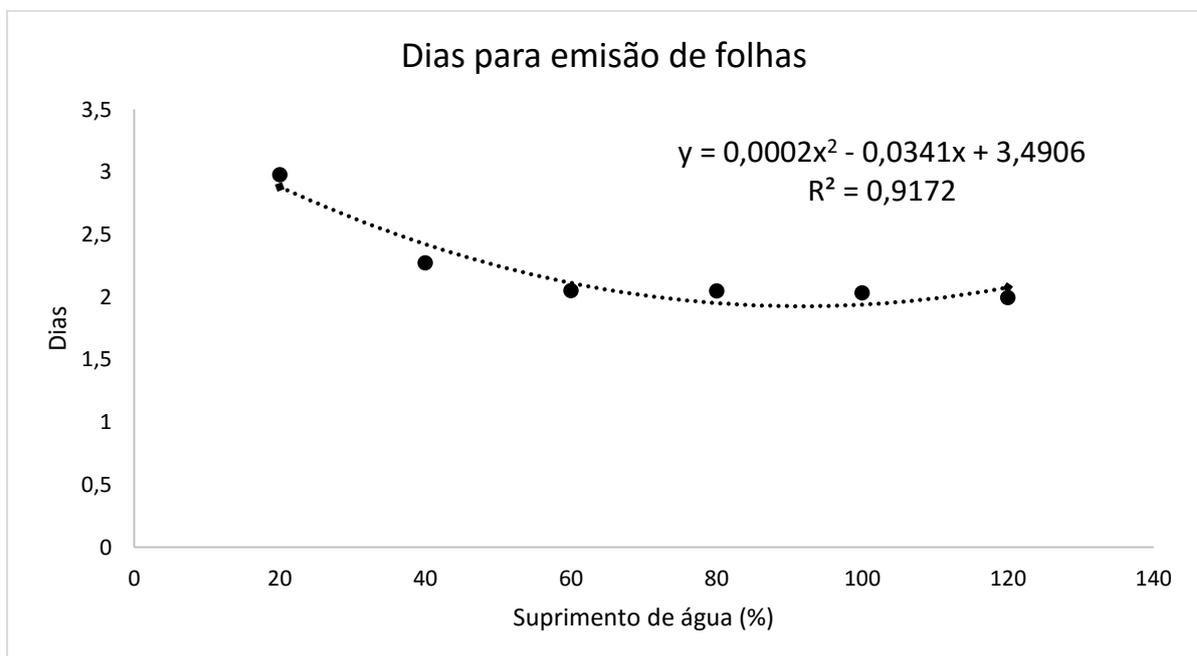


Fonte: Elaborado pelo autor

Dois vezes por semana foi realizada a contagem de folhas visíveis. Considerou-se uma folha visível aquela em que o limbo folhar apresenta, no mínimo,

4,0 cm de comprimento (FAGUNDES et al., 2007). Após a tabulação dos dados, efetuou-se a análise de variância com CV (%) de 6,2. O tratamento submetido ao suprimento de 120 % da água calculada pela ETc obteve emissão de folhas mais rápido em relação aos demais tratamentos, com uma emissão a cada 1,998 dias. Por último, o tratamento que demorou em média um tempo maior para emitir uma folha foi o que recebeu o menor suprimento de água, 20 % da ETc, com a emissão de uma folha a cada 2,980 dias. A partir dessa observação, foi realizada a análise de regressão, que pode ser observada na Figura 5. A análise de regressão que melhor se adaptou as variáveis foi a equação polinomial de segunda ordem com R^2 de 0,92. Desta forma, o resultado corrobora com o encontrado por Dutra et al. (2012), que encontraram um maior número de folhas, quando as plantas são submetidos a maiores volumes de água.

Figura 5- Análise de regressão de dias para emissão de uma folha conforme os tratamentos de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 % de suprimentos de água estimado pela ETc.

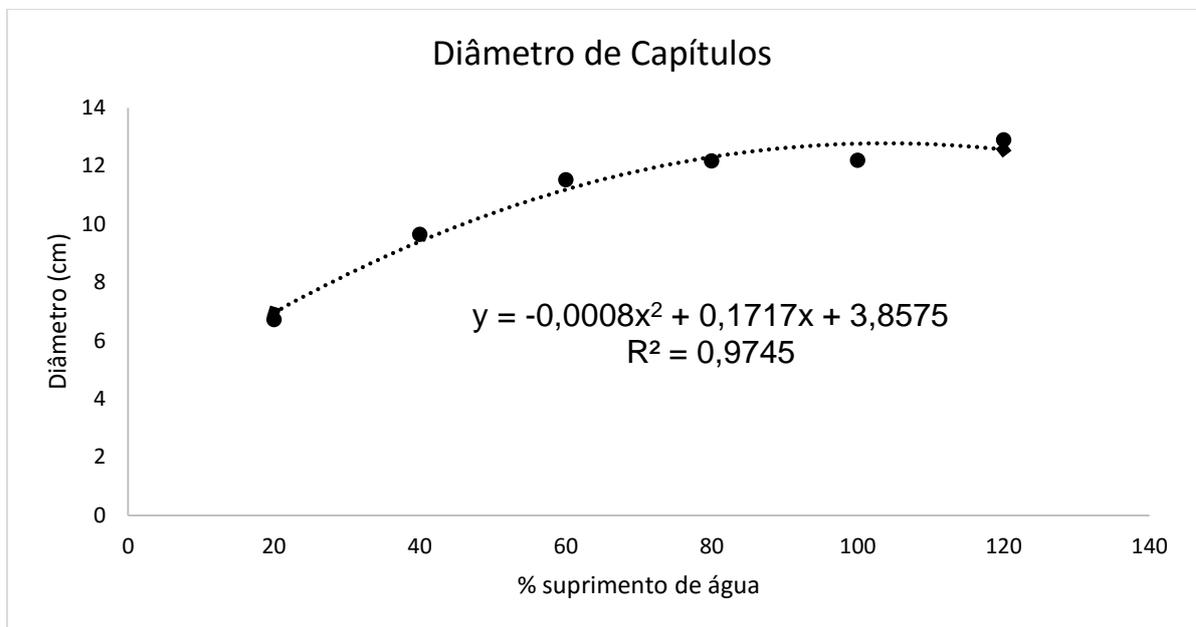


Fonte: Elaborado pelo autor

Na ocasião do estágio reprodutivo R6, foi coletado, com auxílio de paquímetro digital, o diâmetro de capítulo de todas as plantas do experimento. Os valores encontrados foram submetidos a análise de variância, apresentando um CV (%) de 4,99. O tratamento que obteve maior diâmetro de capítulo foi o que recebeu maior quantidade de água, ou seja, 120 % pela ETc, e seu diâmetro foi de 12,90 cm. Já o

tratamento com suprimento de 20% de sua ETc, obteve os menores capítulos, com diâmetro de 6,73 cm. Com esses dados, realizou-se a análise de regressão. A equação com melhor ajuste foi a polinomial de segunda ordem, com R² de 0,97, conforme pode ser observado na Figura 7. Esse resultado é concordante com os apresentados por Silva et al. (2007), no qual a maior lâmina de água aplicada de 522,14 mm dia⁻¹, proporcionou maiores diâmetros de capítulos. Também Nobre et al. (2010), constataram um aumento de 48,8%, no diâmetro de capítulos, quando estes submetidos no intervalo de 40 a 120% da necessidade hídrica.

Figura 6 - Análise de regressão do diâmetro do capítulo em função do suprimento de água estimado pela ETc nos tratamentos de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 % da ETc.



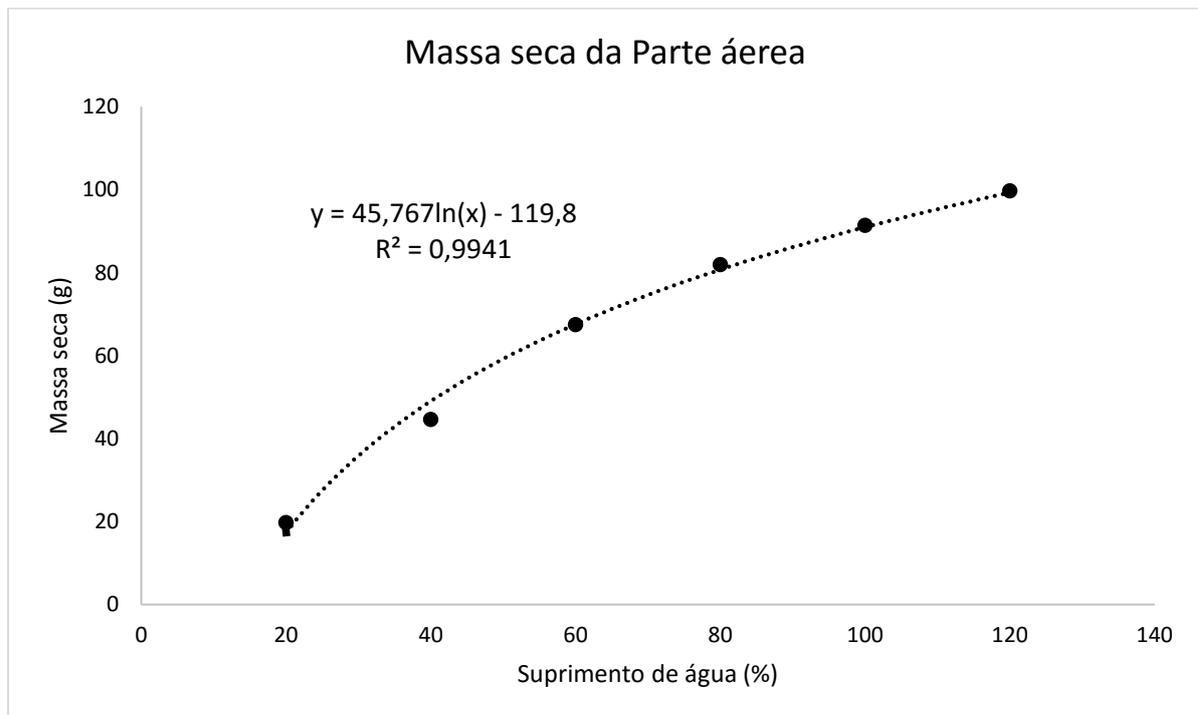
Fonte: Elaborado pelo autor

Semanalmente foram acompanhados os estágios de desenvolvimento da cultura, e após a ocorrência do estágio R6 (estágio reprodutivo), que ocorreu nos dia 6 de janeiro de 2016, todas as plantas foram cortadas rente ao solo para determinar o acúmulo de massa seca da parte aérea. Para isso, todas as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para a estufa de secagem até adquirir peso constante. Logo após, os dados foram tabelados e procedeu-se com a análise de variância, sendo o CV (%) de 9,2. O tratamento que recebeu o suprimento de 120% de água pela ETc foi o que obteve maior acúmulo de massa seca da parte aérea, com 99,74 g. Portanto, o tratamento com menor acúmulo e massa seca foi o

que recebeu o suprimento de 20% de água calculado pela ETc, e seu acúmulo médio de massa seca é de 19,73 g.

Realizando a análise de regressão a partir dos dados apresentados, o melhor ajuste ocorreu por meio de regressão logarítmica, sendo o acúmulo de massa seca representado por $y = 45,767\ln(x) - 119,8$, com R^2 de 0,99, como pode ser visto na Figura 7. Esses resultados corroboram o obtidos por Nobre et al. (2010), que encontraram uma redução de 280% na fitomassa do girassol quando submetido a déficit hídrico de 120 % em relação a 40% da necessidade hídrica.

Figura 7- Análise de regressão do acúmulo de massa seca em função dos diferentes suprimentos de água estimados pela ETc de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 %.

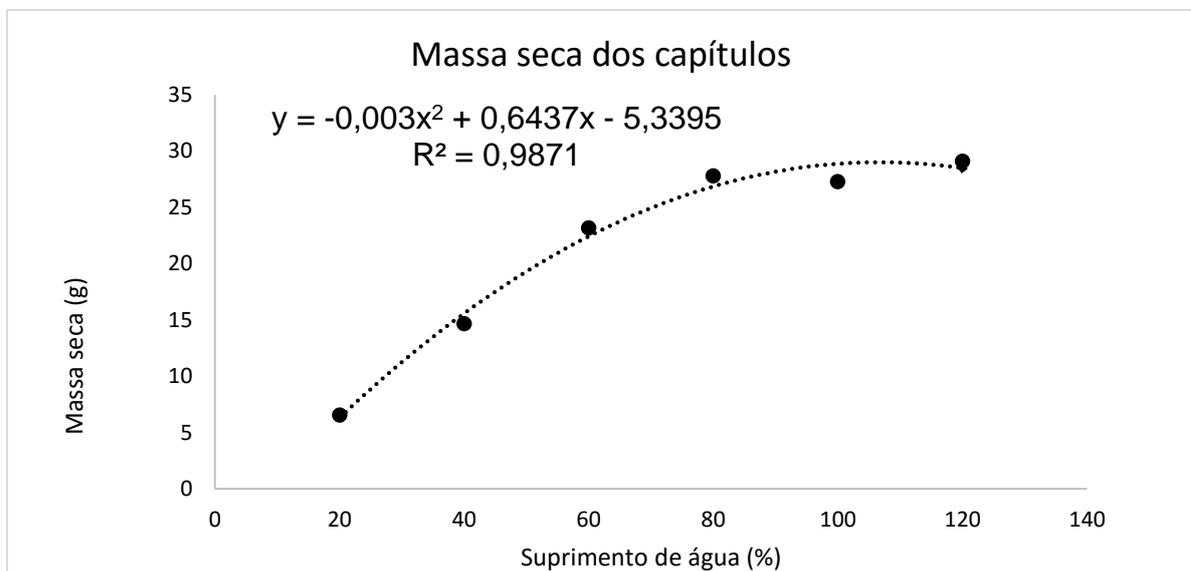


Fonte: Elaborado pelo autor

Além da análise de acúmulo de massa seca da parte aérea, foi analisado também o acúmulo de massa seca dos capítulos. Para isso, na ocasião do corte das plantas e medição do diâmetro dos capítulos, eles foram separados, colocados em sacos de papel e colocados na estufa de secagem. Permaneceram aí até adquirirem peso constante. Assim, após a tabulação dos resultados, foi procedida a análise de variância, sendo o CV (%) de 9,94. O tratamento que recebeu suprimento de 120 % de água pela ETc, foi o tratamento que obteve o maior acúmulo de massa seca nos capítulos, com média de 29,09g. O tratamento com suprimento de 20% de água pela

ETc, foi o com menor acúmulo de massa seca, com apenas 6,56 g. Com estes dados, procedeu-se a análise de regressão. A curva de regressão que melhor se ajustou foi a equação polinomial de segunda ordem, com R^2 de 0,99, como pode ser observado na Figura 8. Esses resultados vão de acordo com os encontrados por Nobre et al. (2010), que avaliaram a fitomassa fresca dos capítulos submetidos a diferentes necessidades hídricas, no qual houve um aumento de 26% na fitomassa entre o intervalo de 40 a 120% da necessidade hídrica.

Figura 8 - Análise de regressão da massa seca dos capítulos em função do suprimento de água estimado pela ETc de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 %.

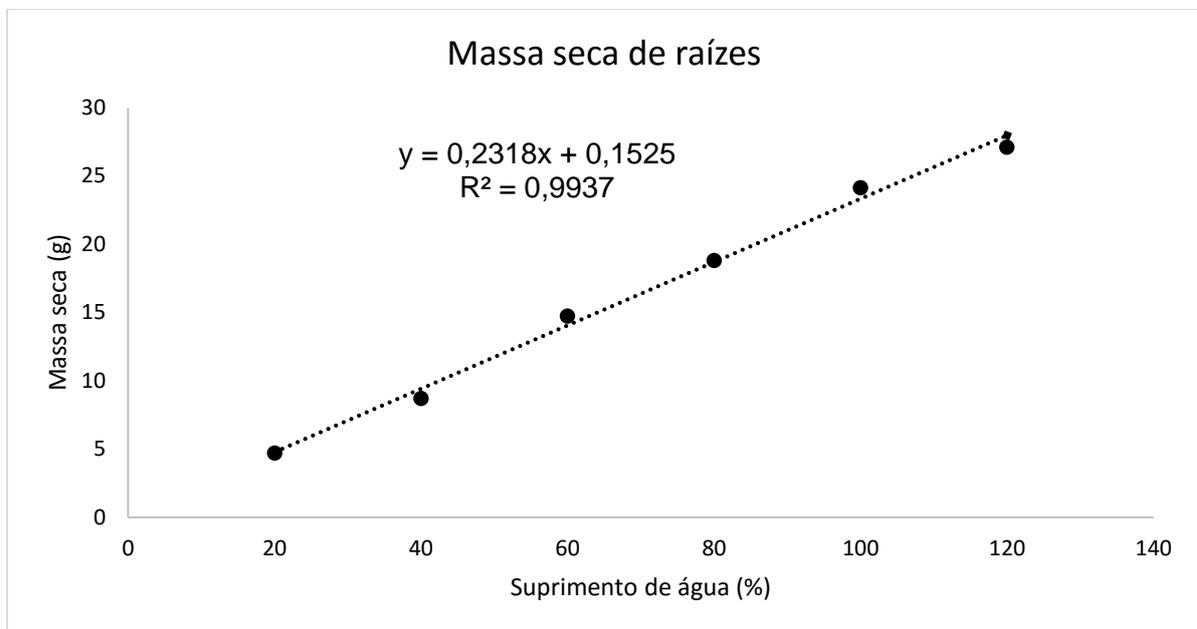


Fonte: Elaborado pelo autor

Após o corte das plantas, as raízes foram retiradas dos vasos e lavadas em água corrente para extrair os substratos e partículas de solo aderidas nas mesmas. Depois de lavadas, foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para a estufa de secagem. Permaneceram aí até adquirirem peso constante. Após a tabulação dos dados, foi procedida a análise de variância, com CV (%) foi de 23,4. O tratamento que recebeu suprimento de 120% de água, estimado pela ETc, obteve o maior acúmulo de massa seca de raízes, com 27,11 g. O tratamento que recebeu o suprimento de apenas 20 % de água, estimado pela ETc, foi o que obteve o menor acúmulo de massa seca, com 4,73 g. Aplicando a análise de regressão aos dados obtidos, a equação que melhor descreve esse aumento de acúmulo de massa seca das raízes é uma equação linear, com R^2 de 0,99, que pode ser observada na Figura 9. Esse resultado corrobora com o encontrado por Dutra et al. (2012), que obtiveram um aumento de

massa seca de raízes, quando houve aumento no fornecimento de água. Sobrinho et al. (2011), também constataram um aumento na massa seca de raízes de girassol, quando estes submetidos a condições de maior umidade no solo. Porém os mesmos autores, relatam que devido o experimento ser conduzido em vasos com capacidade de 8 litros, isso pode ter contribuído para o resultado, devido ao limitado espaço para o desenvolvimento das raízes. Segundo Taiz e Zeiger (2004), o estresse hídrico, leva ao fechamento de estômatos das folhas e conseqüentemente redução da fotossíntese, reduzindo a biomassa da planta, tanto na parte aérea como nas raízes.

Figura 9 - Análise de regressão da massa seca das raízes em função do suprimento de água estimado pela ETc de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 %.



Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÕES

A partir das diversas variáveis analisadas, conclui-se que a cultura do girassol responde de forma positiva ao suprimento de água a fins de produção agrícola. Porém, observou-se que, para alguns parâmetros analisados, a cultura não difere em questões de desenvolvimento e crescimento, quando este déficit hídrico não ultrapassa os 20%, ou seja, com apenas 80% do suprimento de água estimado pela ETc a planta se desenvolve normalmente, com exceção da massa seca de raízes.

6 REFERÊNCIAS

- CARVALHO Ivan Ricardo. et al. **Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo**. Enciclopédia Biosfera, centro científico conhecer, Goiânia, v.9, n.17; p 969, 2013.
- CASTIGLIONI, Vania Beatriz Rodrigues. et al. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997. 24p.
- CONAB. Séries Históricas Relativas às Safras 1976/77 a 2015/16 de Área Plantada, Produtividade e Produção. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 02.abr.2016.
- DUARTE, Andréia Luciane Moreira. **Efeitos da água sobre o crescimento e o valor nutritivo das plantas forrageiras**. Pesquisa e Tecnologia, v.9, n.2, 2012.
- DUTRA, Carla Cristina. et al. **Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água**. Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2657-2668, 2012.
- EMBRAPA MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/nova/mostra2.php3?id=354>> Acesso em: 29.mar.2016
- FAGUNDES, Joelma Dutra. et al. **Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência folhar em girassol de vaso (*Helianthus annuus L.*): efeito de fontes e doses de nitrogênio**. Ciência Rural, v.37, n.4, p.987-993, 2007.
- FAO. FAOSTAT: Compare data: Production - Crops. 2014b. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/compare/Q/QC/E>>. Acesso em: 02.abr.2016.
- FAO. FAOSTAT: Browse data: Rankings Production - Crops. 2013b. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/E>. Acesso em: 02.abr.2016.
- GAZZOLA, Adriano. et. al., **A cultura do Girassol**. ESALQ Piracicaba São Paulo jun. 2012.
- INMET. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola / organizador José Eduardo B. A Monteiro. - Brasília, DF: INMET, 2009.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> acesso em out.2016

MATZENAUER, Ronaldo; et.al. **Modelos agrometeorológicos para estimativas do rendimento de milho em função da disponibilidade hídrica no estado do Rio Grande do Sul**. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, Porto Alegre, v.1, n.2, p. 225-241, 1995.

MALDANER, Ivan Carlos. et al. **Modelos de determinação não-destrutiva da área folhar em girassol**. Ciência Rural, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

MORENO, José Alberto. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia. 1961, 61p.

NOBRE, Reginaldo Gomes. et al. **Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 747-754, 2010.

PELEGRINI, Bernardo. **Girassol: uma planta solar que das américas conquistou o Mundo**. São Paulo: Ícone, 1985.

PEREIRA, Antonio Roberto; ANGELOCCI, Luiz Roberto; SENTELHAS Paulo Cesar. **Meteorologia Agrícola**. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Departamento de Ciências Exatas, Piracicaba, SP. Fev. de 2007
ROSI, Rodolfo Oscar. **O Girassol**. Rogobras Sementes Ltda. São Miguel do Oeste, Santa Catarina, jun 1991.

SANTOS, Reginaldo Ferreira; CARLESSO Reimar. **Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológico das plantas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SILVA, Mirian de Lurdes Oliveira e. et al. **Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.11, n.5, p.482-488, 2007

SCHNEITER, Albert Armin; MILLER, J.F. **Description of sunflower growth stages**. Crop Science. v.21, n.6, p.901-903, 1981

SOBRINHO, Severino de Paiva; TIEPPO, Rafael Cesar; SILVA, Tonny José Araújo da. **Desenvolvimento inicial de plantas de girassol em condições de estresse**

hídrico. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Art-med, 2004, 613p.

TEIXEIRA, Gisele Carneiro da Silva Et. al. **Estudos de evapotranspiração em casa de vegetação.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011 Pág. 520.