



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL- UFFS**  
**CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL**  
**MESTRADO EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL**

**TUANI FABIULA MAROSTICA**

**EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO EM PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS**  
**DE *Allium sativum* L.**

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2018**

**TUANI FABIULA MAROSTICA**

**EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO EM PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS  
DE *Allium sativum* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da  
Fronteira como parte das exigências do programa de  
Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento  
Rural Sustentável para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dra. Denise Cargnelutti.

Co-orientadora: Dra. Luisa Helena Cazarolli

**LARANJEIRAS DO SUL**

**2018**

**PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas**

Marostica, Tuani Fabiula

EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO EM PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS DE *Allium sativum* L.: EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO EM PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS DE *Allium sativum* L/ Tuani Fabiula Marostica. -- 2018.  
60 f.

Orientadora: Dra. Denise Cargnelutti.

Co-orientadora: Dra. Luisa Helena Cazarolli.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável - PPGADR, , 2018.

1. Mudanças Climáticas. 2. Bioquímica. 3. Fisiologia vegetal. 4. Agroecologia. 5. Alho. I. Cargnelutti, Dra. Denise, orient. II. Cazarolli, Dra. Luisa Helena, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

**TÍTULO: "EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO EM PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS DE *ALLIUM SATIVUM* L".**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* - **Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável** – PPGADR da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS para obtenção do título de Mestra em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, defendida em 06/04/2018.

Presidente da Banca: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Denise Cargnelutti

Aprovado em: 06/04/2018

BANCA EXAMINADORA



Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Denise Cargnelutti/UFFS



Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luciane Almeri Tabaldi/UFMS



Dr<sup>ª</sup>. Gabriela Silva Moura/Bolsista PNPd-UFFS

Laranjeiras do Sul/PR, abril de 2018

Dedico a minha família e a minha orientadora  
Professora Dr. Denise Cargnelutti pois sem eles  
esse trabalho não teria se concretizado.

## **AGRADECIMENTOS**

À Profa. Dra. Denise Cargnelutti, pelos conhecimentos transmitidos, orientação, compreensão, hospedagem, apoio, dedicação e incentivo para a realização deste trabalho. À Profa. Dra. Luísa Helena Cassarolli pela co-orientação. A Prof. Dr. Gabriela Moura, pela ajuda, apoio, dedicação e auxílio nas atividades desempenhadas ao longo do projeto. Ao Prof. Dr. Gilmar Franzener, que gentilmente permitiu a utilização do laboratório de fitopatologia para a coleta das amostras. Ao técnico de laboratório Diogo Siqueira que acompanhou as análises do porômetro e da Clorofila. Ao Vilson, Julia e Ériça, pela amizade e auxílio na realização deste trabalho dentro do campus Erechim. A minha família, ao meu irmão e meus pais Almir e Neusa pelo incentivo e motivação determinantes para a conclusão deste trabalho. Em especial, a meu companheiro, namorado, amigo Bruno pelo incentivo, apoio e compreensão em todos os momentos. A Rainilda, minha sogra pelo carinho e apoio. Ao Prof. Dr. Lisandro Bonome e ao Prof. Mr. Gerônimo Rodrigues, pelas sugestões valiosas ao nosso trabalho. Aos diretores e colegas das escolas de Nova Laranjeiras em que trabalho, pela ajuda e compreensão. A Universidade Federal da Fronteira Sul- UFFS pela oportunidade de adquirir conhecimentos e crescimento dentro do programa de mestrado. Aos meus amigos e colegas, em especial a Naiara pela parceria e apoio ao longo dessa trajetória. A todos os colegas da turma do mestrado, pela ajuda e companheirismo nas aulas e ajudas no desenvolvimento do projeto. E principalmente a Deus.

## RESUMO

O *Allium sativum* L. popular alho é uma cultura conhecida mundialmente pelas suas propriedades medicinais, culinárias e no manejo ecológico de pragas agrícolas. Com isso é relevante o estudo dessa planta em relação a adaptabilidade as mudanças climáticas. Estão previstas para o futuro temperaturas mais quentes e com poucas chuvas, prejudicando o ecossistema em geral. Então o alho poderá ser afetado por essas condições adversas. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do déficit hídrico nos aspectos fisiológicos e bioquímicos do alho submetido ao déficit hídrico. O experimento foi conduzido na Universidade Federal da Fronteira Sul campus Laranjeiras do Sul, em casa de vegetação entre Abril a julho de 2017, época fria do ano. Os alhos sementes foram adquiridos com os agricultores de Nova Laranjeiras. O nível de déficit hídrico adotado foi de 100% da capacidade de pote, 75%, 50% e 25%, sendo pesados e irrigados os vasos a cada dois dias. Para o plantio foi utilizado substrato Plantmax®. Durante o déficit hídrico foram feitas análises com o porômetro e clorofilômetro. Após os 45 dias de tratamento, as plantas foram colhidas e avaliados os parâmetros fisiológicos e bioquímicos sendo 5 repetições para cada tratamento. Sendo verificados os parâmetros fisiológicos: a biomassa fresca e seca (g), crescimento (cm) do bulbilho, raiz e folha, e os parâmetros bioquímicos: atividade enzimática da Guaiacol peroxidase (POD) e ascorbato peroxidase (APX) e proteínas, submetendo então todos os tratamentos ao delineamento inteiramente casualizado. Foram observadas aumento de proteínas nos bulbilhos, atividades das enzimas POD nas raízes e APX nas folhas de alho durante o déficit hídrico. O índice de clorofila foi reduzido apenas no tratamento 50% com amarelamento das folhas. O crescimento do alho teve um incremento no tratamento 75% da capacidade do pote quando comparado ao controle (100%) para as folhas, não obtendo crescimento significativo para raiz e bulbilho. Já a biomassa fresca e seca para os tratamentos 25% e 50% foram obtidos resultados menores do que quando comparado ao 100%. Concluindo que as plantas de alho não são tolerantes ao déficit hídrico, desta forma essa planta sofrerá com as mudanças climáticas previstas para o futuro.

**Palavras-chave:** *Allium sativum* L., mudanças climáticas, déficit hídrico, adaptação.

## ABSTRACT

The popular garlic *Allium sativum* L. is a culture known worldwide for its medicinal, culinary and ecological properties of agricultural pests. With this it is relevant the study of this plant in relation to the adaptability to the climatic changes. Warm temperatures are expected in the future and with few rainfall, damaging the ecosystem in general. Then the garlic may be affected by these adverse conditions. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of water deficit on the physiological and biochemical aspects of garlic submitted to water deficit. The experiment was conducted at the Federal University of Southern Frontier Campus Laranjeiras do Sul, in a greenhouse between April and July 2017, cold season of the year. The garlic seeds were purchased from the farmers of Nova Laranjeiras. The water deficit level adopted was 100% of the pot capacity, 75%, 50% and 25%, being weighed and irrigated the pots every two days. Plantmax® substrate was used for planting. During the water deficit, analyzes were performed with the porometer and chlorophyll meter. After 45 days of treatment, the plants were harvested and evaluated the physiological and biochemical parameters being 5 replicates for each treatment. The biochemical parameters: Guaiacol peroxidase (POD) and ascorbate peroxidase (APX) enzymatic activity and proteins, were then submitted to physiological parameters: fresh and dry biomass (g), bulb, root and leaf growth (cm) all treatments to the completely randomized design. Protein increase was observed in bulbiles, POD enzyme activities in the roots and APX in garlic leaves during the water deficit. The chlorophyll index was reduced only in the 50% treatment with yellowing of the leaves. Garlic growth had an increase in the treatment of 75% of the pot capacity when compared to the control (100%) for the leaves, not obtaining significant growth for root and bulb. The fresh and dry biomass for the treatments 25% and 50% were obtained results smaller than when compared to 100%. Concluding that the garlic plants are not tolerant to the water deficit, in this way this plant will suffer from the climate changes foreseen for the future.

**Key words:** *Allium sativum* L., climate change, water deficit, adaptation.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Condutância estomática das regiões do ápice, mediana e basal da folha de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.....38
- Tabela 2. Comparação do índice de Condutância estomática das folhas de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.....40
- Tabela 3. Índice de concentração de clorofila das regiões do ápice, mediana e basal das folhas de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.....41
- Tabela 4. Valores médios do crescimento total (cm) de regiões dos bulbilhos, folhas e raízes de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.....44
- Tabela 5. Valores médios da biomassa fresca de bulbilho, folha, raiz e total (g) de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico..... 47
- Tabela 6. Valores médios da biomassa seca de bulbilho, folha, raiz e total (g) de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.....48
- Tabela 7: Teor de Proteína (mg/L) dos bulbilhos, folhas e raízes de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.....50
- Tabela 8. Atividade da enzima peroxidase (POD) do bulbilho, folha e raiz de *Allium sativum* submetido a diferentes concentrações de déficit hídrico.....52
- Tabela 9. Atividade da ascorbato peroxidase (APX) da folha e raiz de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.....53

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b> .....	
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo Geral .....	21
2.2 Objetivos Específicos .....	21
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	21
3.1 Mudanças climáticas, manejo do solo e o déficit hídrico.....	21
3.2 Panorama do estresse hídrico no desenvolvimento das plantas .....	25
3.3 Mecanismos de tolerância ao déficit hídrico.....	26
3.4 <i>Allium sativum</i> L. ....	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	36
4.1 Coleta e cultivo do Alho.....	36
4.2 Exposição ao déficit hídrico.....	36
4.3 Análises Fisiológicas.....	37
4.3.1 Avaliações de condutância estomática.....	37
4.3.2 Avaliações do índice de clorofila.....	37
4.4 Crescimento e biomassa.....	38
4.5 Análises Bioquímicas .....	38
4.5.1 Coleta para as análises bioquímicas .....	38
4.5.2 Atividade das enzimas antioxidantes.....	38
4.6 Análise estatística .....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
6. CONCLUSÃO .....	57
7. REFERÊNCIAS .....	58

## 1. INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma cultura utilizada atualmente na culinária mundial e altamente conhecida pelos seus benefícios medicinais, utilizada tradicionalmente desde a mais remota antiguidade. É conhecido pelas suas concentrações altas de substâncias químicas que incluem óleos essenciais, compostos sulfurados, carboidratos, proteínas, vitaminas e sais minerais. O alho tem a capacidade de produzir efeitos metabólicos e fisiológicos com efeitos antioxidantes amplamente utilizados na medicina tradicional, graças às comprovações quanto ao seu potencial vasodilatador (CHAGAS et al., 2012). Além disso, há alguns relatos na literatura mostrando os efeitos dos extratos de alho bem como dos seus óleos essenciais no manejo ecológico de pragas agrícolas (OOTANI et al., 2013).

De acordo com Ankri e Mirelman (1999) o alho é uma das plantas comestíveis que gerou muito interesse em toda a história humana como medicamento contra uma ampla gama de microorganismos, incluindo bactérias, fungos, protozoários e vírus, os quais mostraram-se sensíveis às suas preparações. Os mesmos autores ainda atribuíram esta atividade biológica antimicrobiana ao metabólito alicina, composto de enxofre oxigenado, extraído dos bulbos.

Em aldeias indígenas da etnia Guarani, localizada na aldeia Rio das Cobras de Nova Laranjeiras, Paraná, o alho é cultivado em meio às culturas ou seus extratos são utilizados como repelentes ou mesmo para eliminar diferentes moscas causadoras de patologias. Tais comprovações empíricas reforçam ainda mais as poucas comprovações científicas do potencial do alho no manejo ecológico de pragas agrícolas e suas funções terapêuticas por meio do conhecimento tradicional. Dessa forma, esta planta constitui-se em uma opção lucrativa para a agricultura familiar, e, ao ser utilizado mundialmente, poderá sofrer com as consequências futuras causadas pelas mudanças climáticas.

As mudanças climáticas constituem um dos mais sérios desafios a ser enfrentado pela humanidade segundo a ONU (Organização das Nações Unidas). De acordo com os estudos de Marengo (2011), Nobre (2008), Guetter (1998), e Dias et al. (2005) a temperatura do nosso planeta bem como a emissão de gases e a utilização abusiva de agroquímicos pelos indivíduos, no futuro, trarão como consequências a intensidade dos

eventos climáticos, como chuvas excessivas e também a falta dela (BERLATO, 2013).

No Brasil algumas mudanças já estão sendo observadas, como os extremos do clima (alterações diretas no ciclo hidrológico e oscilações nas frequências de temperatura, tempestades, geadas) (GUETTER, 1998, VALE et al., 2009). Vale et al. (2009) ressaltam que as mudanças climáticas no século XX causaram vários impactos sobre a biodiversidade. Esses efeitos estão residindo na modificação de paisagens principalmente pelo uso do solo para a agropecuária e a urbanização.

Nobre (2008) destacou que, com a elevação de temperatura, a disponibilidade hídrica da superfície diminui. Com isso, os períodos que apresentam menos chuvas e temperaturas altas, tornam-se uma ameaça para a biodiversidade nos ecossistemas como afirma Vale et al. (2009) e principalmente para a agricultura de todo o país, que poderá provocar forte impacto socioeconômico (MARENGO, 2011). A utilização abusiva de agroquímicos em conjunto com as mudanças climáticas são fatores que podem comprometer a água disponível no solo. Dias et al. (2005) relatam que a utilização de fertilizantes em altas dosagens relacionada a poucas chuvas, pode causar a salinização excessiva do solo, prejudicando o rendimento das culturas. Dias et al. (2005) e Taiz e Zeiger (2013) apontam que o acúmulo de soluto durante a irrigação sem possibilidade de descarregar os sais acumulados em um sistema de drenagem, podem rapidamente alcançar níveis prejudiciais. Os mesmos autores afirmam que as culturas agrícolas de milho, arroz, cebola, alho, alface e feijão são altamente sensíveis a salinidade no solo e importantes na alimentação da humanidade.

As plantas em geral quando expostas a situações de estresse, tais como salinidade, extremos de temperaturas, déficit hídrico, dentre outros (TAIZ; ZEIGER, 2009), passam por um desequilíbrio em sua fisiologia e bioquímica, tendo estas que reagirem de alguma forma. Entre suas formas de defesa destacamos a produção e a remoção de espécies reativas (ERs). Para isso as plantas possuem um sistema de defesa antioxidante, composto por antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos, capazes de remover as ERs. No entanto, se a remoção completa não ocorrer, as ERs poderão desencadear uma situação de estresse oxidativo, ocasionando danos às biomoléculas tais como lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Nessas condições as plantas precisam alterar seu sistema de defesa para tolerarem

o estresse. Caso contrário o déficit hídrico causado no solo pode induzir o estresse oxidativo nas culturas ocasionando perdas na produtividade. Em função das mudanças climáticas e o manejo inadequado do solo, serão frequentes os períodos de estiagem, no qual o agricultor deverá estar preparado para manter a sua produção agrícola em equilíbrio com o ambiente. Neste sentido, é importante conhecer as respostas fisiológicas e bioquímicas da espécie *Allium sativum* L. ao déficit hídrico, uma condição natural, que poderá induzir alterações no metabolismo desta planta, além de gerar informações científicas sobre as respostas da planta de alho quando influenciadas ou submetidas às condições extremas do ambiente e sua capacidade de adaptação sem a utilização de agroquímicos na lavoura, horta ou quintal.

Assim, o presente trabalho teve como propósito investigar o efeito do déficit hídrico sobre a cultura do alho, avaliando as suas respostas bioquímicas (proteínas, atividade da POD e APX) e fisiológicas (condutância estomática, índice de clorofila, crescimento e biomassa) frente aquele estresse.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Investigar o efeito do déficit hídrico sobre parâmetros bioquímicos e fisiológicos na cultura do alho.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Avaliar se o déficit hídrico induz alterações no crescimento e biomassa do alho.

Mensurar se o déficit hídrico induz estresse oxidativo no *Allium sativum* L.

Determinar atividade das enzimas POD e APX desencadeados pelo déficit hídrico na cultura do alho.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Mudanças climáticas, manejo do solo e o déficit hídrico**

As mudanças climáticas são fatores preocupantes que alteram os processos biológicos produzindo enormes perdas econômicas e de vidas (CERA e FERRAZ, 2016; MARENGO, 2006). Este fenômeno está associado a extremos, como períodos de seca,

enchentes, ondas de calor e de frio, afetando a biodiversidade e ocasionando impactos na agricultura em todo o planeta. Vale et al. (2009) relataram que está previsto para o futuro um aumento significativo nas concentrações de gases poluentes e climas extremamente secos e quentes, indicando que as águas ficarão escassas e os períodos de chuva mais curtos, prevendo um ecossistema menos concentrado de nutrientes. Tendo em vista que o clima está sofrendo mudanças e a biodiversidade deve passar por adaptações, os estudos das respostas adaptativas das plantas frente às tais mudanças são de extrema importância.

No Brasil, os impactos causados pelas alterações no clima já são percebidos. Os principais problemas envolvendo mudanças climáticas são o aumento da temperatura, escassez de água e alimentos, perdas de produtividade e biodiversidade (PBMC, 2016; VALE et al., 2009). Segundo este estudo, o Sul e sudeste do Brasil sofrem com secas constantes, ocasionando perdas agrícolas e na pecuária. O Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) divulgou que atividades do homem no uso da terra, como à urbanização e às práticas agrícolas, afetam as propriedades físicas e biológicas da superfície da Terra (MMA, 2005).

Certamente a agricultura ficará bastante prejudicada comprometendo a produção de alimentos. De acordo com Savary et al. (2017) a segurança alimentar é potencialmente afetada pelas mudanças climáticas, em todos os seus aspectos, como, por exemplo, capacidade do agricultor em produzir alimento, disponibilidade de armazenamento e sistema de distribuição, acesso físico e econômico ao alimento, estabilidade de fornecimento e de preços e qualidade nutricional.

Pellegrino e Assad (2007) projetam novos cenários dos modelos climáticos, prevendo que a temperatura deve se elevar ao longo de todo o ano e concentrar as chuvas durante os meses de verão, prolongando o período de seca no inverno. Tais previsões enaltecem a hipótese do déficit hídrico e, conseqüentemente, as espécies perenes poderão ter maior dificuldade em suportar o estresse por falta de água durante o período mais seco do ano, sendo mais prejudicadas que as culturas anuais.

Dessa forma, o déficit hídrico também será um evento decorrente das secas e das alterações de temperatura no Brasil e no mundo, bem como a salinidade do solo. O acúmulo de sais no solo é um fator de grande preocupação na agricultura atualmente,

especialmente para cultivos irrigados. O manejo inadequado da irrigação e dos fertilizantes utilizados na atividade agrícola são um dos principais responsáveis pelo aumento da quantidade de solos degradados (SCHOSSLER et al., 2012).

A salinidade é retida pelo solo através da utilização de agrotóxicos, induzida pelo homem em ambientes de elevada evapotranspiração e baixa precipitação pluviométrica no curso do ano, manifestando-se em decorrência do manejo inadequado da irrigação, onde o controle da drenagem não é feito ou feito de forma ineficiente como ressalta Pedrotti et al. (2015), comprometendo, dessa forma, não somente a água superficial mas também a água subterrânea, como indica Gomes e Barizon (2009).

As poucas precipitações, quando associadas à degradação dos recursos naturais, drenagem deficiente e a utilização de agrotóxicos, conduzem à formação de solos com alta concentração de sais (sódio, cálcio, magnésio e potássio, por exemplo) (PEDROTTI e CHAGAS, 2015). O Brasil segue como líder na utilização de agrotóxicos no mundo segundo Gomes e Barizon (2009). Dessa forma as consequências das mudanças climáticas e o manejo inadequado do solo agravaram a sobrevivência das plantas, além de intensificar a escassez de água no solo.

O déficit hídrico pode causar desordens fisiológicas tais como diferenciação no desenvolvimento da planta e desequilíbrio no metabolismo, comprometendo a produção agrícola (GRACIANO, 2009). Assim, nessa situação, a planta deve desenvolver mecanismos adaptativos. Segundo Moro (2012) quando submetida ao déficit hídrico, muitos dos processos fisiológicos das plantas são atingidos, como exemplo a abertura estomática, fotossíntese, síntese de proteínas, atividade enzimática e também hormonal. Moro (2009) evidenciou, em um estudo com arroz, que a ocorrência da deficiência hídrica, mesmo que moderada, provoca grande instabilidade na produção, em função dos vários processos fisiológicos, direta ou indiretamente envolvidos. Além disso, Ferreira e Brito (2011) avaliando o desenvolvimento dos grãos de milho, observaram que a falta de água não afetou a composição química dos grãos, mas a cultura não obteve a produtividade esperada.

Carneiro e Deuner (2011) relataram, em um estudo com Girassol, que o sistema de defesa antioxidante não foi eficiente frente ao estresse hídrico, comprometendo o desenvolvimento da planta. Essas pesquisas apontam para a importância do

conhecimento relacionado com o comportamento de plantas frente ao estresse hídrico, bem como pela busca de genótipos tolerantes a situações extremas. Muito embora as práticas de irrigação sejam comuns entre muitos produtores, algumas culturas como o alho podem ser prejudicadas. Resende et al. (2004) argumentam que as irrigações para o alho devem ser leves e frequentes nas fases iniciais de desenvolvimento, e pesadas no período de crescimento e maturação do bulbo.

Amorin et al. (2002) ressaltam a irrigação do alho durante o cultivo e afirmam que a irrigação adequada é uma das práticas mais importantes no desenvolvimento deste. Em boas condições de irrigação o alho pode acumular uma quantidade maior de nutrientes. Os mesmos autores afirmam que a cultura é sensível e não suporta a salinização do solo durante o desenvolvimento diminuindo os níveis de produção e afetando a comercialização.

Marouelli, Silva e Moretti (2002) avaliaram a qualidade dos bulbos de alho sob déficit hídrico os quais constataram que a irrigação é praticada especialmente nas áreas de produção de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde é frequente a ocorrência de estiagens durante o período de cultivo. Dessa forma é possível suprir as necessidades hídricas da cultura e garantir uma produtividade elevada com bulbos de boa qualidade. Já que muitos agricultores já fazem o uso da irrigação para suplementar as necessidades hídricas das plantas (MAROUELLI, SILVA e MORETTI, 2002).

Sabendo da importância que a água e o clima promovem para o desenvolvimento da planta, é essencial para a ciência, e conseqüentemente para a agroecologia, pesquisar esses aspectos, com vistas às mudanças climáticas a exemplo do déficit hídrico. Segundo Rigotto (2011) as previsões e análises dos impactos ambientais gerados pela poluição e agrotóxicos no mundo afetará diretamente os recursos hídricos comprometendo os ecossistemas e a saúde humana. FAO (2016), afirma que os impactos já são alarmantes e a humanidade deve encarar o duplo desafio de erradicar a fome e a pobreza e estabilizar o clima global antes que seja tarde.

Assim, serão necessárias alternativas que promovam o desenvolvimento da agricultura respeitando as restrições futuras vinculadas a transição agroecológica, pois os próximos cenários serão de climas mais secos e quentes, altas emissões de raios solares e aquecimento na superfície da terra. Além disso, Berlato, (2013) prevê que solos

tornar-se-ão mais secos em decorrência da diminuição nos períodos chuvosos (BERLATO, 2013; MARENGO, 2006). E a utilização da irrigação, poderá concentrar a quantidade de sais prejudicando ainda mais o solo. Nesse contexto, a ciência deverá estar preparada para fornecer subsídios científicos para o agricultor, desenvolvendo tecnologias viáveis e de custo baixo que o auxiliem no cultivo, produção e comercialização das suas culturas agrícolas.

### **3.2 Panorama do estresse hídrico no desenvolvimento das plantas**

Segundo Pimentel (2004), a água é indispensável para os seres vivos, e uma planta chega a compor aproximadamente 80% do seu peso com água. Geralmente, essa água é absorvida pelo solo junto com os nutrientes minerais. A água que infiltra no solo é armazenada ocupando os espaços porosos. Para a planta manter as suas funções fisiológicas é necessário que o solo apresente um equilíbrio entre a porção mineral e orgânica, os espaços de ar e água.

Salinet (2009) descreve que a água é absorvida pela raiz da planta e, cada ser vivo possui uma quantidade de água específica para seu desenvolvimento biológico. Caso contrário, o vegetal deverá se adaptar às condições que o ambiente oferece. Assim, uma planta pode desenvolver respostas ao ambiente a que está exposta. Se a quantidade de água entrar em desequilíbrio no solo, os vegetais podem sofrer com o excesso de água ou ausência desta, sendo que a mesma deverá desencadear respostas ao estresse hídrico.

Quando a água está em excesso no solo pode-se induzir à queda da capacidade fotossintética, diminuição no crescimento, as raízes sofrem deficiência de oxigênio, reduzem a absorção de água e a condutância estomática, levando ao murchamento semelhante ao que acontece durante o déficit hídrico (DIAS; BERNARDINO, 2012). Além disso, o excesso de água nas raízes inibe a respiração aeróbica com a simultânea perda da síntese mitocondrial de ATP, reduzindo os níveis de energia da planta e, conseqüentemente, a capacidade de absorção e transporte de água e nutrientes para a parte aérea (DIAS; BERNARDINO, 2012).

O estresse hídrico desencadeia um oneroso sistema de defesa pela planta com enzimas antioxidantes e antioxidantes não-enzimáticos, capazes de manter a

homeostase do vegetal. Scalon et al. (2011) afirmam que em condições de baixa disponibilidade de água no solo, vários processos metabólicos das plantas podem ser influenciados, como por exemplo o fechamento estomático, redução da condutância estomática, redução da fotossíntese e transpiração, alterando a performance do vegetal. Além disso, a falta de água no solo também poderá afetar o metabolismo das células radiculares, influenciando no crescimento de raízes e parte aérea das plantas, tanto pela inibição do alongamento dos entrenós, quanto pela ausência da expansão das folhas, podendo também acelerar a senescência.

Graciano (2009) estudou a resposta da *Arachis hypogaea* (amendoim) submetida à deficiência hídrica e destacou que a planta se adaptou às condições de estresse, embora o estresse tenha ocasionado a redução do seu crescimento. De acordo com Bray (1997), quando uma planta se adapta às condições de estresse ela acumula mais açúcares, ácidos orgânicos e íons para manter-se viva. Taiz e Zeiger (2013) relacionam o estresse com o potencial hídrico que a planta possui, ocasionado em decorrência da entrada de água nas membranas e a perda de água por transpiração para a atmosfera. Durante os períodos de seca (baixo potencial hídrico no solo), as plantas sofrem déficits hídricos que levam a inibição do crescimento e da fotossíntese. Além destas alterações, a planta passa por uma adaptação fisiológica, podendo as mesmas desenvolverem resistência, acelerando o ciclo de vida ou podem também superar a desidratação através de um ajustamento osmótico. Tal resposta pode explicar em partes o crescimento celular, que é muito sensível ao déficit hídrico.

Blum (1997) ressalta que a deficiência hídrica induz mudanças internas nas plantas que levam a redução na produtividade. Essas mudanças dependem da natureza e da duração do estresse. Além disso, o estágio de desenvolvimento vegetal também influencia muito no tipo de resposta ao déficit hídrico, no qual a maioria dessas adaptações são para manter o crescimento e a reprodução da planta em ambientes com limitações na disponibilidade de água.

### **3.3 Mecanismos de tolerância ao déficit hídrico**

O déficit hídrico é um evento decorrente das mudanças climáticas e do acúmulo de sais no solo, devido ao manejo inadequado do mesmo. Como resposta, os seres vivos

adquirem mecanismos de tolerância diversos, os quais proporcionam sua adaptação e sobrevivência.

Os mecanismos fisiológicos e bioquímicos integram as adaptações das plantas à seca. Uma planta pode completar seu ciclo de vida durante o período mais úmido, apresentando escape à seca. Além disso, algumas plantas conseguem manter a hidratação do tecido, retardando a desidratação (SALAMONI, 2008). Outros mecanismos fisiológicos incluem a redução de turgor, abscisão foliar, redução de área foliar, aprofundamento das raízes, fechamento estomático e limitação da fotossíntese, além da síntese do ácido abscísico (ABA).

Na medida que o volume de água da planta vai diminuindo, suas células se contraem e desacelera a pressão de turgidez contra as paredes celulares, tornando a membrana celular mais espessa. Dessa forma, diminui a expansão foliar e conseqüentemente a transpiração, conservando por um período mais longo a quantidade de água (PIMENTEL, 2004). A partir do momento em que acontece uma diminuição na expansão de folhas, planta deixa de usar os fotossintatos na parte aérea para poder enviar os mesmos para as raízes, para que ocorra o aprofundamento das mesmas. Visto que a água da superfície do solo está escassa, as raízes crescem em direção às zonas de solo mais úmidas (PIMENTEL, 2004).

Conforme o estresse se acentua, a planta promove o fechamento estomático, limitando a fotossíntese, e sintetizando o ácido abscísico (ABA). Segundo Macedo et al. (2006), o ácido abscísico (ABA) é o hormônio envolvido nos processos fisiológicos quando as plantas são expostas a alguns tipos de estresse, como deficiência hídrica. O ácido abscísico aumenta em folhas de plantas que estão expostas à condições severas de seca, cujo principal papel está relacionado à regulação da abertura e fechamento estomático.

Os estômatos representam a principal resistência ao fluxo difusivo do vapor de água através das folhas. Medições da resistência estomática ou do seu inverso, a condutância estomática, são importantes para estabelecer a influência dos estômatos na transpiração e/ou na troca de outros gases entre os tecidos foliares e a atmosfera envolvente (CARVALHO, 2003). A condutância estomática representa a resistência dos

estômatos para a transpiração sendo esta resistência mensurada através do grau de abertura dos estômatos com o uso de um equipamento chamado porômetro.

Para Coelho et al. (2016) a perda de água da folha ocorre através dos poros do aparelho estomático. A transpiração das plantas é inversamente proporcional a resistência estomática das folhas que representa o grau de abertura dos estômatos. Para Machado (2004) as plantas alteram-se em espessura, pois ao produzir uma parede celular mais espessa evitam a perda de água em excesso e modificam o crescimento da área foliar e radicular.

Dessa forma, o vegetal perde folhas velhas para diminuir a transpiração, e alonga suas raízes para alcançar a água presente na profundidade do solo. A perda de água ocorre principalmente através dos estômatos, que possuem mecanismos para controlar a perda de água. Esse controle é atribuído à condutância estomática foliar, que é frequentemente utilizada como indicador da deficiência hídrica (OLIVEIRA et al., 2004). A disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas, por controlar a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, a produção de fitomassa. Quando o déficit de água no solo provoca o fechamento dos estômatos, a radiação interceptada pela folha tende a promover um aquecimento foliar, podendo chegar a níveis prejudiciais ao metabolismo da planta (COSTA, 2001; FREDERICK, 1980, OLIVEIRA et al., 2004).

Oliveira et al. (2002) relataram o fechamento parcial dos estômatos, através da diminuição da condutância estomática ao estudar Pupunheira (*Bactris gasipaes*) em diferentes condições de estresse hídrico. A queda na taxa de transpiração, mais rápida que a queda na fotossíntese, indicam a existência de mecanismos de adaptação em pupunheira, no sentido de diminuir as perdas de água, sob estresse hídrico moderado. Costa e Marengo (2007) verificaram que plantas de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) apresentaram condutância estomática com valores mais elevados no início da manhã, quando o potencial hídrico da folha era mais alto, devido às variações na luminosidade e umidade do ar.

Silva et al. (2015) acrescentam que a temperatura foliar pode ser usada como um indicador relevante do grau de déficit hídrico na planta. Ressalta-se ainda que a transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar devido às menores aberturas estomáticas e, por conseqüência, ocorre diminuição da

transpiração foliar e aumento da temperatura da folha, por conta da redução da dissipação do calor latente sinalizando que a capacidade de refrigeração das plantas diminui via transpiração.

De acordo com Calbo et al. (2005) o porômetro é um instrumento desenvolvido para medir a condutância do vapor de água em plantas. O instrumento possibilita determinar a taxa de transpiração dividida pelo déficit de pressão de vapor e pela massa do produto. Costa e Marengo (2007) descrevem que o processo de abertura e fechamento dos estômatos está relacionado principalmente com a intensidade de luz e o estado de hidratação da folha. Segundo aos autores o funcionamento dos estômatos e a área foliar influenciam a produtividade do vegetal.

O primeiro fator, porque controla a absorção de CO<sub>2</sub> e, o segundo, porque determina a interceptação de luz. O potencial de água da folha indica o seu estado energético, se a planta perde água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte o potencial hídrico da folha diminui, levando ao fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese (COSTA e MARENCO, 2007). As taxas de Clorofila também podem variar diante de um estresse, comprometendo a sobrevivência da planta e dessa forma diminuindo a fotossíntese, comprometendo os processos vitais da planta. Assim, a avaliação dos níveis de clorofila em plantas é importante pois possui relação direta com a fotossíntese, sendo os mesmos níveis mensurados através do clorofilômetro, um equipamento portátil no qual é possível identificar as taxas de clorofila nas plantas.

Coelho et al. (2016) e Leonardo et al. (2013) relataram níveis aumentados de clorofila em abacaxizeiro cultivado em substrato de cama de aviário, o qual possuía índice alto de ureia. Os mesmos autores ainda verificaram que o abacaxi possui uma condutância estomática maior quando a irrigação ocorre no período da tarde próximo às 17 horas.

O estresse hídrico conduz ao acúmulo de solutos no citoplasma e no vacúolo das células vegetais, para que estas mantenham sua pressão de turgor, conseguindo sustentar o crescimento de suas raízes. Segundo Sanches (2012) em condições de estresse os vegetais acumulam açúcares, aminoácidos, entre outros solutos. Com isso conforme aumenta a deficiência hídrica da planta, o ajuste osmótico não ocorre em função do aumento na concentração de solutos durante a desidratação, ou diminuição

do volume celular, mas sim pela síntese de solutos compatíveis com água (CARLIN, 2009). Norwood et al. (2003) sugerem que as plantas possuem níveis variados de mecanismos de proteção, como a acumulação de antioxidantes para reduzir os danos às proteínas, ácidos nucleicos e remoção de clorofila.

Os açúcares solúveis são capazes de proteger as células durante períodos de desidratação, formando um estado viscoso nas células, que diminui os processos bioquímicos e minimiza a atividade de espécies reativas que metabolizam o oxigênio (BIANCHI, GERMINO e SILVA, 2016). Os açúcares podem realizar o ajuste osmótico através da diminuição do potencial hídrico em situação de déficit hídrico, estando relacionados a tolerância à dessecação, onde no período de maturação são acumulados justamente para reduzir o potencial e conseqüentemente proporcionar um maior acúmulo de água nas células (BIANCHI, GERMINO e SILVA, 2016).

Assim durante a seca, a fotossíntese e o crescimento são inibidos, enquanto o ABA e os solutos são acumulados (TAIZ; ZEIGER, 2013). Para Salinet (2009), o ABA é acumulado na raiz durante o dessecação e redistribuído através do xilema, para os tecidos da planta, agindo como um sinalizador químico para o fechamento dos estômatos impedindo a perda de água necessária para a fixação do carbono.

Frederick (1980) identificou quantidade maior de estômatos por unidade da área foliar em plantas submetidas a seca. O fechamento dos estômatos é alterado diante de alguns fatores tais como as concentrações de CO<sub>2</sub> e a temperatura. O mesmo autor avaliou o comportamento do trigo sob déficit hídrico e relatou o murchamento das plantas juntamente com quantidades altas de ABA, evidenciando assim que o aumento desse hormônio se dá pelas reações estomáticas rápidas provocadas pelo estresse. Esse fenômeno afeta o transporte interno de água na planta, afetando dentre outras rotas a translocação de açúcares (COSTA, 2001).

Os mecanismos bioquímicos desencadeados em resposta ao déficit hídrico incluem a produção de um complexo sistema enzimático e não enzimático que atua na remoção de compostos reativos tóxicos (FERRARI, 2015; BARRETO; BARBOSA, 1995) conhecidas como espécies reativas (ERs) (SANTOS, 2013; GOBBO; LOPES, 2007). As células vegetais produzem naturalmente ERs através do metabolismo primário tais como a fotossíntese e respiração. As ERs são moléculas ou íons que contém um ou mais

elétrons desemparelhados (radical), capazes de existir de forma livre no organismo atuando como oxidantes. São representados por um radical (R) com um ponto, que representa o elétron desemparelhado ( $\bullet$ R). A geração dessas ERs ocorre tanto em animais quanto em vegetais (RIBEIRO et al., 2005). Dentre as espécies reativas, estão o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), o ânion superóxido ( $\text{O}_2^{\bullet-}$ ) e o radical hidroxil ( $\text{OH}^{\bullet}$ ), sendo o último, o mais reativo (VASCONCELOS et al., 2007).

No entanto, as células vegetais produzem antioxidantes tais como enzimas (catalase, ascorbato peroxidase, superóxido dismutase e guaiacol peroxidase) e compostos não-enzimáticos (tocoferóis, vitamina C e tióis não-protéicos) (GOBBO; LOPES, 2007), capazes de remover estas espécies, mantendo um equilíbrio entre a produção e a remoção das ERs. No entanto, quando as células vegetais são expostas a uma situação de estresse tal como o déficit hídrico, há um aumento nos níveis de ERs, e se o vegetal não for capaz de aumentar as suas concentrações internas de antioxidantes, capazes de remover as ERs em excesso, a planta poderá entrar em um estado de estresse oxidativo, com danos a lipídios, ácidos nucleicos e proteínas, podendo levar a morte do vegetal.

No entanto, se as plantas produzirem um complexo sistema antioxidante, que mantenha um balanço entre a produção e a remoção destas espécies reativas, quando expostas ao déficit hídrico, as mesmas poderão ser classificadas como tolerantes àquela condição. Dentre os antioxidantes enzimáticos está a superóxido dismutase (SOD), considerada a primeira linha de defesa da planta, que atua dismutando o  $\text{O}_2^{\bullet-}$  em  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Em seguida, a catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) atuam na remoção do  $\text{H}_2\text{O}_2$  (MORO, 2012). Segundo o mesmo autor, as plantas estão constantemente passando por situações de estresse, e conseguem se adaptar e voltar ao metabolismo normal. As ERs são aumentadas quando as plantas passam por essas situações de estresse, e a deficiência hídrica estimula a produção destas espécies tóxicas sendo o principal ponto de produção as organelas com alta atividade de oxidação metabólica ou seja, nos cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos.

Outra enzima importante do sistema de defesa antioxidante é a peroxidase (POD), específica para acceptor de hidrogênio (NASCIMENTO, 2013). São encontradas em diversas formas, que usam diferentes redutores e estão localizadas no núcleo, nas

mitocôndrias, ribossomos, paredes celulares e membranas celulares (MORO, 2012). As PODs, segundo Moro (2012), desempenham um papel importante nas respostas ao estresse e, nestas condições, as plantas tendem a aumentar a atividade da POD e muitas vezes, é a primeira enzima a ter atividade alterada, atuando como um marcador bioquímico.

As plantas ainda produzem um sistema antioxidante não-enzimático de defesa contra os efeitos deletérios das ERs que possuem baixa massa molecular como a vitamina C, grupos tióis não-proteicos, carotenóides e tocoferóis. A vitamina C é um importante antioxidante em plantas porque é encontrado em altas concentrações em células vegetais (CHAGAS, 2007) é hidrossolúvel e age contra o oxigênio singlete. Já os carotenóides são capazes de impedir os danos causados às membranas, impedindo a peroxidação lipídica, bem como os tocoferóis que reagem com o oxigênio singlete protegendo a membrana contra esta espécie. Entre os grupos tióis não-proteicos destaca-se a glutatona (GSH) que está presente em uma série de reações principalmente na redução do  $H_2O_2$  em água (CHAGAS, 2007).

Estudos com déficit hídrico destacam as ações das enzimas antioxidantes e antioxidantes não-enzimáticos, tal como Carneiro et al. (2011), o qual avaliou a germinação das sementes de girassol e a resposta dos antioxidantes submetidas a estresse hídrico e salino, constatando um aumento nas atividades enzimáticas principalmente da superóxido dismutase (SOD) e ascorbato peroxidase (APX) e, ainda, afirmou que, quando as enzimas antioxidantes não atuam de forma eficiente na eliminação das ERs, a peroxidação lipídica se torna constante, sendo este o principal sintoma atribuído ao dano às membranas celulares (CARNEIRO et al., 2011).

Para o alho sobreviver ao estresse hídrico ele deverá desenvolver os seus mecanismos internos de tolerância, escape e adaptação, promovendo assim a varredura dos compostos com poder oxidativo comuns produzidos durante o estresse hídrico. Dessa forma, esta planta poderá se desenvolver e enfrentar os períodos de seca sem produzir perdas significativas na produtividade.

### 3.4 *Allium sativum* L.

O *Allium sativum* L. é conhecido popularmente como alho, que possui parentesco com a família da cebola (Liliaceae). É utilizado desde a mais remota antiguidade, tanto na culinária quanto na medicina popular. Sendo uma das plantas mais procuradas pelos fins fitoterápicos, o alho possui propriedades medicinais já testadas e comprovadas, incluindo antioxidantes, anticancerígenos, antimicrobianos, hepatoprotor, imunomodulador, e cardioprotetor apresentando mais de 2000 compostos ativos como compostos fenólicos (fenilpropanóides) (TUAN et al., 2010).

O alho é uma monocotiledônea, com estômatos dispersos tanto na parte adaxial da folha quanto abaxial. Lorenzi e Matos (2008) caracterizaram o alho como uma planta de porte pequeno, que possui sabor e aroma forte e característico, cujo tempo médio de vida pode chegar aos três anos. Possuem folhas durante o ano todo. Suas folhas são lineares e longas, com bulbos que formam bulbilhos entre 8 a 12 dentes variando de planta a planta. Acredita-se que seja uma planta originária da Ásia, mas é cultivada em todo o mundo, pois é utilizada tanto para o tratamento de enfermidades (classificando como medicinal) quanto para a condimentação de alimentos.

O alho vem sendo usado na medicina tradicional no tratamento de verminoses, edema, gripe, trombose, arteriosclerose, infecções da pele e mucosas e perturbações no aparelho digestivo (LORENZI e MATOS, 2008). Os mesmos autores ainda descreveram que o óleo essencial do alho contém aproximadamente 53 constituintes voláteis, todos derivados orgânicos do bulbilho que são destruídos em meio ácido. Ainda Chagas et al., (2012) relataram estudos de pesquisas farmacológicas utilizando o alho, as quais comprovaram seus efeitos antifúngico, antibacteriano, antioxidante, hipotensor, hepatoprotector, cardioprotector, hipoglicemiante, antitumoral, analgésico, antiviral, controlador de colesterol e triglicerídeos, quando administrado em doses adequadas.

Segundo Lozano, Bagne e Hora (2015), graças aos estudos científicos com plantas medicinais o consumo das mesmas e a substituição de medicamentos sintéticos por naturais aumentou significativamente com o passar dos anos. As pesquisas científicas e suas comprovações sobre o potencial das plantas medicinais, influenciadas pela busca por hábitos saudáveis, tornou a utilização dos fitoterápicos frequentemente questionada

por pesquisadores, sendo o alho alvo dessas análises segundo a sua origem e indicações. Os mesmos autores destacam que o alho foi um dos primeiros fitoterápicos já registrados, sendo considerado eficaz no tratamento de doenças e na manutenção da saúde, por estimular o sistema imunológico, podendo ser consumido por indivíduos em todas as suas fases de vida, sem contra-indicações.

Lorenzi e Matos (2008) abordam que as formas de comercialização do alho são variáveis, e a sua utilização como medicinal depende da finalidade, podendo ser utilizado nas formas de macerado, chás, xarope, tintura, ingestão dos bulbilhos, em forma de pó ou até mesmo o alho fresco. Seu efeito curativo está ligado diretamente às substâncias biológicas ativas, como por exemplo enzimas, como a alinase; compostos sulfurados, destacando-se a aliina; e componentes produzidos enzimaticamente, como a alicina (ANKRI e MIRELMAN, 1999).

Chagas et al. (2012; pág.02) relataram sobre os compostos presentes no alho principalmente em seu bulbo, descrevendo que "os bulbos desse vegetal contêm elevadas quantidades de g-glutamil-S-alil-L-cisteína e Salil-L-cisteína sulfóxido (aliina) que são considerados precursores de outras substâncias, pois sofrem reações por vias separadas e dão origem a diferentes compostos". Os mesmos autores ainda apontam os efeitos de outros compostos, afirmando que, algumas substâncias, depois da maceração, se transformam, tal como a aliina que se converte em alicina, e que, esta, ainda sofre outras alterações, decompondo em ajoeno, por exemplo.

Além do seu potencial no tratamento e cura de enfermidades em humanos, o alho também tem efeito inseticida. Thomas e Callaghan (1999) relataram que o alho possui vários compostos com atividade inseticida e não apresenta toxicidade ao homem. Sabendo que os efeitos bioativos das plantas são provenientes do seu metabolismo, Thomas e Callaghan (1999) afirmaram que o alho possui muitos compostos organosulfurados com atividade inseticida, e segundo a Embrapa (1993) o alho é utilizado na forma de extrato para o combate de moscas. Além disso, outros estudos apontaram o efeito do alho como inseticida orgânico.

Rohde et al. (2013), ao testar extrato de alho sobre o desenvolvimento da Mosca da fruta (*Ceratitis capitata*), constataram efeito benéfico comparado a testemunha, confirmando que o alho é um inseticida benéfico contra o ataque de moscas. Outros

estudos demonstraram que a alicina é uma poderosa substância utilizada no combate de fungos e bactérias. Fonseca e Passos et al. (2014) ao testar o extrato aquoso de alho destacaram a ação do extrato no combate a *Candida albicans* e *Streptococcus* e concluíram a sua ação antimicrobiana. Como comprovação de seus benefícios, o alho está em destaque nas cartilhas de manejo de pragas como inseticida natural no combate de pragas e pulgões. Previero et al. (2010) afirmam que o extrato dos bulbilhos de alho combatem pragas agrícolas, tendo em vista a presença da aliina, um aminoácido sulfurado que se transforma em alicina, princípio ativo antisséptico que controla insetos nocivos e não tem contra-indicação, tornando-se um inseticida barato, de baixo custo e de impacto zero ao ambiente.

Segundo o estudo de Chagas et al. (2012) sobre a atividade das enzimas antioxidantes do alho em animais, o qual relatou que a atividade antioxidante do alho inativa espécies reativas de oxigênio, onde os flavonóides, os compostos fenólicos e a alicina são capazes de agir como removedores de radicais. Além dos efeitos medicinais, culinário e no manejo ecológico de pragas agrícolas, devemos destacar que o alho possui um grande interesse econômico. Botrel e Oliveira (2012) destacaram que o cultivo de alho é importante para o Brasil, pois em 2010 foram plantados 10 mil ha de alho, com produção de 104 mil t, e o valor econômico que o alho apresenta se refere ao seu aspecto nutricional relevante que está dividido em seu conjunto de componentes químicos (compostos organosulfurados, açúcares e ácidos orgânicos que dão origem ao seu sabor e aroma característico, além da alicina, uma das responsáveis pelas funções terapêuticas, como já citado anteriormente).

Dalonso et al. (2009) ressaltam que o cultivo do alho envolve várias etapas no plantio e na colheita, onde os bulbos passam por processos de remoção do excesso de água, classificação, limpeza e embalagem. Para evitar perdas dessa planta é necessário intensificar o seu padrão de estudo, comprovando cada vez mais o quanto o alho é importante em diferentes aspectos para todos os conjuntos de seres vivos. Portanto, devido ao seu grande interesse econômico, é imprescindível o estudo quanto às suas propriedades fisiológicas e bioquímicas testando as suas respostas metabólicas frente a diferentes tipos de ambientes tal como os ambientes com baixa disponibilidade de água.

Sabendo das mudanças climáticas e estacionais que nosso planeta está passando, incluindo principalmente a nossa região é necessário pesquisar e comprovar a adaptação das plantas medicinais nessas condições, buscando um olhar agroecológico, que demonstre os benefícios que o alho pode oferecer quando este é submetido ao déficit hídrico, elucidando mecanismos e metodologias que poderão ser utilizadas futuramente para esta ou outras espécies de plantas.

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Os experimentos foram realizados nos laboratórios da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS Campus Laranjeiras do Sul, PR e, campus Erechim, RS, bem como nas áreas experimentais da UFFS campus Laranjeiras do Sul - PR.

##### **4.1 Coleta e cultivo do Alho**

Os alho-semente foram adquiridos todos no mesmo local (mesmo acesso) com os agricultores de Nova Laranjeiras na forma de cabeça e, separados os bulbilhos (dentes de alho) (EMBRAPA,1993), os quais foram propagados em casa de vegetação. Foram plantados três bulbilhos por vaso, preenchidos com substrato Plantmax® rico em matéria orgânica, com dez vasos para cada tratamento, a uma profundidade de 2 a 3 centímetros (EMBRAPA, 1993). Cada vaso continha quatro quilogramas de substrato, todos pesados em balança de precisão. Após um mês de aclimação, as plantas foram submetidas aos diferentes níveis de déficit hídrico. As plantas foram mantidas sob tratamento durante 45 dias, conforme desenvolvimento.

##### **4.2 Exposição ao déficit hídrico**

A capacidade de pote (CP) foi adotada como o conteúdo de água drenado pelo solo após sofrer saturação através da ação da gravidade, até o cessamento desta drenagem (SOUZA et al., 2000). O nível de estresse adotado foi de 25%, 50%, 75% e 100% da CP. A irrigação dos vasos foi controlada através do procedimento de pesagem, sendo que os vasos foram pesados a cada dois dias em balança de precisão para posterior reposição da água evapotranspirada no período, mantendo-se os vasos próximos à capacidade de campo 100%, 25%, 50% e 75% da capacidade do pote naqueles tratamentos sob condições de estresse, sendo esta iniciada aos 30 dias após a semeadura (SOUZA,

2013). A irrigação foi realizada por meio de balde com aferição em ml com intervalos de 2 dias. Durante o período de estresse hídrico as plantas foram submetidas a análise de condutância estomática e testes de clorofila. Aos 45 dias após o início dos tratamentos, as plantas foram colhidas, separadas em raiz, parte aérea e bulbilhos e, a seguir analisadas.

### **4.3 Análises Fisiológicas**

#### **4.3.1 Avaliações de condutância estomática**

As medições da condutância estomática da cultura foram efetuadas utilizando-se de um porômetro da marca Delta T modelo AP4 em estado de equilíbrio dinâmico com medidas diretas de condutância estomática durante o período de estresse hídrico. Foram separados cinco vasos aleatórios para cada tratamento, e uma planta por vaso. De cada planta, três folhas exposta à radiação solar foram selecionadas para realização de tais medidas (PAIVA et al., 2005).

Primeiro as medições foram realizadas na folha mais jovem, a segunda folha foi marcada com um laço e a terceira folha era a mais velha. Tais análises foram realizadas na região adaxial em três regiões de cada folha da cultura do alho, ocorrendo sempre de baixo para cima sendo primeiro a região inferior, segundo a mediana e por último a superior. As medições foram realizadas entre 8 horas da manhã até as 14 horas da tarde, por corresponder ao intervalo no qual se situa o pico da radiação solar na região de Laranjeiras do Sul, no período da amostragem (TONELLO e FILHO, 2013; PAIVA et al., 2005).

As medições foram realizadas uma vez na semana com início 35 dias após o plantio totalizando cinco medições durante o período de estresse hídrico (TONELLO e FILHO, 2013). As variações de temperatura dentro da casa de vegetação variaram entre 22 a 28°, e a umidade relativa do ar 65%, em uma intensidade de luz que variava em aproximadamente 90 mmol.m<sup>2</sup>.S<sup>-1</sup>, verificados a cada análise com o auxílio do porômetro.

#### **4.3.2 Avaliações do índice de clorofila**

Os dados do teor relativo de clorofila (SPAD) foram determinados mediante duas leituras com clorofilômetro (modelo Falker ClorofiLog CFL 1030), de acordo com a metodologia descrita por Leonardo et al. (2013). Cinco vasos foram escolhidos

aleatoriamente para as análises. Em cada vaso foi selecionada uma planta, sendo analisadas três folhas, em três regiões de cada folha, ocorrendo sempre de baixo para cima sendo primeiro a região inferior, segundo a mediana e por último a superior. As avaliações ocorreram na primeira e última semana do início dos tratamentos.

#### **4.4 Crescimento e biomassa**

As plantas foram separadas em raiz, parte aérea e bulbilhos. O comprimento do sistema radicular (comprimento da raiz principal), da parte aérea e do bulbilho foram mensurados com o uso de uma régua. Para a determinação da biomassa, os órgãos foram submetidos à pesagem com o uso de uma balança analítica, sendo registrada a massa fresca. Para a massa seca, parte aérea, raiz e bulbilhos foram secos em estufa à 70 °C até a obtenção de uma massa constante, sendo a mesma registrada.

#### **4.5 Análises Bioquímicas**

##### **4.5.1 Coleta para as análises bioquímicas**

As plantas inteiras de alho foram coletadas na casa de vegetação e transportadas em nitrogênio líquido até o laboratório de bioquímica da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul. No laboratório, as partes foliares, radicular e bulbilho foram maceradas com nitrogênio líquido e armazenadas em ultrafreezer a -80 °C. Após as amostras foram transportadas, em nitrogênio líquido, até a UFFS-Campus Erechim - RS onde foram realizadas as análises bioquímicas.

##### **4.5.2 Atividade das enzimas antioxidantes**

Para a determinação da atividade das enzimas antioxidantes (ascorbato peroxidase, APX, e guaiacol peroxidase, POD) foram utilizados os macerados mencionados no ponto 4.5.1. A uma grama de amostras foram adicionados 3 mL de tampão de fosfato de sódio 0,05 M (pH 7,8) contendo 1 mM EDTA, 2% de polivinilpirrolidina e Triton X-100 10 ml L<sup>-1</sup>. O homogeneizado foi centrifugado a 13.000 x g por 20 min a 4 °C. O sobrenadante resultante foi utilizado para as análises de atividade das enzimas antioxidantes.

A atividade da APX foi determinada de acordo com o método descrito por Zhu e seus colaboradores (2004). A oxidação do ascorbato dependente do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> que foi

registrada a 290 nm, usando o coeficiente de extinção molar de  $2,8 \text{ mM cm}^{-1}$ , com um tempo total de 120 segundos e intervalo de leitura de 15 em 15 segundos em espectrofotômetro. O volume final da mistura de reação foi de 2 ml, a qual foi composta por tampão fosfato de sódio  $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$  (25 mM) (pH 7,0), 0,1 mM de EDTA, ascorbato (0,25 mM),  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1 mM) e o extrato enzimático (30  $\mu\text{l}$ ). A atividade foi expressa em  $\mu\text{mol AsA oxidado min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$  proteína.

A atividade da enzima POD foi determinada segundo Zeraik et al. (2008), utilizando-se o guaiacol como substrato. A mistura de reação continha 1,0 mL de tampão fosfato de potássio (100mM, pH 6,5), 1,0 mL de guaiacol (15 mM) e 1,0 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (3 mM). Após homogeneização, foi adicionado 50  $\mu\text{L}$  do extrato da planta a esta solução. A atividade da enzima foi mensurada através da oxidação do guaiacol a tetraguaiacol através do aumento na absorbância a 470 nm. Os resultados foram expressos em unidade de enzima por mg de proteína ( $\text{U mg}^{-1}$  proteína). Para o cálculo, foi utilizado o coeficiente de extinção molar de  $26,6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ .

Em todas as preparações enzimáticas a concentração de proteínas foi mensurada pelo método Coomassie Blue (BRADFORD, 1976), usando albumina sérica bovina (BSA) como padrão.

#### **4.6 Análise estatística**

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, constituindo-se de 5 repetições com duas plantas para cada repetição equivalente aos tratamentos 25%,50%,75% e 100% respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo software SISVAR, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 0,05% de significância.

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Ao submeter as análises de condutância estomática com o porômetro nas plantas de alho, foi possível verificar que as atividades foram mais elevadas no tratamento com 50% principalmente na região mediana da folha, os tratamentos de 75% e 50% foram os mais significativos e o ápice da folha não teve diferenças relevantes em nenhum dos tratamentos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Condutância estomática das regiões do ápice, mediana e basal da folha de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.

Concentrações (%)	Regiões da folha <i>Allium sativum</i>			
	(mmol.m <sup>2</sup> .S <sup>-1</sup> )			
	Ápice	Mediana	Basal	Média
25	3925,36 aA	3828,76 aA	3503,86 aA	3752,66 a
50	5741,67 aA	8112,26bAB	8956,62 cB	7603,52 b
75	5970,50 aA	7257,84 bA	7949,68 bcA	7059,34 b
100	6197,46 aA	6197,58 abA	5309,98 abA	5901,67 b
Média	5458,75	6349, 11 A	6430,03 A	
C.V(%)	33,43			

Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade.

Com isso, percebemos que as plantas, ao absorverem CO<sub>2</sub>, inevitavelmente, perdem água pelas folhas. Essa perda de água ocorre principalmente através dos estômatos, que apresentam mecanismos para controlar o seu grau de abertura. Esse controle é atribuído à condutância estomática foliar, que é frequentemente utilizada como indicador da deficiência hídrica (PAIVA, 2005).

De acordo com Tonello e Filho (2013) para plantas que crescem em condições de estresse hídrico moderado, ou mesmo em condições de estação seca do ano, o efeito combinado de vários fatores influenciam na transpiração e condutância estomática, resultam em geral na ocorrência de um padrão diurno de variação da transpiração e condutância estomática, como o observado no alho.

Este padrão diário caracteriza-se pela ocorrência de valores máximos da condutância estomática de manhã cedo e ao final da tarde, com uma característica de diminuição ao redor do meio-dia. Em condições de déficit hídrico severo, a abertura estomática máxima ocorre apenas de manhã cedo, fechando-se ao meio-dia e reabrindo ligeiramente durante a tarde.

Como relatado por Costa e Marengo (2004), nos horários mais quentes do dia a condutância estomática diminui a ponto de evitar que o potencial hídrico da folha desça abaixo de níveis considerados para a estabilidade do sistema de transporte de água. No caso do alho, as análises eram feitas pela manhã começando por volta das 8:00 e terminavam entre as 14:00 e 15:00 da tarde aproximadamente. Além disso, dentro da casa de vegetação a luminosidade variava, isso explica as variações observadas através dos resultados obtidos no porômetro devido às condições em que o alho estava exposto.

A transpiração é influenciada por diversos fatores tais como, clima, solo, idade das plantas, disponibilidade de água no solo. A transpiração intensifica-se com a diminuição da umidade relativa do ar e com o aumento da temperatura. O aquecimento da folha, em decorrência da forte radiação, também eleva as taxas transpiratórias, pois aumenta a diferença de pressão de vapor entre o ar e a folha, provocando transpiração mesmo com o ar saturado (SOUZA et al., 2011).

Verificou-se que, na concentração 25%, os valores de condutância estomática foram reduzidos em *A. sativum*, embora um aumento tenha sido observado na concentração de 75% (Tabela 2). Dados da literatura estão de acordo com os dados obtidos no presente estudo para a condutância estomática. Dentre eles, Oliveira et al. (2004) que estudou a produção de Mamoeiro, Santos et al. (2016) que verificou a condutância estomática do abacaxizeiro e Paiva et al. (2005) no seu estudo com feijoeiro.

Isso indica que, quando o déficit de água no solo não é muito acentuado, as variações da condutância estomática obedecem à mesma tendência das plantas sem restrição hídrica. Portanto, para o alho, tais resultados sugerem que, uma condição de boa disponibilidade de água no solo, com maior condutância estomática, resulta em maiores trocas gasosas, maior incorporação de CO<sub>2</sub> da atmosfera e maior produção de fotoassimilados pela planta.

Na tabela 2 foi possível observar que, no primeiro dia da análise, as concentrações 75% e 100% mostraram taxas significativas de condutância estomática comparadas aos outros dias de análise. Com ao passar dos dias de estresse, o tratamento com 75% obteve taxas maiores de condutância estomática que os outros tratamentos, porém no

último dia de análises as concentrações de 25% e 50% obtiveram taxas maiores comparadas aos outros tratamentos.

**Tabela 2.** Comparação do índice de Condutância estomática das folhas de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.

Concentrações (%)	Comparação com as análises do Porômetro.					
	Dia 03	Dia 10	Dia 14	Dia 24	Dia 31	Média
25	3900,37 aAB	2303,11 aA	3509,11 aAB	878,64 aA	5755,62 bB	3269,37 a
50	3843,57 aAB	3016,62 aA	3083,93 aA	3241,51 aAB	6212,26 bB	3879,58 a
75	4019,04 aA	5015,33 aA	3498,31 aA	2218,71 aA	4464,37 abA	3843,15 a
100	4138,77 aA	3150,42 aA	192769 aA	3316,46 aA	2069,40 aA	2920,55 a
Média	39,7544 BC	3371,37ABC	3004,76 AB	2413,83 A	462541 C	
C.V.(%)		50,82				

Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade.

De acordo com Martins et al. (2006) a irrigação de *A. sativum* é essencial não só para atingir o potencial máximo de rendimento, mas também a mais alta qualidade do produto final. Apesar da importância da irrigação para a qualidade da maioria dos vegetais, até agora nenhum estudo relatado disponibiliza o efeito da irrigação na composição química e na qualidade do alho.

Martins et al. (2006) relata que as condições de cultivo podem afetar significativamente a composição química do alho e, portanto, poderia ser usado para garantir uma adequada manipulação do conteúdo de compostos bioativos e, conseqüentemente, a qualidade de produtos finais. Com isso, Ankri e Mirelman (1999) afirmam que os compostos químicos presentes no alho como aliina, alicina e ajoeno é que fazem a ação herbicida, fungicida, antibacteriana, embora estes não estejam relacionados a fatores como absorção de água e fotossíntese.

Dessa forma, a composição química do alho não interferiu nos resultados obtidos para a condutância estomática, visto que o equipamento (porômetro) é capaz de estimar a condutância foliar à difusão gasosa, útil para determinar o estado hídrico das plantas através da determinação da resistência ou da condutância, existente na folha, à passagem do vapor d'água de dentro da folha para a atmosfera (JUNIOR et al., 2000).

Junior et al. (2000) observaram ao estudar tomateiro que existe relação entre o saldo de radiação, a transpiração e a condutância estomática de plantas sem restrição de água. Segundo os autores, isto reflete uma resposta dos estômatos à disponibilidade de energia e à demanda evaporativa sobre plantas cultivadas a campo.

Os resultados relativos aos teores de clorofilas das regiões do ápice, mediana e basal da folha de plantas de *Allium sativum* submetido a diferentes concentrações de déficit hídrico estão ilustrados na tabela 3. De acordo com a tabela, houve diferenças na concentração de clorofila devido ao crescimento da folha do alho, o tratamento com déficit hídrico a 50% induziu uma redução de 46% nos níveis de clorofila da região foliar basal de *A. sativum*, quando comparado com o controle (capacidade de pote a 100%). Além disso, no tratamento com 50% da concentração de água foi observado o amarelamento de algumas das folhas avaliadas. Esse amarelamento observado pode estar associado a adaptabilidade do alho a temperatura e umidade na casa de vegetação.

**Tabela 3.** Índice de concentração de clorofila das regiões do ápice, mediana e basal das folhas de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.

Concentrações (%)	Índice Concentração de clorofila (Spad)			
	Ápice	Mediana	Basal	Média
25	45,64 abB	42,02 abB	27,80 abA	38,48 a
50	42,56 aB	45,56 abB	18,66 Ab	35,59 a
75	52,65 bB	48,63 aA	32,13 Ba	44,47 b
100	46,73 abB	36,05 bA	34,44 Ba	39,07 ab
Média	46,90 B	43,06 B	28,26 A	
C.V(%)	15,15			

Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade.

Essas diferenças na coloração das folhas observadas ao longo do experimento influenciou na variação no Índice concentração de clorofila o que pode estar ligado a absorção de nutrientes pela planta, além da temperatura mais elevada dentro da casa de vegetação decorrente do próprio período de aclimação, já que o alho é uma cultura de inverno, e foi cultivado em um ambiente mais ameno.

Dutra et al. (2012) obteve resultados parecidos com o alho ao estudar girassol durante o estresse hídrico, onde o teor de clorofila das folhas das plantas, foi limitada devido à baixa disponibilidade de água. Isso porque as clorofilas constituem indicador do estado fisiológico das plantas, sendo essenciais ao seu crescimento e adaptação aos mais variados ambientes (ÁVILA, 2015).

Além disso, Argenta et al. (2004) avaliou os índices da concentração de clorofila (ICC) em quatro estágios de desenvolvimento de plantas de milho, e verificou a variação nos seus teores, os quais foram maiores na região mediana da folha e menores na região basal. Sendo que as houve diferença significativa para o índice de concentração de clorofila entre as regiões da parte da planta utilizada. Observa-se que nas concentrações de 25 e 50% houve diminuição do índice de clorofila na porção basal da folha em relação a região do ápice e mediana da folha de alho, respectivamente.

Essa diminuição no índice de clorofila associasse com os valores obtidos por Cavalcante et al., (2011) que estudou Maracujazeiro (*Passiflora edulis*), está relacionado

a resposta da planta com o passar dos dias em estresse hídrico. Visto que uma planta durante o estresse diminui suas taxas fotossintéticas para poupar o gasto energético.

Uddling et al. (2007) e Jesus e Marenco (2008), justificam a falta de linearidade entre os teores de clorofila, observada em seus estudos, no qual a distribuição da clorofila na superfície da folha apresenta certa desuniformidade, sobretudo em folhas bem esverdeadas o que pode levar a uma subestimação dos valores do índice em folhas com altos teores de clorofila. Os mesmos autores, ainda descreveram que o fato de algumas plantas apresentarem uma lâmina foliar mais espessa provavelmente contribuiu para a menor eficiência do clorofilômetro, o que pode ter acontecido no que remete a parte basal da folha de alho. Os índices de clorofila do alho verificados pelo clorofilômetro pode ter sido influenciado pelo sombreamento da casa de vegetação, pois os teores de clorofila e carotenóides nas folhas são utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas, pela sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa e ao crescimento e à adaptação a diversos ambientes como relata Porra et al. (1989).

Uma planta com alto teor de clorofila é capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, sendo a luminosidade primordial para o crescimento das plantas, não por fornecer energia para a fotossíntese, mas também por fornecer sinais que regulam seu desenvolvimento por meio de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades, qualidade espectral e estado de polarização (REGO e POSSAMAI, 2006). Dessa forma, modificações nos níveis de luminosidade, aos quais uma espécie está adaptada, podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (REGO e POSSAMAI, 2006; PORRA et al., 1989).

As clorofilas são pigmentos responsáveis pela captura de luz usada na fotossíntese, sendo elas essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH. Assim, as clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente com seu crescimento e adaptabilidade aos diferentes ambientes (JESUS e MARENCO, 2008).

Os valores para os níveis de clorofila obtidos por Carvalho et al. (2003) ao estudar plantas de *Artemisia* (*Artemisia vulgaris* L.), cultivadas em vasos com substrato mantido na capacidade de campo, a 90%, a 70% e a 50% foram reduzidos com o passar do tempo, em quaisquer dos níveis hídricos, indicando uma tendência à senescência. Apesar da redução contínua nos níveis de clorofila, as plantas de *Artemisia* mantidas a

50% da capacidade de campo tiveram, durante todo o tempo acompanhado, teor relativo de clorofila cerca de 30% mais alto comparado às plantas mantidas a 90% da capacidade de campo. O maior teor relativo de clorofila nas folhas expandidas das plantas sob deficiência hídrica pode ser utilizado como indicativo de estresse (CARVALHO et al., 2003).

Para a variável comprimento total das regiões da planta de *A. sativum* foi possível observar diferença significativa entre os tratamentos para a região do tecido foliar. Ao observarmos o crescimento de *A. sativum* foi possível verificar uma redução (1,2 e 1,3 vezes maior quando comparado com o controle, 100%, respectivamente) apenas no comprimento das folhas quando estas foram tratadas com 25% e 50% da capacidade de pote e, um aumento (1,2 vezes maior quando comparado com o controle, 100%, respectivamente) do comprimento neste mesmo órgão quando *A. sativum* foi tratado com 75% da capacidade de pote. Isso pode ter acontecido pelo fato do ciclo do alho ser inicial, e por isso o bulbilho não obteve crescimento, já que o ciclo vital do alho leva aproximadamente 30 semanas (7 meses) aborda Resende et al.(2004). Mais na folha essas diferenças de valores diferem devido a folha da planta de alho passar por processos fisiológicos mais complexos que a raiz como a transpiração, fotossíntese entre outros.

**Tabela 4.** Valores médios do comprimento total (cm) de regiões dos bulbilhos, folhas e raízes de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.

Concentrações (%)	Parte da planta de <i>Allium sativum</i>		
	Bulbilho	Folha	Raiz
25	2,10 aA	32,90 bC	10,90 aB
50	2,37 aA	28,40 aC	13,80 aB
75	3,70 aA	44,90 dC	12,50 aB
100	2,50 aA	38,20 cC	13,30 aB
Média	2,66 A	36,10 C	12,62 B
C.V(%)	10,67		

Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade.

Scalon et al (2011) e Larcher (2000) ressaltam que o crescimento final da planta como um todo e, a partir dos dados de crescimento, pode-se inferir fisiologicamente, estimando de forma bastante precisa, as causas de variações de crescimento entre as plantas geneticamente diferentes ou entre plantas semelhantes crescendo em ambientes diferentes. Teixeira et al. (2011) quando avaliou sementes de *Crambe abyssinica* para biodiesel observou redução no crescimento da planta nas menores concentrações de água assim como o alho. Já o Gergelim (*Sesamum indicum*), avaliado por Taveira et al. (2016) apresentou um maior crescimento nos estágios em que o déficit hídrico era moderado e severo, resultados estes muito parecidos com os achados no presente estudo (Tabela 4).

Por outro lado, Brito et al. (2013), Oliveira (1995), Sanches (2012), Melo e Oliveira (1999) obtiveram resultados significativos com incremento no crescimento para outras espécies de vegetais expostas ao déficit hídrico. No alho o incremento do crescimento foi observado nas concentrações de 75% (1,3 a 1,4 vezes maior que o controle), onde as condições não eram totalmente de déficit hídrico, que de acordo com Melo e Oliveira (1999) o alho exige um pouco mais de água durante o crescimento de suas folhas, e as plantas no geral como aborda Sanches (2012) no período de estresse de água diminuem as taxas de crescimento para tolerarem a seca.

O teor de água nesta fase deve ser mantido em torno de 70 a 90% da capacidade de campo, para se obter crescimento máximo das plantas (FILGUEIRA,1982). Melo e Oliveira (1999) também afirmam que, na fase inicial de desenvolvimento de *A. sativum*, a maior quantidade de água no solo favorece o desenvolvimento do mesmo. O fato das plantas apresentarem comprimentos menores nos níveis de água no solo inferiores a 50% está provavelmente relacionado aos efeitos do estresse hídrico no crescimento das plantas.

O estresse hídrico, pode provocar mudanças nas relações hídricas nas folhas que, por sua vez afetam os processos químicos e fisiológicos e, em consequência, o crescimento e desenvolvimento da parte aérea da planta (MELO e OLIVEIRA, 1999). De acordo com Scalon et al. (2011), o déficit hídrico nas plantas ocorre em situações em que as células e tecidos não estão plenamente túrgidas. Em consequência, se dá o fechamento dos estômatos, causando redução na fotossíntese e, conseqüentemente, no desenvolvimento.

Santos e Carlesso (1998) justificam que a água evapotranspirável ou água disponível no solo é definida pela diferença entre o conteúdo de água no solo, explorado pelo sistema radicular das plantas, entre o limite superior e o limite inferior de água disponível no solo. Os mesmos autores afirmam ainda que em condições de déficit hídrico há maior expansão das raízes, devido ao secamento da superfície do solo. Durante o desenvolvimento das plantas, a densidade e o comprimento de raízes aumentam até o início da floração das plantas, decrescendo posteriormente, com diminuição na eficiência de absorção de água.

O desenvolvimento do sistema radicular nas camadas mais profundas do perfil possibilita, às plantas, explorar melhor a umidade e a fertilidade do solo, dependendo das características morfológicas e genótípicas da planta (SANTOS e CARLESSO, 1998). O alho não obteve um comprimento significativo do sistema radicular, o teor de água nesta fase deve ser mantido em torno de 70 a 90% da capacidade de campo, o fato das plantas apresentarem comprimentos menores nos níveis de água inferiores está provavelmente relacionado aos efeitos do estresse hídrico no crescimento das plantas (MELO e OLIVEIRA, 1999).

Na tabela 5 estão ilustrados os dados relativos a biomassa fresca das plantas de alho. Para as raízes e bulbilhos não foram observados resultados significativos. No entanto, para a parte aérea foram observadas alterações significativas. Para *A. sativum* tratada com 25% e 50% da capacidade de pote a biomassa foi 1,4 e 1,7 vezes menor quando comparado ao tratamento controle (100% da capacidade de pote), o qual não diferiu da testemunha (Tabela 5). Dutra et al. (2012) obteve resultados parecidos ao avaliar plantas de girassol em diferentes concentrações de água observando que o tratamento com 60% de concentração afetou a produção de biomassa, tanto da parte aérea como da raiz. A falta de água pode levar a redução da expansão celular, fechamento de estômatos, redução na fotossíntese, afetando severamente a produção de biomassa da parte aérea e raiz (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Além disso, Sobrinho et al. (2011) ao estudar Girassol em condições de déficit hídrico verificou que a biomassa fresca da parte aérea da cultivar diminuiu com os diferentes teores de água no solo, sendo que no menor nível de água no solo a produção de massa seca corresponde a 65,31% do que foi produzido pelas plantas cultivadas no solo com nível de água equivalente a 100% da capacidade de campo. Esse menor

acúmulo de massa fresca pode ser um reflexo de uma redução na absorção de íons do solo, redução da fotossíntese, e redução na redistribuição de fotoassimilados. Sobrinho et al. (2011) ainda afirma que a perda de água por meio da transpiração causa um fluxo de massa de íons na superfície das raízes, na ausência de água pode ocorrer redução significativa na absorção de nutrientes pelas plantas.

Carvalho et al. (2003) observou no seu estudo de estresse hídrico com *Artemisia* que a redução no nível hídrico de 90% para 50% da capacidade de campo causou decréscimo no acúmulo de massa fresca na parte aérea das plantas. Esses dados são similares aos descritos por Schuch et al. (1998), em plantas de *Chrysanthemum* mantidas em sistema de reduzido volume de irrigação (30% a menos do que o controle) por dez semanas consecutivas. Segundo Carvalho et al. (2003), a deficiência hídrica interrompe o processo de crescimento, não apenas diminuindo o acúmulo de massa fresca e seca, mas também alterando o processo de crescimento, e acelerando os processos catabólicos.

A produção de biomassa na planta é resultante da fotossíntese, portanto, sob condições de estresse, a taxa de crescimento relativo também é reduzida. Segundo Reis et al. (2007) a perda de água por meio da transpiração causa um fluxo de massa de íons na superfície das raízes, na ausência de água pode ocorrer redução significativa na absorção de nutrientes pelas plantas.

**Tabela 5.** Valores médios da biomassa fresca de bulbilho, folha e raiz (g) de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.

Concentrações (%)	Biomassa fresca (g)		
	Bulbilho	Folha	Raiz
25	0,96 aA	4,31 aB	0,50 Aa
50	0,94 aA	3,57 aB	0,60 aA
75	1,27 aA	6,06 bB	0,74 aA
100	1,28 aA	6,05 bB	0,71 aA
Média	1,11 A	5,00 B	
C.V (%)	33,57		

Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade.

Os valores médios da massa seca da parte aérea a na concentração de 100% não diferiu da concentração de 25% da disponibilidade de água, chegando a ser menor sob menor disponibilidade de água. A massa seca de raiz e bulbilho não diferiram significativamente em relação aos tratamentos. Morales et al. (2015) obtiveram resultados similares aos observados no presente estudo quando estudou linhagens de tomateiro sob estresse hídrico. Os mesmos autores observaram redução da massa fresca e seca das folhas, do caule e sistema radicular nas linhagens, onde a massa seca do sistema radicular do tomateiro não teve diferença entre as linhagens.

Com o aumento do déficit hídrico não foram observadas alterações significativas na biomassa seca dos órgãos de *A. sativum* (Tabela 6), sendo observado apenas uma alteração de incremento de 40% para a biomassa das folhas das plantas tratadas com 75% da capacidade de pote. Alguns autores como Bernier et al. (2008), Morales et al. (2015), Sousa et al. (2015) Mendes et al. (2007), Nobre et al. (2010), Castro et al. (2006), Silva et al. (2007), Viana et al. (2004), Boyer (1976) e Macêdo et al. (2006) obtiveram resultados parecidos com os do alho e afirmaram que a falta de água afeta praticamente todos os processos fisiológicos, inclusive o acúmulo de matéria seca, que é o principal responsável pela produção, onde as plantas mais vigorosas sob condições de déficit hídrico, apresentam mecanismos fisiológicos que permitem o seu desenvolvimento nas condições de seca.

Com isso a biomassa excessiva requer uma maior quantidade de água no solo devido à maior transpiração da planta. O que pode ter influenciado em uma diminuição de valores no tratamento 100% é a temperatura presente na casa de vegetação, apesar que o 100% da CP obtinha a maior quantidade de água, pode influenciar em um maior gasto energético interferindo nos valores.

**Tabela 6.** Valores médios da biomassa seca de bulbilho, folha, raiz e total (g) de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.

Concentrações (%)	Biomassa seca (g)		
	Bulbilho	Folha	Raiz
25	0,21 aA	0,51 aB	0,06 aA
50	0,14 aA	0,44 aB	0,08 aA
75	0,19 aA	0,86 bB	0,09 aA
100	0,14 aA	0,61 aB	0,05 aA
Média	0,17 B	0,61 C	0,07 A

C.V (%) 37,43

Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade.

Os resultados obtidos no estudo com o alho discordam dos resultados obtidos por Belo (2011) ao avaliar *Campomanesia xanthocarpa* sobre estresse hídrico, onde a matéria seca das raízes foi significativamente afetada pelo estresse hídrico logo aos 12 dias de estresse e a produção de biomassa seca em raízes foi substancialmente reduzida e logo retomou a taxas semelhantes aos períodos iniciais.

Belo (2011) ainda afirma que em condições de estresse hídrico é comum as plantas fecharem os estômatos como alternativa de evitar a perda de água, mas este mecanismo prejudica a difusão de CO<sub>2</sub> na fixação de carbono para produção de biomassa prejudicando a fotossíntese, além da ascensão de água e nutrientes via fluxo de massa na corrente transpiratória do xilema. Plantas com raízes em situação de alagamento Belo (2011) relata que também apresentam redução da produção de matéria seca, visto que o solo saturado com água prejudica a absorção de água e nutrientes pelas raízes, além de efeitos negativos no aparato fotossintético acarretando reduções na taxa fotossintética e morte de raízes.

No entanto, Csiszár et al. (2007) relataram que a diminuição de água no alho (uma diminuição no teor de água do solo em 40%) durante a estação de crescimento, conforme implementado pela água segurando durante uma semana de estágio, pode causar mudanças significativas em antioxidantes e nas atividades de enzimas antioxidantes, como catalase (CAT), glutathiona redutase (GR), peroxidase (POD) e superóxido dismutase (SOD).

Dessa forma, segundo Macedo e Cargnelutti (2016) para a adaptação de plantas a condições adversas pode haver alterações bioquímicas e fisiológicas. O déficit hídrico desencadeia alterações em parâmetros de crescimento, fotossíntese, abertura e fechamento de estômatos, expansão foliar e desencadeia estresse oxidativo. No metabolismo vegetal ocorre a produção de espécies reativas de oxigênio, as quais são equilibradas por um complexo sistema antioxidante. Além da ativação do sistema de defesa antioxidante, o estresse hídrico pode ativar nas plantas o metabolismo secundário, e aumentar a acumulação de compostos com atividade biológica potencial.

Dentre os parâmetros afetados pelo estresse hídrico estão os níveis de proteínas solúveis, sendo muitas delas, enzimas responsáveis pelo metabolismo das EROs. Com isso observamos a grande importância de estudar enzimas específicas do alho como a POD e a APX, devido a possível manifestação do  $H_2O_2$ , nas plantas jovens de alho. No presente estudo, os níveis de proteínas somente foram alterados nos bulbilhos de *A. sativum* tratado com 50% da capacidade de pote (Tabela 7), com um incremento de 1,3 vezes quando comparado com o tratamento controle (100% da capacidade de pote).

**Tabela 7.** Teor de Proteína (mg/L) dos bulbilhos, folhas e raízes de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.

Concentrações (%)	Concentração de proteína (mg L <sup>-1</sup> )			
	Bulbilho	Folha	Raiz	Média
25	2,78 aC	2,67 aB	0,75 aA	2,21 ab
50	3,57 bC	2,71 aB	0,97 aA	2,42 b
75	2,95 aC	2,43 aB	0,71 aA	2,03 a
100	2,78 aC	2,21 aB	0,76 aA	1,92 a
Média	3,12 C	2,50 B	0,80 A	
C.V (%)	14,30			

\*Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade.

A alteração no padrão de concentração de proteínas está completamente ligado com a restrição hídrica (CIA, 2010). Quando uma planta é exposta por um período ao estresse ocorre um aumento na quantidade de proteínas as quais são destinadas para

as rotas de defesa contra o estresse, fazendo uma varredura das EROs e demais compostos oxidantes que danificam compostos estruturais e a maquinaria metabólica celular. Assim, os dados observados no presente estudo corroboram com os dados encontrados na literatura para outras espécies de plantas expostas a diferentes níveis de déficit hídrico (PARIDA et al., 2007; FUMIS e PEDRAS, 2002; MELO, 2012; QUEIROZ et al., 2002; SOUSA et al., 2015).

Dessa forma, Parida e Das (2005) relatam que durante o início do desenvolvimento de uma planta em estresse hídrico ou salino, todos os principais processos, como a fotossíntese, síntese protéica são afetados. Segundo os mesmos autores as proteínas que se acumulam em plantas podem desempenhar um papel no ajuste osmótico. Hasegawa et al. (2000) concluiu que uma série de proteínas induzidas por estresse é citoplasmática, o que pode causar alterações na viscosidade citoplasmática das células.

Evidências sugerem que a seca provoca estresse oxidativo em várias plantas, que EROs, tais como o radical superóxido ( $O_2^{\cdot -}$ ), radical hidroxila (OH), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e oxigênio singleto ( $1O_2$ ), são produzidos (CARNEIRO et al., 2011). A produção de EROs parece ser um evento dinâmico durante o desenvolvimento vegetal, bem como uma resposta da planta a estresses bióticos e abióticos (APEI e HIRT, 2004). Segundo Carneiro et al. (2011) para eliminar essas espécies reativas, as plantas apresentam sistemas enzimáticos antioxidantes que constituem uma importante defesa primária contra os radicais livres gerados sob condições de estresse, como a ascorbato peroxidase (APX) que podem quebrar o  $H_2O_2$  em  $H_2O$  e  $O_2$ , a peroxidase (POD) também atua quebrando o  $H_2O_2$ . A APX é responsável pela eliminação do poder tóxico do  $H_2O_2$ , no cloroplasto e citosol enquanto as peroxidases (POD) encontram-se presentes em quase todos os compartimentos dos vegetais (ZANETTI, 2013).

Entretanto, esta regulação pode ser perdida se o estresse for mais severo, aumentando consideravelmente a produção de radicais livres que podem levar a uma cascata de eventos que inicia com a peroxidação de lipídeos, avançando para a degradação de membranas e morte celular. Assim, a partir de um balanço entre as defesas antioxidantes e os efeitos tóxicos das ERO a biomoléculas, os seres vivos conseguem manter o metabolismo e o funcionamento celular inalterados (MARTINS et al., 2006).

Os resultados do presente estudo para a atividade da POD estão ilustrados na

tabela 8. De acordo com os dados, alterações significativas somente foram observadas no tratamento com 50% da capacidade de pote, sendo que os valores para este tratamento para as raízes foram 2,1 vezes superiores quando comparado com o tratamento controle. As enzimas possuem o papel de defesa e atuam quando a planta está produzindo muitas substâncias tóxicas. Sobre deficiência hídrica, a enzima POD promove a manutenção da estabilidade das membranas celulares (SHARIFI et al., 2012; Ge et al., 2006).

Mittler (2002) afirma que as enzimas do sistema antioxidante são bastante sensíveis às condições de estresses ambientais servindo como sinalizadores do estresse. Assim, o papel das enzimas antioxidantes em situações de estresse é o de controlar a acumulação de EROs e assim limitar os danos oxidativos.

No presente estudo, por ideais de cultivo em casa de vegetação e por ser uma cultura de inverno, ou seja que já é resistente a extremos, não foram observadas alterações na atividade da POD para a maioria dos órgãos de *A. sativum*, sugerindo também que, na presença do déficit hídrico, ou a planta não aumentou a produção de EROs ou tais espécies foram produzidas, mas as mesmas tenham sido removidas através da atividade dos compostos secundários, presentes em abundância nesta espécie vegetal (BARBOSA et al., 2010). Com isso, não foram possíveis submeter o alho em análise de outras enzimas oxidativas; estabelecendo outra resposta do alho ao estresse hídrico, onde o desenvolvimento não foi significativo o que dificultou a pesquisa. Mesmo que durante o período de análises foram feitas análises para as variações de SOD, porém as amostras foram poucas como já mencionado. Santos e Carlesso (1998) ressaltam que a resposta das plantas ao potencial de água no solo não indica, de maneira geral, as condições de déficit ou excesso de água na profundidade do solo explorado pelo sistema radicular das plantas.

**Tabela 8.** Atividade da enzima peroxidase (POD) do bulbilho, folha e raiz de *Allium sativum* submetido a diferentes concentrações déficit hídrico.

Concentrações (%)	Atividade da POD (U mg <sup>-1</sup> proteína)			
	Bulbilho	Folha	Raiz	Média
25	83,28 aAB	42,63 aA	170,93 abB	98,95 a
50	88,61 aA	46,45 aA	279,22 bB	138,09 a
75	88,53 aA	44,79 aA	208,89 ab	148,71 a
100	105,82 aA	65,44 a A	132,25 aA	101,17 a
Média	91,56 A	51,50 A	197,92 B	
C.V (%)	63,49			

\*Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade.

Para a enzima ascorbato peroxidase (APX) as maiores atividades foram observadas no tratamento com 75% da concentração de água, apenas nas folhas, quando comparado com o controle (100% da capacidade de pote) (Tabela 9). Não foram obtidas amostras suficientes de bulbilho, pois o alho foi coletado durante o seu desenvolvimento inicial, não obtendo incremento neste órgão.

**Tabela 9.** Atividade da ascorbato peroxidase (APX) da folha e raiz de *Allium sativum* crescendo sob diferentes concentrações de déficit hídrico.

Concentrações (%)	Atividade da APX (μmol AsA oxidado min <sup>-1</sup> mg <sup>-1</sup> proteína)		
	Folha	Raiz	Média
25	256,00 aA	71,40 aB	163,70 a
50	396,00 abA	65,50 aB	230,75 ab
75	642,20 cA	153,80 aB	398,00 c
100	434,20 aB	183,80 aB	309,00 bc
Média	432,10 B	118,62 A	
C.V (%)	29,95		

\*Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade.

A enzima APX, para atuar na célula vegetal necessita de ascorbato, o qual pode atuar como antioxidante secundário, doando elétrons para a redução do  $\text{H}_2\text{O}_2$  na reação catalisada pela APX, ou primariamente, pela interação direta com diferentes EROs, como o  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2^{\cdot-}$ ,  $\text{HO}^\cdot$ ,  $^1\text{O}_2$  e hidroperóxidos de lipídios. O ascorbato pode ainda atuar na manutenção do estado reduzido do  $\alpha$ -tocoferol, um importante antioxidante não enzimático na fase aquosa, pela redução da sua forma oxidada. O tocoferol (vitamina E) é um antioxidante solúvel em lipídio e capaz de interagir com as EROs e impedir as reações finais que causam peroxidação de lipídios no interior dos diferentes sistemas de membranas da célula vegetal (SILVEIRA et al., 2010).

Dados da literatura revelam que quando as plantas são expostas ao déficit hídrico há um aumento significativo na atividade das enzimas antioxidantes, POD, APX e SOD (CARNEIRO et al., 2011; SILVA, 2014; CRUZ, 2015; MITTLER, 2002). No presente estudo, as atividades das enzimas APX e POD parecem estar diretamente relacionadas, pois enquanto a POD apresentou a atividade elevada na raiz a APX mostrou atividade elevada na parte aérea (Tabelas 8 e 9). Quando Zanetti (2013) estudou as plantas de cacau percebeu que nas plantas não irrigadas, a enzima POD parece ser o principal meio de defesa, enquanto que nas plantas irrigadas seria a APX.

As peroxidases são responsáveis pela síntese de polímeros (lignina) na parede celular e pela prevenção da oxidação dos lipídios da membrana. O aumento da atividade das peroxidases em plantas em estresse permitiria maior tolerância ao estresse (MITTAL e DUBEY, 1991). Danos celulares causados por radicais livres e pela peroxidação dos lipídios podem ser reduzidos ou prevenidos pelo metabolismo do sistema antioxidante envolvendo enzimas antioxidantes, como a peroxidase (ZANETTI, 2013).

Tanto a APX quanto a POD apresentam formas distribuídas nos diversos compartimentos celulares. Dados da literatura mostraram atividade aumentada desta enzima quando plantas são expostas ao déficit hídrico (CIA, 2010; DEUNER et al., 2011), altas temperaturas (HU et al., 2008), embora a inativação da enzima ou atividade reduzida também seja relatada (MAIA et al., 2012; PEREIRA et al., 2010)

As enzimas são proteínas que catalisam reações químicas e medeiam praticamente todas as reações bioquímicas que constituem a vida, portanto, são essenciais para a manutenção adequada de qualquer organismo. Barbosa et al (2014) destacam que a APX é uma heme-proteína, da superfamília das peroxidases, com

distintas formas isoenzimáticas, diversamente reguladas. Suas isoformas podem ser encontradas em citosol, mitocôndrias, peroxissomos, cloroplastos (estroma e ligadas às membranas dos tilacóides) e parede celular. Segundo o autor essa enzima exige o ácido ascórbico como poder redutor.

As PODs localizam-se principalmente na parede celular e no vacúolo. Sua atividade pode ser utilizada como marcador bioquímico do estresse resultante de fatores bióticos e abióticos, bem como na identificação precoce de processos morfogênicos durante a diferenciação celular, crescimento e multiplicação de plantas. Hendges et al. (2015) avaliou enzimas oxidantes do milho em períodos de seca, e não observou nenhuma atividade da POD e APX. A ascorbato peroxidase é uma das principais enzimas envolvidas na eliminação rápida de  $H_2O_2$ , por possuir alta afinidade com essa molécula, removendo-a mesmo em baixas concentrações (micromolares). Ao contrário da catalase, que atua removendo o excesso (milimolares) de peróxido de hidrogênio (MITTLER, 2002).

Resende et al. (2004) afirma que a cultura do alho é bastante sensível a falta de água, porém o excesso é tão prejudicial quanto à falta. Desta forma, o manejo adequado da irrigação é um fator determinante para uma boa produção e conservação dos bulbos após a colheita. Enquanto a falta de água pode causar reduções drásticas de produtividade, o excesso favorece o aparecimento de doenças, estimula o pseudoperfilhamento e reduz a conservação dos bulbos no armazenamento.

## **6. CONCLUSÃO**

Conclui-se que as plantas de alho não são tolerantes ao déficit hídrico, desta forma essa planta sofrerá com as mudanças climáticas previstas para o futuro. O estresse hídrico irá induzir mecanismos de defesa no alho para que essa consiga sobreviver, induzindo atividade da enzima APX nas folhas e da POD nas raízes, bem como um aumento de proteínas nos bulbilhos, e diminuindo seu crescimento e produção de biomassa como mecanismos fisiológicos e bioquímicos de adaptação.

## 7. REFERÊNCIAS

- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, **Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho.** Rev. Bras. Fisiol. Veg., 13: 158-167, 2001.
- ANKRI S. MIRELMAN D. **Antimicrobial properties of allicin from garlic.** microbes and Infection, 2, 125–129. Elsevier, Paris. 1999.
- AMOROZO, M. C.M.; GELY, A.; **Uso de Plantas Mediciniais por Caboclos do Baixo Amazonas.** Barcarena: PA; Museu Paraense Emílio Goeldi, 1988, 4, p. 47.
- ALMEIDA N. F. L.; SILVA R. DE S.; SOUZA J. M. DE 1 ; QUEIROZ A. P. N.; MIRANDA G. S.; OLIVEIRA H. B.; **Ethnobotanicsurveyon medicinal plants in thecityof Viçosa – MG.** Revista brasileira de Farmacologia, Viçosa-MG, 2009, pag. 316-320.
- AMORIN J. R. A., FERNANDES P. D., GHEYI H. R., AZEVEDO N. C., **Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 37, n. 2, p. 167-176, fev. 2002.
- APEL, K.; HIRT, H. **Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress,** and signal transduction. Annual Review of Plant Biology, v.55, p.373-399. 2004. <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701>.
- BARBOSA M. R., SILVA M. M. A., WILLADINO L., ULISSES C., CAMARA T. R. **Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas.** Ciência Rural, Santa Maria, v.44, n.3, p.453-460, mar, 2010.
- BARRETO A. F., BARBOSA J. K. A.; **Mecanismos de resistência a seca.** Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós – Graduação em Agronomia, Campus III. Ral: 216, Areia PB. Disponível em: <[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/3simp\\_artur\\_mecanismoderesistenciaaseca.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/3simp_artur_mecanismoderesistenciaaseca.pdf)>. Acesso em: 25 de março de 2017.
- BELO E. S. **Efeito do Estresse Hídrico no Metabolismo de Gabirobeira.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2011. 131 pag. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CAPA%20DISSERTA%C3%87%C3%83O.pdf>>. Acesso em: 20/01/2018.
- BERNIER, J. et al. Breeding upland rice for drought resistance. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** Ox-ford, v. 88, n. 6, p. 927-939, 2008.
- BERLATO M. A. **Aquecimento do planeta Terra: Mudanças climáticas globais, regionais e projeções para o século XXI.** Palestra apresentada para a Fundação Estadual de pesquisa agropecuária, junho de 2013. 90 pág.

BIANCHI L., GERMINO G. H., SILVA M. A. **Adaptação das Plantas ao Déficit Hídrico.** Acta Iguazu, Cascavel, v.5, n.4, p. 15-32, 2016.

BLUM, A. 1997. **Crop responses to drought and the interpretation of adaption.** In: **BELHASSEN, E., Drought tolerance in higher plants.** Genetical, physiological and molecular biological analysis. Dordrecht: Kluwer Academic. P 57-70.

BRAGA B. M., LUCINI A. M., RESENDE F. V. **Irrigação na cultura de alho.** Outubro de 2015, 24 páginas. Disponível em: <file:///D:/Meus%20Documentos/Desktop/dissertacao%20artigos/Nosso-alho-22-2015.pdf>. Acesso em: 19/01/2017.

BRAY, E. A. **Plant responses to water deficit.** Trends in Plant science. V. 2, pag. 48-54, 1999.

BRADFORD, M. M. A. **Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein- Dye Binding.** Analytical Biochemistry 72: 248-254, 1976.

BRITO M. E. B.; FILHO G. D. A.; WANDERLEY J. A. C., MELO A. S.; COSTA F. B.; FERREIRA M. G. P. **Growth, physiological and yield of sweet corn under water stress.** Biosci. J., Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1244-1254, Sept. /Oct. 2013

BOYER, J.S. Water deficits and photosynthesis. In: KOZLOWSKI, T.T. **Water deficit and plant growth.** London: Academic Press. v.4, 1976. p.153-190.

BOTREL N, OLIVEIRA VR. 2012. **Cultivares de cebola e alho para processamento.** In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 52. Horticultura Brasileira 30. Salvador: ABH. S8420-S8434.

CARNEIRO C. L. M. M., DEUNER S., OLIVEIRA P. V., TEIXEIRA S. B., SOUSA P. C., BACARIN M. A., MORAES M. D.; **Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino.** Revista Brasileira de Sementes, vol. 33, nº 4 p. 000 - 000, 2011.

CARVALHO L. M., COSTA J. A. M.; **Qualidade em plantas medicinais.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 54 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1517-1329; 162). Disponível em [http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2010/doc\\_162.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/doc_162.pdf). Acesso 19 de outubro de 2016.

CARVALHO, L.M.; CASALI, V.W.D.; SOUZA, M.A.; CECON, P.R. **Disponibilidade de água no solo e crescimento de artemísia.** Horticultura brasileira, Brasília, v. 21, n. 4, p. 726-730, outubro-dezembro, 2003.

CASTRO, C.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R. F.; DECHEN, A. R. **Boro e estresse hídrico na produção do girassol**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 30, n. 2, p. 214-220, 2006.

CARLIN S. D., **Mecanismos fisiológicos da Cana de açúcar sob efeito e interação do estresse hídrico e ácido no solo**. Tese de doutorado Universidade Paulista, UNESP, 2009.

CALBO, A.G. **Postharvest porometer to study transpiration and to measure vapor pressure deficit**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 20p. (Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

**Conferência Mundial das ONU sobre a Mudança Climática** – Dezembro de 2010, Cancun, México. Disponível em: <<http://www.inma.org.br/site/images/pdf/mudanca-climatica.pdf>>. Acesso em: 19 de outubro de 2016.

COSTA G. F., MARENCO R. A. **Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (Carapa guianensis)**. Editora Acta Amazônica. VOL. 37(2) ano 2007: 229 – 234.

COSTA A. R. **As relações hídricas das plantas vasculares**. Departamento de Biologia Universidade de Évora, 2001. Portugal, 2001 Disponível em: <<http://www.angelfire.com/ar3/alexcosta0/RelHid/Rhw12.htm>>. Acesso em: 25 de março de 2017.

CRUZ F. J. R. **Respostas bioquímicas e fisiológicas de plantas jovens de canade-açúcar sob diferentes concentrações de NaCl no solo**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

CSISZÁR, J., LANTOS, E., TARI, I., MADOȘĂ, E., WODALA, B., VASHEGYI, Á., HORVÁTH, F., PÉCSVÁRADI, A., SZABÓ, M., BARTHA, B., GALLÉ, Á., LAZĂR, A., CORADINI, G., STAIKU, M., POSTELNICU, S., MIHACEA, S., NEDELEA, G., e ERDEI, L. **Antioxidant enzyme activities in Allium species and their cultivars under water stress**. Plant Soil and Environment, 53, 517-523, 2007.

DIAS NILDO S., SERGIO N DUARTE, HANS R GHEYI, JOSÉ F DE MEDEIROS, TALES M SOARES. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se e ando-se e ando-se extratores de solução do solo e de solução do solo**.\_Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, volume 9, edicao 4, páginas 496-504, 2005.

DIAS F., M. BERNADINO D. F., LOPES S. J. M. **Triagem de forrageiras para tolerância ao excesso de água no solo**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 29 p.; 15

cm x 21 cm. – (Documentos / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0513; 381). Disponível em: <  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/925639/1/Doc381.pdf>>. Acesso em: 25 de março de 2017.

DREW, M. C. **Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia**. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Palo Alto, v. 48, p. 223-250, 1997.

EMBRAPA: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA, CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE HORTALICA. **Cultura do alho**. Ministério da agricultura, do abastecimento e da reforma agrária. Brasília, DF. SPI. Edição 1. 1993. 50 pág.

ERAIK, A.E.; SOUZA, F.S.; FATIBELLO-FILHO, O. **Desenvolvimento de um spot test para o monitoramento da atividade da peroxidase em um procedimento de purificação**. Química Nova, v.31, p.731-734, 2008.

FERRARI E., PAZ A., SILVA A. C. **Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso**. Nativa, Sinop, v. 03, n. 01, p. 67-77, jan./mar. 2015. Disponível em: <  
<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/viewFile/1855/pdf>>. Acesso em: 25 de março de 2017.

FERREIRA, D. F. **SISVAR – sistema de análise de variância**. Versão 3.04. Lavras: UFLA, 2000.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. 357 p.

FONSECA, G.M.; PASSOS, T.C.; NINAHUAMAN, M.F.M.L.; CAROCI, A.S.; COSTA, L.S.; **Avaliação da atividade antimicrobiana do alho (*Allium sativum* Liliaceae) e de seu extrato aquoso**. Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, v.16, n.3, supl. I, p.679-684, 2014. PDF

PEDROTTI A. CHAGAS R. M. RAMOS V. C.; **Causes and consequences of the process of soil salinization**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 2, mai-ago. 2015, p. 1308-1324 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM ISSN: 22361170.

PIMENTEL C. **A relação da planta com a água**. Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Km 47 Antiga Rodovia Rio-São Paulo Seropédica - RJ - CEP: 23.851-970 E-mail: edur@ufrj.br ISBN: 85-85720-45-X.

PORRA, R. J.; THOMPSON, W. A.; KRIDEMANN, P. E. **Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophylls**

**standards by atomic absorption spectroscopy.** Biochimic et Biophysica Acta, Amsterdam, v. 975, p. 384-394, 1989.

GE, T. et al. **Effects of Water Stress on the Protective Enzyme Activities and Lipid Peroxidation in Roots and Leaves of Summer Maize.** Agricultural Sciences in China, Haidian District, Beijing, v.5, n.4, p. 291-298, 2006.

GILL, S. S.; NARENDRA, T. **Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants.** Plant Physiology and Biochemistry, p. 909-930, 2010.

GRACIANO E. S. A. **Estudos bioquímicos e fisiológicos de cultivares de amendoim (*Arachis hypogeaie* L.) submetidas a deficiência hídrica.** Tese de mestrado. Universidade Federal Rural de Pernanbuco- UFRPE. Recife, 2009. 68 pág.

GOBBO N. L., LOPES P. N. **Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo dos metabolitos secundários.** Química Nova. v.30, n 2, 2007.

GOMES, M. A. F., BARIZON M. R.R.; **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011.**Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2014. 35 p.

GUETTER, A. K. **Associação entre a temperatura mínima no Paraná e o Niño-3.** In: CBMET, 10, 1998, Brasília. Anais... Brasília, DF, 1998.

HASEGAWA P.M., BRESSAN R.A., ZHU J.K., BOHNERT H.J. **Plant cellular and molecular responses to high salinity.** Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 51: 463-499. 2000.

JESUS S. V., MARENCO R. A. **O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas.** Editora Acta Amazônia. VOL. 38. 2008: 815 - 818

JUNIOR V. F. V., PINTO C. A., **Plantas medicinais: cura segura.** Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CT, Bloco A, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21945-970 Rio de Janeiro - RJ 2005.

KESHTEHGAR A., RIGI K., VAZIRIMEHR M. R. **Effects of salt stress in crop plants.** Intl J Agri Crop Sci. Vol., 5 (23), 2863-2867, 2013.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** São Carlos: Rima artes, 2004. 531p.

LEONARDO F. A. P., PEREIRA W. E., SILVA M. S., COSTA J. P; **Teor de clorofila e índice spad no abacaxizeiro cv. vitória em função da adubação nitrogenada.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 35, n. 2, p. 377-383 Junho 2013

LOPES N. P. e GOBBO N. L., **Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabolitos secundários**. Revista Química Nova, São Paulo, Volume 30, número 02, pag. 374-381, 2006.

LONGHI L. M. **Balanço hídrico da cultura do alho nas condições edafoclimáticas de curitibanos para subsídio do planejamento de irrigação**. Curitibanos, 2015. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Curitibanos, obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

LOZANO A. F. Q.; BAGNE L.; HORA D. C. B.; **An approach thetherapeutic effectsofalliumsativum (garlic) ontheimmune system**. Revista Científica da FHO|UNIARARAS v. 3, n. 1/2015. Disponível em <[http://www.uniararas.br/revistacientifica/\\_documentos/art.3-009-2015.pdf](http://www.uniararas.br/revistacientifica/_documentos/art.3-009-2015.pdf)>. Acesso em: 21/10/2016.

LORENZI H.; MATOS A. F. J.; **Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas**. 2a edição. Instituto plantarum de estudos da flora Ltda. São Paulo. Av. Brasil, 2008. ISBN 85-86714-28-3. 544 page.

MARTINS N., PETROPOULOS S., FERREIRA I. C. F. R. **Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) as affected by pre- and post-harvest conditions: A review**. Tese de mestrado. Polytechnic Institute of Bragança, Campus de Santa Apolónia, 1172, 5301-855 Bragança, Portugal, 2006.

MACEDO F. S., SOUZA J. R., PEREIRA M. G., **Control of secondary bulb growth and productivity of vernalized garlic under water stress**. Pesquisa e agropecuária brasileira, Brasília, v.41, n.4, p.629-635, abr. 2006.

MARENCO J. A.; **Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil**. Produção Executiva: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS, 2011. Disponível em: <[http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf) > Acesso em 17/01/2017.

MARENCO J. A.; **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI**. Ministério do meio ambiente secretaria de biodiversidade e florestas. Brasília – DF 2006. 200 pag. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/\\_arquivos/livro%20completo.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/_arquivos/livro%20completo.pdf)>. Acesso em: 01/11/2016.

MACHADO A. V; **Efeitos do estresse hídrico em plantas jovens de *Hedyosmum brasiliense* mart. (Chloranthaceae)**. Dissertação de mestrado apresentada como requisito parcial das exigências para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal, do Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal, da Universidade Federal de Santa Catarina. 65 páginas, ano de 2004. Disponível em:

<<http://laveg.páginas.ufsc.br/files/2012/08/andressa.pdf> >. Acesso em: 25 de março de 2017.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; MORETTI, C.L. **Desenvolvimento de plantas, produção e qualidade de bulbos de alho sob condições de deficiência de água no solo.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 3, p. 470-473, setembro 2002.

MONTEIRO J. A. **Estresse Ambiental: Considerações Econômicas.** EMBRAPA/CNPMS, Caixa Postal IS1, 35701-970 Sete Lagoas, MG, 1995.

MENDES, R. M. DE S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. **Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica.** *Revista Ciência Agronômica*, v.38, p.95-103, 2007.

MELO, J.P.L. de. OLIVEIRA, A.P. de. **Produção de alho em função de diferentes níveis de água e de esterco bovino no solo.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 17, n. 1, p. 11-15, março 1999.

MELO Y. L. **Desempenho agronômico e caracterização de genótipo de Girassol, quanto a marcadores fisiológicos e bioquímicos no Rio Grande do Norte.** Dissertação de mestrado, Mossoró, 2012. Disponível em: <<http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2014/03/Mudan%C3%A7asClim%C3%A1ticas.pdf> >. Acesso em: 12/02/2017.>. Acesso em: 12/02/2018.

MITTLER, R. **Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance.** *Plant Science*, Limerick, v.7, n.9, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- MMA **Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável-SEDR Coordenação Técnica de Combate à Desertificação-CTC** Banco do Nordeste do Brasil-BNB. 2008, disponível em: <<http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2014/03/Mudan%C3%A7asClim%C3%A1ticas.pdf> >. Acesso em: 12/02/2017.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Biochemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MORALES R. F. G., RESENDE L. S., BORDINI I. C., GALVÃO A. G., REZENDE F. C.; **characterization of tomato plants subjected to water deficit.** *Scientia Agraria*, Curitiba, v.16, n.1, p.09-17, Jan/Fev. 2015.

MORO A. L.; **Relação entre silício e deficiência hídrica sobre os aspectos bioquímicos e fisiológicos no arroz.** Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP. BOTUCATU - SP, Dezembro - 2012, 163 pág.

NAYYAR, H., GUPTA D. **Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants.** Environmental and Experimental Botany 58 (2006) 106–113.

NAKANO, Y.; ASADA, K. **Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts.** Plant Cell Physiology, v.22, p.867-880, 1981.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O.; NASCIMENTO, E. C. S. **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.

NOBRE A. F.; **Mudanças climáticas, no Brasil porque devemos nos preocupar.** Revista Plenarium, v. 5, n. 5, 12 pág, ano de 2008. Disponível em: <file:///D:/Meus%20Documentos/Desktop/mudancas\_climaticas\_globais.pdf>. Acesso em: 12/02/2017.

NOGUEIRA J. M. C. e SANTOS R. C.; **Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico.** Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental V. 4, n. 1, pag.41-45, 2000.

NORWOOD M., TOLDI O., RICHTER A., SCOTT P. **Investigation into the ability of roots of the poikilohydric plant Craterostigma plantagineum to survive dehydration stress.** Journal of Experimental Botany, Vol. 54, No. 391. Society for Experimental Biology, 2003.

OLIVEIRA, E.L. de. **Efeito do estresse hídrico sobre características da cultura do pimentão (*Capsicum annum* L.)** Campina Grande: UFPB - CCT, 1995. 86 p. (Tese mestrado).

OLIVEIRA M. A. J., BOVI M. L. A., MACHADO E. C. **Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica.** Scientia Agrícola, v.59, n.1, p.59-63, jan./mar. 2002.

OLIVEIRA A. D., FERNANDES E. J., RODRIGUES J. D. **Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.86-95, jan./abr. 2005.

OLIVEIRA V.J.S., SAMPAIO A. H., FILHO M. A. C., DANTAS J. L. L, DANTAS A. C. L.L. **Avaliação de condutância estomática e temperatura foliar em variedades de mamão submetidas a déficit hídrico.** Tese de doutorado em UFRB, ano de 2004.

OOTANI, M. A., AGUIAR R. W., RAMOS A. C., BRITO D. R., SILVA J. B., CAJAZEIRAJ. P.; **Use of Essential Oils in Agriculture.** Journal of Biotechnology and Biodiversity. Vol. 4, N.2: pp. 162-174, May 2013 ISSN: 2179-4804. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Marcio\_Ootani/publication/296484491\_Journal\_of

[\\_Biotechnology\\_and\\_Biodiversity\\_Use\\_of\\_Essential\\_Oils\\_in\\_Agriculture/links/56d5b9f808aee73df6c0500a.pdf](#)>. Acesso em 21/10/2016.

PARIDA A.K., DAS A.B. **Salt tolerance and salinity effect on plants: a review.** *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 60: 324–349, 2005.

PARIDA A.K. **Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery.** *J. Plant Biol.*, 45: 28–36. 2007

PAIVA A. S., FERNANDES E. J., RODRIGUES J. D. T., TURCO J. E. P.; **Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação.** *Eng. Agric. Jaboticabal*, v.25, n.1, p.161-169, jan./abr. 2005.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, PBMC, COPPE – UFRJ. **Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.** Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9.

PELLEGRINO G. Q., ASSAD D. E., MARIN F. R. **Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura no Brasil.** *Revista Multiciência.* Campinas. Edição Na 8. Mudanças Climáticas. Maio, 2007. Disponível em: <<http://www.avesmarinhas.com.br/4%20%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20Globais%20e%20a%20Agricultura%20no%20Bras.PDF>>. Acesso em 11 de setembro de 2017.

PERES, F. **Comunicação relacionada ao uso de agrotóxicos em uma região agrícola do Estado do Rio de Janeiro.** *Revista de Saúde Pública*, 35(6): 564-70, 2001.

PREVIERO C. A., JUNIOR L. C.B., FLORÊNCIO L. K. **Receita de plantas com propriedades inseticidas no controle de pragas.** Palmas: CEULP/ULBRA, 2010. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Projeto: Transferências Tecnológicas para Conservação de Grãos e Sementes – TRANSTECON.

PROCHNOW D.; **Crescimento, produção e qualidade do óleo essencial de *Aloysiatriphylla* em função a disponibilidade hídrica e sazonalidade.** Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2015, 56 pag. Disponível em <[http://cascavel.ufsm.br/tede//tde\\_arquivos/43/TDE-2016-01-29T112121Z-6845/Publico/PROCHNOW,%20DAIANE.pdf](http://cascavel.ufsm.br/tede//tde_arquivos/43/TDE-2016-01-29T112121Z-6845/Publico/PROCHNOW,%20DAIANE.pdf)> Acesso 21/10/2016.

QUEIROZ G. S., GARCIA S. C., FILHO J. P. L., **Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de aroeira-do-sertão sob estresse hídrico e após reidratação.** *Braz. J. Plant Fisiol.*, 14(1):59-63, 2002.

REGO G. M., POSSAMAI E. **Effect of Shadeness over Chlorophyll Level and Initial Growth of *Cariniana legalis*.** *Bol. Pesq. Fl.*, Colombo, n. 53, p.179-194, jul./dez. 2006.

RESENDE F. V., HABER L. L., PINHEIRO J. B. **A cultura do Alho**. 2004. Disponível em <<https://www.embrapa.br/documents/1355126/9124396/Sistema+de+Produ%C3%A7%C3%A3o+de+Alho/64258d94-6bb8-4826-a0e9-ece47aa434ff.pdf>> Acesso em: 19/01/2017.

RIBEIRO B. N., SOUSA R. J. **Estresses Abióticos! Como Conviver com Eles?** Ano de 2005 Disponível em <[https://www.agrolink.com.br/downloads/\\_th/Downloads/Artigo%20-%20Stress%20na%20Agricultura.pdf](https://www.agrolink.com.br/downloads/_th/Downloads/Artigo%20-%20Stress%20na%20Agricultura.pdf)> Acesso em: 19/01/2018.

RIGOTTO R.; **Agrotóxicos, trabalho e saúde vulnerabilidade e resistência da modernização agrícola no baixo Jaguaribe/CE**. Edição 02, editora Expressão Popular, Fortaleza, UFC, 2011. ISBN: 9788572824828. 612 pag.

ROHDE C., JÚNIOR M. A., SILVA K. P., RAMALHO O. R. K.; **Effect of aqueous plant extracts on the fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)**. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.80, n.4, p. 407-415, 2013. PDF.

SALAMONI A. **Fisiologia Vegetal**. Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Fisiologia Vegetal. 2008. 60 pag.

SALINET L. H.; **Avaliação fisiológica e agrônômica de soja geneticamente modificada para maior tolerância a seca**. Dissertação de mestrado, Piracicaba, 2009, 75 pag. Disponível em: <[file:///D:/Meus%20Documentos/Desktop/Luana\\_Salinet.pdf](file:///D:/Meus%20Documentos/Desktop/Luana_Salinet.pdf)>. Acesso em: 25-de março de 2017.

SANCHES R. F. E. **Relações hídricas e resposta ao déficit hídrico da espécie *Bauhinia forficata* (Pata de Vaca)**. Dissertação de mestrado. Piracicaba, 2012.

SANTOS C. M.; **Mecanismos fisiológicos e bioquímicos da Cana-de- açúcar sob estresses induzidos por deficiência hídrica e paraquat**. Universidade estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho” faculdade de ciências agrônômicas campus de Botucatu. Botucatu - São Paulo, 2013, 108 pag. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0943.pdf>>. Acesso em: 01/11/2016.

SCALON, S. P. Q., MUSSURY R. M., EUZÉBIO V. L. M., KODAMA F. M., KISSMANN C.; **Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazu maulmifolia* Lam)**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, out.-dez., 2011.

SCHOSSLER T. R., MACHADO D., ZUFFO A. M., ANDRADE F. R., PIAUILINO A. C.; **Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012 1564.

SCHUCH, U.K.; REDAK, R.A.; BETHKE, J.A. **Cultivar, fertilizer, and irrigation affect vegetative growth and susceptibility of *Chrysanthemum* to western flower thrips**. Journal of American Society of Horticultural Science, v. 123, p. 727-733, 1998.

SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. C. **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.

SOUSA C. D. **Comportamento ecofisiológico de espécies arbóreas nativas do Cerrado.** Dissertação de mestrado em agronomia. Goiânia, 2008.

SOBRINHO S. P., TIEPPO R. C., SILVA T. J. A. **Desenvolvimento inicial de plantas de girassol em condições de estresse hídrico.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011 Pág.

SHARIFI, P. **Relationship between drought stress and some antioxidant enzymes with cell membrane and chlorophyll stability in wheat lines.** African Journal of Microbiology Research, v.6, n.3, p. 617-623, 2012.

SOUZA T. C., MAGALHÃES P. C., JÚNIOR C. C. G. **Teor de ácido abscísico (ABA), peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e malonaldeído (MDA) em dois híbridos de milho contrastantes a seca.** XXIX Congresso nacional de Milho e Sorgo - Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012. Disponível em <[http://www.abms.org.br/29cn\\_milho/02250.pdf](http://www.abms.org.br/29cn_milho/02250.pdf)>. Acesso em: 19/01/2017.

SOUSA, C. C. DE; OLIVEIRA, PEDROSA E. M. R., ROLIM M. M., FILHO R. A. O., SOUSA M. A. L. M. **Crescimento e respostas enzimáticas do feijoeiro caupi sob estresse hídrico e nematoide de galhas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.2, p.113–118, 2015.

SOUZA C. M. M, SILVA H. R., VIEIRA G. M., AYRES M. C. C., COSTA C. L. S., ARAÚJO D. S., CAVALCANTE D. L. C., BARROS E. C., ARAÚJO M. B. P., BRANDÃO S. M., CHAVES M. H. **Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais.** Química Nova, Vol. 30, No. 2, 351-355, 2007. 5pag.

SOUZA M. A. A., BORGES R. S.O.S., STARK E. L. M., SOUZA S. R. **Princípios ativos de plantas medicinais e seus efeitos sobre o desenvolvimento micelial de fungos fitopatogênicos de interesse agrícola.** Anais da XI Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ, v. 11, n. 2, p. 33-38, 2001.

SOUZA, N. J. **Desenvolvimento Econômico.** 5º ed. São Paulo: Atlas, 2005. Disponível em: <[http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/787\\_sustentabilidade%20de%20um%20novo%20sistema%20agricola%20SEGET.pdf](http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/787_sustentabilidade%20de%20um%20novo%20sistema%20agricola%20SEGET.pdf)>. Acesso em: 22/10/2016.

TAVEIRA M. R. D., SUASSUNA J. F., FILHO R. C. J., CARNEIRO R. F., ARAUJO E. D. **Crescimento de plantas de gergelim sob déficit hídrico induzido e tratamento com ácido salicílico.** I congresso nacional do semiárido, ano de 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegeta L.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Tradução: Armando Molina Divan Junior. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TEIXEIRA, R.N.; TOLEDO, M.Z.; FERREIRA, G.; CAVARIANI, C; JASPER, S.P.  
**Crambe seeds germination and vigor under water stress.** Brazilian journal of irrigation and drainage. Volume 16, n. 01, ano 2011.

TONELLO K. C; FILHO J. T. **Transpiração e condutância estomática de *Eucalyptus sp* em resposta à radiação global e diferentes condições hídricas.** Irriga, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 607-623, outubro-dezembro, 2013. Pag. 609 e 610.

THOMAS, C.J. e CALLAGHAN, A. **The use of garlic (*Allium sativa*) and lemon peel (*Citrus limon*) extracts as *Culex pipiens* larvae: persistence and interaction with an organophosphate resistance mechanism.** Chemosphere, 39: 2489-2496, 1999.

TUAN P. A., PARK I. N., LI X., XU H., KIM H. H., PARK A. S. U. **Molecular Cloning and Characterization of Phenylalanine Ammonia-lyase and Cinnamate 4-Hydroxylase in the Phenylpropanoid Biosynthesis Pathway in Garlic (*Allium sativum*).** Journal of Agricultural Food Chemistry article. 2010, 58 pag., 10911–10917 10911 DOI:10.1021/jf1021384. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/HaengHoon\\_Kim/publication/46412448\\_Molecular\\_Cloning\\_and\\_Characterization\\_of\\_Phenylalanine\\_Ammonia-lyase\\_and\\_Cinnamate\\_4Hydroxylase\\_in\\_the\\_Phenylpropanoid\\_Biosynthesis\\_Pathway\\_in\\_Garlic\\_Allium\\_sativum/links/5624cd1908aea35f2686f781.pdf](https://www.researchgate.net/profile/HaengHoon_Kim/publication/46412448_Molecular_Cloning_and_Characterization_of_Phenylalanine_Ammonia-lyase_and_Cinnamate_4Hydroxylase_in_the_Phenylpropanoid_Biosynthesis_Pathway_in_Garlic_Allium_sativum/links/5624cd1908aea35f2686f781.pdf)>. Acesso 21/10/2016.

UDDLING, J.; GELANG-ALFREDSSON, J.; PIIKKI, K.; PLEIJEL, H. **Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings.** *Photosynth. Res.*, 91: 37-46. 2007.

VALE M. M., ALVES M. A. S., LORINI M. L. **Mudanças climáticas: Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade Brasileira.** Revista O ecologia brasiliensis. Departamento de ecologia, instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Setembro de 2009, doi:4257/oeco.2009.1303.07.

VASCONCELOS S. M. L., GOULART M. O. F., MOURA J. B. F., BENFATO V. M. M. S., KUBOTA L. T. **Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação.** Química Nova, Vol. 30, No. 5, 1323-1338, 2007.

VIANA, M.C.M.; DURÃES, F.O.M.; QUEIROZ, C.G.S; ISABEL, R.P. ALBUQUERQUE, P.E.P. **Embrapa Milho e Sorgo.** Sete Lagoas, MG. Volume 4. UFMG/Department de Botanical. 2004.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. **The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone.** The Biochemical Journal, London, v.57, n.3, p. 508-514, 1954.

ZHU, Z. **Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.).** Plant Science 167:527-533, 2004.