

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM  
BERINJELA (*Solanum melongena* L.) CULTIVADA SOB DIFERENTES  
POTENCIAIS DE ÁGUA NO SOLO**

**ROBERTA ANGELINI SFALCIN**

Trabalho apresentado à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus  
de Botucatu, para obtenção do Título de  
Mestre em Agronomia (Energia na  
Agricultura)

BOTUCATU – SP  
Agosto-2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM  
BERINJELA (*Solanum melongena* L.) CULTIVADA SOB DIFERENTES  
POTENCIAIS DE ÁGUA NO SOLO**

**ROBERTA ANGELINI SFALCIN**

Orientador: Prof. Dr. Fernando Broetto

Trabalho apresentado à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus  
de Botucatu, para obtenção do Título de  
Mestre em Agronomia (Energia na  
Agricultura)

BOTUCATU-SP  
Agosto- 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S522a Sfalcin, Roberta Angelini, 1983-  
Avaliação de parâmetros fisiológicos e bioquímicos em berinjela (*Solanum melongena* L.) cultivada sob diferentes potenciais de água no solo / Roberta Angelini Sfalcin. - Botucatu : [s.n.], 2009.  
xi, 58 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2009  
Orientador: Fernando Broetto  
Inclui bibliografia.

1. Berinjela. 2. Estresse hídrico. 3. Deficiência hídrica. 4. Tensiômetros. 5. Atividade enzimática. I. Broetto, Fernando. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**

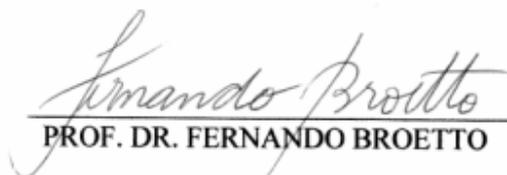
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: "AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM  
BERINJELA (*Solanum melongena* L.) CULTIVADA SOB DIFERENTES  
POTENCIAIS DE ÁGUA NO SOLO"

ALUNA: ROBERTA ANGELINI SFALCIN

ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO BROETTO

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. FERNANDO BROETTO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. LUIZ ANTONIO GALLO

Data da Realização: 24 de agosto de 2009.

---

**A Deus,**  
Pela força para a busca de sabedoria.

**Aos meus pais,**  
**Jorge Sfalcin e Maria R. Sfalcin**  
Por me dar o melhor exemplo de vida, amor e confiança.

**Aos meus irmãos,**  
**Renato e Ravana**  
Pelo amor e por sempre terem confiado nas coisas que faço.

**Ao Francisco,**  
Por sua ajuda, calma, apoio, carinho, compreensão e amor em todas as  
horas.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Capes pela bolsa cedida

Aos professores

Dr. Roberto Lyra Villas Boas

Dr. Antônio Evaldo Klar

Dr. João Carlos Cury Saad

pelos conselhos

Aos funcionários

Gilberto e Pedro do Departamento de Engenharia Rural

pela colaboração

As minhas amigas

Erika, Talita, Natália e Alessandra

que se tornaram minha família em Botucatu

Aos amigos de Pós-Graduação

Francilene, Leandro, Rone, Reni, José, Rigléia, Renata, Fabiano, Augusto e Felipe

pelo apoio e companheirismo

As amigas

Carla, Juliana, Carolina, Maylu e Giselle Borges

pelo carinho, apoio e companheirismo

Especialmente ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Broetto pela orientação e dedicação

## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>X</b>
<b>1 RESUMO.....</b>	<b>01</b>
<b>2 SUMMARY.....</b>	<b>03</b>
<b>3 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>05</b>
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>07</b>
<b>4.1 Informação Botânica.....</b>	<b>07</b>
<b>4.2 Cultivares.....</b>	<b>08</b>
<b>4.3 Exigências Nutricionais.....</b>	<b>09</b>
<b>4.4 Deficiência hídrica.....</b>	<b>10</b>
<b>4.5 Resposta antioxidativa em plantas sob estresse.....</b>	<b>12</b>
<b>5 MATERIAL E METÓDOS.....</b>	<b>15</b>
<b>5.1 Localização e instalação dos experimentos.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2 Tratamentos preliminares.....</b>	<b>16</b>
<b>5.3 Análise de solo.....</b>	<b>16</b>
<b>5.4 Material vegetal e manejo da cultura.....</b>	<b>17</b>
<b>5.5 Condução dos Tratamentos.....</b>	<b>17</b>
<b>5.6 Valores de temperaturas máximas e mínimas durante o ciclo da cultura.....</b>	<b>20</b>
<b>5.7 Delineamento experimental.....</b>	<b>21</b>
<b>5.8 Análise de parâmetros de crescimento e produtividade.....</b>	<b>22</b>
<b>5.8.1 Altura de plantas.....</b>	<b>22</b>
<b>5.8.2 Número de folhas.....</b>	<b>22</b>
<b>5.8.3 Número de flores totais e abortadas.....</b>	<b>22</b>
<b>5.8.4 Altura de bifurcações.....</b>	<b>22</b>
<b>5.8.5 Teor de clorofila.....</b>	<b>23</b>
<b>5.8.6 Produção de frutos.....</b>	<b>23</b>
<b>5.8.7 Análise da massa de matéria seca (MMS).....</b>	<b>23</b>

5.8.8	Análise química dos constituintes da planta .....	24
5.9	Avaliações bioquímicas .....	24
5.9.1	Coleta e armazenamento do material vegetal .....	24
5.9.2	Processamento do material vegetal para obtenção do extrato bruto. ....	24
5.9.3	Determinação do teor de proteína solúvel total .....	25
5.9.4	Teor de prolina .....	25
5.9.5	Atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD; EC 1.15.1.1) .....	25
5.9.6	Atividade da enzima Catalase (CAT; EC 1.11.1.6) .....	26
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
6.1	Monitoramento com tensiômetro para determinação do teor de água no solo .....	27
6.2	Parâmetros de crescimento e produtividade.....	28
6.2.1	Altura de plantas .....	28
6.2.2	Número de folhas totalmente expandidas amostradas no início e final do ciclo .....	30
6.2.3	Número de flores totais e abortadas .....	32
6.2.4	Altura de bifurcações .....	33
6.2.5	Teor de clorofila e carotenóides .....	35
6.2.6	Produção de frutos .....	38
6.2.7	Peso médio de frutos de berinjela Embu .....	40
6.2.8	Número total de frutos de berinjela Embu .....	41
6.2.9	Comprimento e diâmetro do fruto de berinjela Embu .....	42
6.2.10	Análise de massa de matéria seca (MMS) dos frutos .....	42
6.2.11	Análise de massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) da parte aérea e raiz .....	43
6.3	Análise química dos constituintes da planta .....	45
6.4	Análises Bioquímicas.....	47
6.4.1	Análise da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) .....	47
6.4.2	Análise da atividade da enzima catalase (CAT) .....	49
6.4.3	Teor de Prolina .....	50

<b>7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1: Curva de retenção de água de um solo LVE distrófico textura média e a relação entre a tensão (expressa em bar) e o teor de água no solo (%) .....	18
Figura 2: Aspecto da condução inicial da cultura aos 15 DAT, ilustrando a instalação dos tensiômetros .....	19
Figura 3: Valores das temperaturas mínimas e máximas anotadas no interior da casa de vegetação, durante a condução do experimento .....	20
Figura 4: Disposição dos vasos aos 30 DAT com plantas de berinjela Embu em casa de vegetação climatizada.....	21
Figura 5: Valores para altura de plantas (cm) durante o ciclo de berinjela Embu em função de diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.....	29
Figura 6: Folhas de berinjela Embu totalmente expandidas no início do ciclo.....	30
Figura 7: Valores para número de folhas expandidas no início e final do ciclo de berinjela, representado pelos tratamentos Controle (1), Leve (2) e Moderado (3), respectivamente .....	31
Figura 8: Valores para número de flores totais e abortadas no ciclo de berinjela, representado pelos tratamentos Controle (1), Leve (2) e Moderado (3), respectivamente .....	33
Figura 9: Valores médios do número total de bifurcações em função dos dias de coleta.....	34
Figura 10: Valores dos índices médios de Clorofila a e b e Carotenóides no Tratamento Controle, Leve e Moderado, em diferentes épocas de coleta.....	37

Figura 11: Frutos de berinjela Embu do tratamento Controle (-10 kPa) .....	39
Figura 12: Frutos de berinjela Embu do tratamento Leve (-20 kPa) .....	39
Figura 13: Frutos de berinjela Embu do tratamento Moderado (-30 kPa).....	40
Figura 14: Valores médios da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em folhas de plantas de berinjela até os 125 DAT em função de diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	48
Figura 15: Valores médios da atividade da enzima catalase (CAT) em folhas de plantas de berinjela até os 125 DAT em função de diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.....	50
Figura 16: Valores médios do teor de prolina em folhas de plantas de berinjela até os 125 DAT em função de diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	51

**LISTA DE TABELAS**

	<b>Página</b>
Tabela 1: Características químicas do solo antes da adubação de base .....	16
Tabela 2: Valores médios do potencial matricial de água no solo em plantas de berinjela Embu nos tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	28
Tabela 3: Valores médios para altura de plantas (cm) de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida. ....	29
Tabela 4: Valores médios de número de folhas totalmente expandidas no início do ciclo de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	30
Tabela 5: Valores médios de número de folhas totalmente expandidas no final do ciclo (105 DAT) de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.....	31
Tabela 6: Valores médios de número de flores totais do ciclo de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.....	32
Tabela 7: Valores médios de número de flores abortadas do ciclo de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	32
Tabela 8: Valores médios de altura de bifurcações de berinjelas Embu em tratamentos com diferentes teores de água.....	34
Tabela 9: Teor de clorofila <i>a</i> nas folhas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	35
Tabela 10: Teor de clorofila <i>b</i> nas folhas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	35

Tabela 11: Valores médios do índice de Carotenóides nas folhas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	36
Tabela 12: Número total de frutos de berinjela Embu representados pelos tratamentos Controle, Leve e Moderado.....	38
Tabela 13: Valores do peso médio (em g) de frutos de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	40
Tabela 14: Valores médios dos números de frutos por vaso de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.....	41
Tabela 15: Valores médios de comprimento (cm) e diâmetro (cm) de frutos por vaso de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	42
Tabela 16: Valores médios da massa de matéria seca (MMS), em gramas, dos frutos de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	43
Tabela 17: Valores médios da massa de matéria fresca da parte aérea, em gramas, de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.....	43
Tabela 18: Valores médios da massa de matéria seca (MMS) da parte aérea, em gramas, de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.....	44
Tabela 19: Valores médios da massa de matéria seca da raiz, em gramas, de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	44
Tabela 20: Análise química da parte aérea da planta (em g/Kg) nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	45

Tabela 21: Análise química da parte aérea da planta (em mg/Kg) nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	45
Tabela 22: Análise química da raiz da planta (em g/Kg) nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	46
Tabela 23: Análise química da raiz da planta (em mg/Kg) nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	46
Tabela 24: Valores médios da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em folhas de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.....	47
Tabela 25: Valores médios da atividade da enzima catalase (CAT) em folhas de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	49
Tabela 26: Valores médios do teor de prolina em folhas de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida .....	51

## 1 RESUMO

No Brasil, particularmente no Estado de São Paulo, o cultivo de berinjela se desenvolveu muito, porém sua maior limitação é o controle do teor de água do solo. Pesquisas recentes destacam as propriedades medicinais da berinjela, mostrando que nos últimos anos sua procura tem aumentado significativamente, principalmente para o uso de controle do colesterol e enfermidades no aparelho digestivo; além de apresentarem em sua composição nutricional, algumas vitaminas e minerais essenciais como cálcio, fósforo, ferro e potássio. A água é o fator ambiental mais importante para o desenvolvimento das plantas, pois todo e qualquer processo relacionado com a água é fortemente influenciado pelas condições do ambiente, do solo e do ar atmosférico. Nesse sentido, no presente trabalho, conduziu-se plantas de um híbrido de berinjela (*Solanum melongena* L.), denominados comercialmente “Embu” com o objetivo de se estudar possíveis impactos na produção, decorrentes de uma deficiência hídrica (DH) induzida sobre a cultura. As plantas foram conduzidas em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - Botucatu-SP, no Dep. de Produção Vegetal, setor de Horticultura. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 4, ou seja, três níveis de água no solo e quatro épocas de coleta, com 16 repetições para cada tratamento. As repetições foram separadas em quatro parcelas com quatro vasos por parcela. O primeiro tratamento foi considerado Controle onde as plantas foram irrigadas ao atingir o valor

de potencial mínimo de água do solo de -10 kPa. Os demais tratamentos simularam DH Leve (-20 kPa) e Moderada (-30 kPa), respectivamente, também irrigadas ao atingir os valores de potencial mínimo de água do solo, sendo todos os tratamentos monitorados por tensiômetros. Para se avaliar a extensão da DH e seus efeitos sobre as plantas, monitorou-se a produção, qualidade dos frutos, características agronômicas relacionadas ao crescimento vegetativo e parâmetros bioquímicos, como a atividade de enzimas superóxido dismutases e catalases além de concentração de prolina. Concluiu-se que, de maneira geral, os tratamentos com maior DH, interferiram diretamente na produção e outras características biométricas e que a atividade das enzimas superóxido dismutases (SOD) e catalases (CAT) podem ser utilizadas como bioindicadores dos níveis de estresse na planta.

## 2 SUMMARY

EVALUATION OF BIOCHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN EGGPLANTS RAISED UNDER DIFFERENT POTENCIAL OF WATER IN SOIL, Botucatu, 2009, 58p. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ROBERTA ANGELINI SFALCIN

Adviser: PROF. DR. FERNANDO BROETTO

In Brazil, particularly in the State of São Paulo, the cultivation of eggplant developed very much, but its great limitation is the control of amount of water of soil. Recent studies feature the medical properties of eggplant, showing that, in the last years, its search has been increased significantly, mainly to the use of control of the cholesterol and illness into digestive system; besides of show in its nutritional composition, some essential vitamins and minerals such as calcium, phosphore, ferro and potassium. Water is the most important environmental factor to the developing of plants, because every and any process related with water é strongly influenced for the environmental conditions, soil, and atmospheric air. In this way, in present study, it had been lead plants of a hybrid of eggplant (*Solanum melongena* L.), named commercially “Embu” with the aim of studying possible impacts on production, elapsing

of a hydric deficiency induced on the culture. The plants were conducted in house of vegetation of Faculdade de Ciencias Agronomicas da UNESP- Botucatu-SP, in Department of Vegetal Production, sector of Horticulture. Experimental design was entirely randomized, in factorial design 3X4, that is, three levels of water in soil and four times of collect, with 16 repetitions for each treatment. Repetitions were apart in four portions with four pots for portion. First treatment was considered Control which the plants were irrigated up to hit the value of minimal potential of soil water of -10 kPa. Other treatments simulated DH soft and Moderated, respectively, also irrigates up to hit the values of minimal potential of soil water, being all of treatments monitored for tensiometers. To evaluate the extension of DH and its effects over plants, it had monitored the production, quality of fruits, agronomics characteristics relates to vegetative grow up and biochemical parameters, like dismutases superoxido enzyme activity and catalase besides of proline concentration. It could be concluded that, in general, treatments with higher DH interfered directly on production and other biometrics characteristics and that dismutases superoxidos enzymes activity and catalase can be used like bioindicators of stress levels in plant.

### 3 INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) pertence à família botânica das Solanáceas e teve suas origens nas regiões tropicais do Oriente. Segundo alguns botânicos o centro de origem dessa Solanaceae seria a Índia, onde ela pode ainda ser encontrada vegetando em estado selvagem (VIEIRA, 1973).

Nos últimos anos, vem aumentando a procura por berinjela devido às suas propriedades medicinais. É indicada pelos médicos como agente redutor do colesterol. Além disso, na composição nutricional da berinjela destacam-se algumas vitaminas e os minerais: cálcio, fósforo, ferro e potássio (MARQUES, 2003). Devido ao crescente interesse da população em consumir produtos naturais, de origem vegetal, com baixas calorias, com valor nutricional e de uso medicinal, seu volume comercializado vem aumentando continuamente. A cultura da berinjela ainda possui menor importância econômica em relação aos principais produtos hortícolas, porém se encontra em fase de expansão em muitos países do mundo (NODA, 1980; FAO, 1998).

Em qualquer lugar que as plantas cresçam, elas estarão sujeitas às condições de múltiplos estresses, os quais limitarão seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência. Existem grandes regiões na Terra, como por exemplo, as zonas áridas, regiões com solos salinos, regiões Ártica e Antártica e em altas montanhas, em que as condições

favoráveis para o crescimento, quando ocorrem aparecem por um curto período de tempo (LARCHER, 2000).

O estresse é, na maioria das definições, considerado como um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, as quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanentes. Mesmo se uma condição de estresse é somente temporária, a vitalidade da planta torna-se cada vez menor conforme a duração do estresse (op cit., 2000).

Nas últimas décadas, o estudo de estresse vem ganhando mais importância em muitos campos da ciência e uma ampla variedade de abordagens tem sido empregada na tentativa de conhecer profundamente os processos envolvidos.

Nesse sentido, o presente trabalho busca avaliar o efeito da deficiência hídrica no solo sobre a produtividade da berinjela (*Solanum melongena* L.), avaliando parâmetros biométricos e bioquímicos causados por esse efeito.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Informação Botânica**

A berinjela tem como centro de origem primário a Índia, Birmânia e China, sendo seu cultivo muito antigo. Foi introduzida pelos árabes na Europa, durante a Idade Média e chegou ao Brasil pelos colonizadores portugueses. Pertence à família das solanáceas, assim como o tomate, a pimenta, o pimentão, a batata e o jiló. É uma planta perene, possuindo características arbustivas. Seu caule é semilenhoso, altura variando de 1,0 a 1,8 m, com intensa ramificação lateral conferindo-lhe aspecto de arbusto compacto. As raízes podem ultrapassar 1,0 m de profundidade. Suas folhas, dependendo da cultivar, podem apresentar espinhos e a forma de limbo foliar de ovado ou oblongo-ovado (EMBRAPA, 1998 e FIGUEIRA, 2000).

Suas flores são hermafroditas, sendo sua distribuição solitária ou em inflorescência do tipo cimeira. O tamanho varia de 3 a 5 cm de diâmetro. O cálice com 5 a 7 sépalas, freqüentemente apresenta espinho. A corola é do tipo gamopétala, com 5 a 6 pétalas de coloração lilás a violeta. Os 5 a 6 estames são livres, eretos, amarelos e com filamentos bem curtos (EMBRAPA, 1998).

Os frutos são grandes, do tipo baga, de formato variável (oval, oblongo, redondo, oblongo-alongado, alongado, etc.), normalmente brilhantes, de coloração branca,

rosada, zebrina, amarela, púrpura, preta ou roxa, sendo esta última a mais consumida (MARQUES, 2003).

A berinjela reproduz-se preferencialmente por autofecundação. O percentual de polinização cruzada natural varia com a cultivar e com outros fatores ambientais, com média estimada em 6% a 7%, podendo, no entanto, chegar próximo a 50% (EMBRAPA, 1998).

Em decorrência de resultados de pesquisas informando as propriedades medicinais da berinjela, nos últimos anos sua procura tem aumentado significativamente, principalmente para uso do controle do colesterol e enfermidades no aparelho digestivo. Em sua composição possui vitamina B1 e B2 e os minerais cálcio, fósforo, ferro e potássio, que são importantes para o desenvolvimento humano (MARQUES, 2003).

Os Estados que mais produzem a berinjela são Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor. De acordo com IBGE (2007), os dados do Censo Agropecuário de 1996 indicam que 90% da produção de berinjela concentram-se na região Sudeste e que 61% do total produzido estão localizados no Estado de São Paulo. Em relação ao total da produção de hortícolas, a berinjela representa uma parcela muito pequena, cerca de 1,3% do total da produção no Brasil e 3,2% no estado de São Paulo. Ao se analisar a origem da produção de berinjela, observa-se que a principal condição do produtor, no Brasil como um todo e no estado de São Paulo, é de proprietário.

## **4.2 Cultivares**

O mercado brasileiro é dominado pelos híbridos, devido às suas características de produtividade, tolerância às doenças e pragas, uniformidade e qualidade dos frutos. Esse domínio iniciou com a incorporação comercial do F-100 no início dos anos 70, o que abriu espaço para a introdução de outros híbridos, como Super F-100, F-1000, Nápoli e Ciça, todos eles existentes no mercado. Atualmente, o Nápoli tem sido o mais cultivado e comercializado, porém outros híbridos vêm sendo testados e podem tornar-se opções ao uso do Nápoli.

As diferentes culturas de Berinjela Híbrida são: Baronesa, Ciça, Comprida, Diamante Negro, Embu, F-100, F-1000, Kukuyo, Kurotsurugi, Naganassu, Nagaoka, Napoli, Ônix, Ryoma (para conserva) e Super F-100.

### 4.3 Exigências Nutricionais

Em solos do estado de São Paulo, principal produtor e consumidor de berinjela do país, recomenda-se que a adubação de plantio deve ser feita com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, 160 a 600 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 a 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0 a 3 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, suplementada com 1 kg ha<sup>-1</sup> de boro e de 10-30 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre. A utilização de matéria orgânica deve ser feita também por ocasião do plantio, na razão de 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral. A adubação de cobertura deve ser feita utilizando 80 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de N e 80 a 120 de K<sub>2</sub>O parcelado segundo Boletim Técnico 100 do IAC (1996).

Prefere temperaturas entre 18 e 30 °C e 80 % de umidade relativa do ar. O solo deve ser permeável, bem drenado, rico em matéria orgânica e o pH entre 5,4 e 6,4. É sensível ao frio, geada e excesso de chuva na floração.

O solo mais adequado para a cultura é o de textura média, com pH da solução entre 5,5 a 6,8, com certa tolerância a acidez comparado a outras solanáceas. Em solos mais ácidos a cultura exige calagem até a saturação por bases de V% = 70, inclusive por serem elevadas as suas exigências em cálcio e magnésio (FILGUEIRA, 1982).

Um aspecto a ser considerado é o conhecimento prévio do nível de nutrientes exigentes no solo, as exigências nutricionais da planta e as prováveis complementações nutricionais, visando a obtenção de um adequado equilíbrio nutricional.

Em solos deficientes em fertilidade, o cultivo da berinjela exige fertilização orgânica e mineral (FILGUEIRA, 2000), para atendimento de suas exigências nutricionais, que incluem macronutrientes e micronutrientes (RIBEIRO, 1998). Quando o nível de nutriente no substrato é baixo, o sintoma de desnutrição aparece na ordem nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre (HAAG & HOMA, 1968), a cultura de berinjela sendo mais exigente em nitrogênio e fósforo, para crescimento e frutificação (MALAVOLTA *et al.*, 1974).

Porém, o potássio também é muito exigido, especialmente durante a frutificação, favorecendo a obtenção de frutos de melhor qualidade (FILGUEIRA, 2003). Assim, as maiores produções são obtidas com farto suprimento dos macronutrientes primários, para os quais as recomendações são variáveis com as diferentes regiões do país (MALAVOLTA, 1987), dependendo dos padrões de fertilidade dos solos.

#### **4.4 Deficiência hídrica**

A deficiência hídrica é o estresse ambiental que afeta as culturas com maior frequência (KRAMER, 1983).

A DH afeta a bioquímica, a fisiologia, a morfologia e os processos de desenvolvimento das plantas, reduzindo a fotossíntese de três maneiras: pela redução da área foliar disponível para interceptar a radiação solar, pela redução da difusão do CO<sub>2</sub> para dentro da folha e pela redução da habilidade dos cloroplastos para fixar o CO<sub>2</sub> que neles penetra (JONES, 1985).

A água é o fator ambiental mais importante para o desenvolvimento das plantas, pois todo e qualquer processo relacionado com a água é fortemente influenciado pelas condições do ambiente, do solo e do ar atmosférico.

As plantas são constituídas basicamente de água, variando o seu conteúdo de 70 a 90% da massa verde, dependendo do estágio de desenvolvimento, da espécie vegetal, do tipo de tecido e das condições ambientais (solo e clima). A água é indispensável à planta para diversas funções: a) como solvente e meio para reações bioquímicas (síntese e degradação); b) no transporte de solutos orgânicos (fotoassimilados) no floema e solutos inorgânicos (água + nutrientes) no xilema; c) na manutenção da turgescência de células; d) na hidratação e neutralização de cargas de moléculas coloidais; e) como matéria-prima para fotossíntese, processos hidrolíticos e outras reações bioquímicas na planta; e, f) resfriamento de superfícies da planta através da transpiração (FLOSS, 2005).

A água é absorvida pelas raízes a partir da solução do solo e transportada passivamente para a parte aérea através do fluxo de massa no xilema (movimento apoplástico).

Mais de 90% desta água absorvida é perdida pela planta através da transpiração que ocorre nas folhas, principalmente, através dos estômatos. Para que a planta realize a fotossíntese há necessidade da absorção do gás carbônico da atmosfera através dos estômatos. No entanto, sempre que o potencial de água no ar atmosférico for menor do que o potencial de água na câmara sub-estomática da folha haverá perda de água (op cit., 2005).

A parte aérea da planta está exposta ao ambiente atmosférico, quando perde água constantemente por transpiração. Essa água deve ser repostada com novos suprimentos hídricos provenientes do solo. Transpiração, absorção e transporte de água das raízes até as superfícies transpirantes são processos básicos acoplados e inseparáveis do balanço hídrico. O déficit de pressão hídrica do ar é a força motora para a transpiração e a quantidade de água no solo é o fator decisivo para o abastecimento hídrico da planta. O balanço hídrico é mantido por um constante fluxo de água e a situação de equilíbrio na verdade é alcançada por meio de um equilíbrio dinâmico (LARCHER, 2000).

As plantas podem absorver água por toda a sua superfície, mas a maior parte do suprimento hídrico da planta provém do solo. Nas plantas superiores, a absorção d'água é feita pelas raízes, órgão especializado nessa tarefa. As plantas inferiores não possuem raízes e, portanto, dependem da absorção da água realizada diretamente pela parte aérea da planta (op cit, 2000).

Durante períodos de déficit hídrico, muitas mudanças ocorrem na planta. Essas mudanças dependem da severidade e da duração do estresse, do genótipo, do estágio de desenvolvimento e da natureza do estresse (KRAMER, 1983). A maioria dessas modificações visa a manter o crescimento e a reprodução da planta em ambientes com limitações na disponibilidade de água.

Em geral, existem grandes diferenças entre espécies com relação ao potencial da água na folha para o qual ocorre fechamento estomático. Para níveis de déficit onde o potencial da água situa-se em torno de - 1,0 a - 2,0 MPa a respiração, a translocação de produtos de assimilação metabólica e a assimilação de CO<sub>2</sub> são reduzidos para valores próximos de zero (SALISBURY & ROSS, 1994).

A falta de água como fator de estresse ocorre quando muito pouca água está disponível em um estado termodinâmico apropriado. Essa situação pode ocorrer devido a uma variedade de razões, como por exemplo, intensa evaporação, água ligada osmoticamente aos

solos salinos ou, ainda, devido ao congelamento dos solos. Um estresse causado pela seca, gradualmente intensificado, pode ser também o resultado da absorção inadequada de água pelas plantas que crescem em solos muito rasos, incapazes de proporcionar um desenvolvimento pleno para o sistema radicular (LARCHER, 2000).

Estresses abióticos, como a seca, podem reduzir significativamente os rendimentos das lavouras e restringir as latitudes e os solos onde espécies comercialmente importantes podem ser cultivadas. As implicações são enormes, uma vez que não somente produtores, mas toda a sociedade é afetada. Desemprego, aumento no preço de alimentos e instabilidade no mercado financeiro são somente algumas das conseqüências.

A fisiologia das plantas e a biologia molecular desempenharão um papel chave nesse processo. Portanto, entender a tolerância das plantas à seca e como explorá-las, devem ser julgados não só como problemas de ordem agrônômica, fisiológica ou ecológica, mas também como importante meta internacional de significância humanitária, econômica e política (VAN RENSBURG, 1994).

#### **4.5 Resposta antioxidativa em plantas sob estresse**

Todo órgão da planta é afetado pelo estresse, mesmo se apenas uma parte limitada da planta foi inicialmente envolvida. A coordenação da resposta de estresse no corpo da planta é realizada pelos hormônios vegetais. Logo que uma parte da planta sofre um distúrbio, ocorrem, como uma resposta não-específica, mudanças no sistema de hormônios. Essas mudanças condicionam o metabolismo que tem efeito em curto prazo, bem como os processos morfogenéticos de longo prazo, no sentido de minimizar o estresse e preservar a vida da planta.

Sobretudo, os distúrbios na região da raiz, como a deficiência hídrica ou uma deficiência de nutrientes e de oxigênio, acarretam ajustes na distribuição de assimilados, na razão entre parte aérea/parte subterrânea, na floração prematura (“floração de emergência”) e na abscisão das folhas (LARCHER, 2000).

Em diferentes condições de estresse, seja ele hídrico, osmótico, excesso de luminosidade, salinidade, temperatura, injúrias provocadas por patógenos, herbicidas e outros, os

vegetais sofrem alterações em seu metabolismo, ocorrendo a formação de espécies reativas de oxigênio. Estas formas de reativas de oxigênio como peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), radical superóxido ( $O_2^-$ ) e o radical hidroxila ( $OH^-$ ) são conhecidos por oxidar importantes constituintes celulares, tais como ácidos nucleicos, lipídeos de membrana (camada bipolar) e proteínas, podendo levar as células a morte (ALSCHER, 1997). Além disso, fontes distintas parecem ser responsáveis pela produção de espécies reativas de oxigênio sob as diferentes condições de estresse, como poluentes atmosféricos, herbicidas e metais, além de elevada temperatura e radiação.

A enzima superóxido dismutases (SOD, EC 1.15.1.1) são metaloproteínas que catalisam a dismutação de radicais superóxido a peróxido de hidrogênio e oxigênio. As SOD são ubíquas nos organismos aeróbicos, onde desempenham importante função na defesa contra a toxicidade causada por espécies reativas de oxigênio, sendo desta forma, consideradas importantes no mecanismo de tolerância ao estresse. Há três classes de SOD diferenciadas de acordo com o metal presente em seu sítio ativo: cobre/zinco (Cu/Zn SOD), ferro (Fe-SOD) e manganês (Mn-SOD). As enzimas Fe-SOD estão presentes nos cloroplastos, enquanto que as Mn-SOD situam-se na matriz mitocondrial. As Cu/Zn SOD são normalmente encontradas no citosol, sendo que algumas plantas contêm uma isoforma nos cloroplastos.

Outra enzima importante no sistema de resposta antioxidativa em plantas é a catalase (CAT; EC 1.11.1.6), a qual decompõe o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) gerado nos peroxissomos durante a fotorrespiração (GERBLING *et al.*, 1984), bem como o produto de reação da SOD. Essa enzima tem sido descrita como susceptível a fotoinibição e degradação. Após sua inativação por luz, a atividade da catalase é fortemente dependente de uma nova síntese da enzima, como relatado por Hertwig *et al.* (1992).

As peroxidases (POX; EC 1.11.1.7) desempenham um importante papel na biossíntese da parede celular, mas também estão envolvidas nas respostas ao estresse. As peroxidases existem em uma variedade de isoformas, que usam diferentes redutores e estão localizadas em diferentes compartimentos celulares (CAMPA, 1991).

As glutathione S-transferases (GSTs; EC 2.5.1.18) são enzimas de desintoxicação por metabolizarem uma ampla variedade de compostos exógenos tóxicos, chamados “xenobióticos”. Elas são enzimas multifuncionais, compostas por duas subunidades, que catalisam a conjugação do tripeptídeo glutathione (GSH) a uma variedade de substratos

hidrofóbicos, eletrofílicos e geralmente citotóxicos. Algumas pesquisas mostram que o estresse ambiental acarreta em um acúmulo de GHS, sendo que o mecanismo envolvido não está definido (LEONARDO, 2003).

Dessa maneira, podemos considerar as enzimas SOD, CAT, POX e GST como moduladores. Porém, o termo modulador também precisa de qualificação, porque a resposta a um dado modulador não depende somente da sua estrutura química, mas também de como ele é “lido” pelo tecido alvo. Uma mesma enzima pode produzir respostas diferentes em tecidos ou em diferentes fases do desenvolvimento num mesmo tecido. Essas diferenças são requeridas na sensibilidade do vegetal em situações de estresse ambiental, respondendo de forma específica de acordo com o envolvimento de reações metabólicas que se façam necessárias às plantas.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Localização e instalação dos experimentos

A pesquisa foi conduzida em duas etapas, sendo a primeira desenvolvida nas dependências do Departamento de Produção Vegetal – Horticultura, da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Campus de Botucatu-SP, 22°51' de latitude sul, 48°26' de longitude oeste e altitude aproximada de 770 m. Após as coletas, o material vegetal foi processado e analisado quanto aos parâmetros bioquímicos, no Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências - UNESP, Campus de Botucatu-SP.

O período dos experimentos compreendeu desde a produção das mudas até o final do cultivo, com início em agosto de 2007 e concluído em fevereiro de 2008. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade para 22 L de solo.

As plantas foram cultivadas em casa de Vegetação. O solo utilizado para o plantio, foi do tipo Latossolo Vermelho Escuro distrófico textura média (Le<sub>d</sub>), segundo classificação feita por Carvalho *et al.* (1983), coletado na Fazenda Experimental Lageado, na gleba denominada *Patrulha*, para o preenchimento dos vasos.

## 5.2 Tratamentos preliminares

Para prevenção do ataque de nematóides o solo foi tratado com nematicida na ordem 50 g m<sup>2</sup> do produto comercial. O solo foi umedecido e mantido coberto por 23 dias para reação do produto. Após este período, coletou-se amostras do mesmo sendo encaminhadas para análise no Departamento de Defesa Fitossanitária da FCA/UNESP – Câmpus de Botucatu.

## 5.3 Análise de solo

Foram coletadas 10 amostras simples do solo para realização de análise química no laboratório do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Campus de Botucatu, SP, utilizando a metodologia descrita por Raij & Quaggio (1983). Os resultados desta análise estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo antes da adubação de base.

<b>pH</b>	<b>M.O.</b>	<b>P<sub>resina</sub></b>	<b>H+Al</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>SB</b>	<b>CTC</b>	<b>V%</b>	
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>3</sup>	mg dm <sup>3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> -----							
4,1	17	2	70	0,2	2	1	3	73	4	
			<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>			
			-----mg dm <sup>3</sup> -----							
			0,21	0,8	44	0,1	0,1			

A adubação química do solo (para todos os tratamentos) baseou-se na recomendação feita por Malavolta (2006), para cultura de berinjela. Para a calagem, foi aplicado calcário dolomítico, sendo calculado 66 g do mesmo para cada vaso; aplicou-se quantidade equivalente a 19,4 g/vaso de P na forma de Termofosfato Máster; 3,41 g/vaso de K na forma de Cloreto de Potássio (KCl); 2,2 g/vaso de N na forma de Sulfato de Amônio e 110 g/vaso de

adubação orgânica (esterco de curral). Para adubação de cobertura, foram aplicados o equivalente a 2,3 g/vaso de K na forma de KCl e 8,8 g/vaso de N na forma de Sulfato de Amônio.

#### **5.4 Material vegetal e manejo da cultura**

Foram utilizadas sementes de um híbrido de berinjela (*Solanum melongena* L.), denominado comercialmente “Embu”. A semeadura foi feita em bandejas de isopor com 128 alvéolos em 5/09/2007.

As mudas foram conduzidas em viveiro da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA- UNESP), localizada na cidade de Botucatu-SP, no Departamento de Horticultura e transplantadas 47 dias após semeadura (22/10/2007), quando a planta atingiu 7 a 8 cm de altura e 4 a 5 folhas definitivas.

As plantas foram conduzidas livremente com duas ou três hastes, sem a realização de desbaste das hastes durante o crescimento das plantas. A primeira flor (relativa ao primeiro internódio) foi retirada para evitar que o desenvolvimento excessivo desse primeiro fruto prejudicasse os frutos subseqüentes. Durante o experimento foi realizado a desbrota da planta até a altura das primeiras flores, o que favorece o alongamento da haste, sendo que posteriormente deixou-se os brotos laterais livremente.

#### **5.5 Condução dos Tratamentos**

Foram estabelecidos tratamentos em relação ao fornecimento de água. O primeiro tratamento foi considerado Controle onde as plantas foram irrigadas regularmente. Os demais tratamentos simularam deficiência hídrica Leve e Moderada, respectivamente, cujo controle foi feito por medidas em tensiômetros.

Para determinação do teor de água no solo, foi utilizado um tensímetro analógico, com medidas expressas em kPa (-10 a -100 kPa) e para cada tratamento foi definido a seguinte tensão:

- Tratamento Controle (C): - 10 kPa
- Tratamento Leve (L): - 20 kPa
- Tratamento Moderado (M): - 30 kPa

Para a definição do teor real de água do solo em relação à tensão dada pelo aparelho, foi feita uma curva de retenção de água do solo ajustada pela equação logarítmica, conforme apresentado na Figura 1.

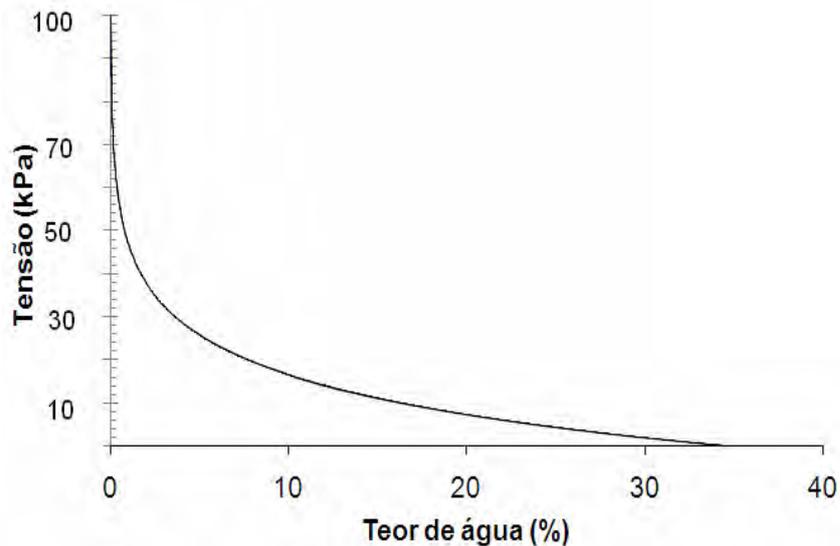


Figura 1: Curva de retenção de água de um solo LVE distrófico textura média e a relação entre a tensão (expressa em bar) e o teor de água no solo (%).

Os tensiômetros foram instalados nos vasos de cultivo a uma distância de 10 cm da planta e a uma profundidade de 20 cm do solo ao centro da cápsula porosa, apresentados na Figura 2. A reposição de água foi feita sempre que a leitura da tensão da água do solo, verificada pelo tensiômetro, atingisse valores superiores definidos para cada tratamento.

Para tensiômetros com transdutor de pressão, segundo Gomide (1998), a equação usada foi a seguinte:

$$\Psi_m = - 1013.T. h_1. h_2 \quad (1)$$

onde:

$\Psi_m$  = é o potencial matricial (cm.c.a);

T = a tensão lida pelo transdutor de pressão (bar);

$h_1$  = a altura do nível superior a água nos tensiômetros observada na parte transparente até a superfície do solo (cm);

$h_2$  = a profundidade de instalação dos tensiômetros (cm). O valor constante na equação (1) representa a pressão atmosférica local, em bar.



Figura 2: Aspecto da condução inicial da cultura aos 15 DAT, ilustrando a instalação dos tensiômetros.

## 5.6 Valores de temperaturas máximas e mínimas durante o ciclo da cultura

Conforme os valores aferidos e apresentados na Figura 3 observa-se que as temperaturas entre 05/11/2007 e 26/02/2008, apresentaram valores entre 15,4 e 40 °C de temperatura máxima e mínima, respectivamente.

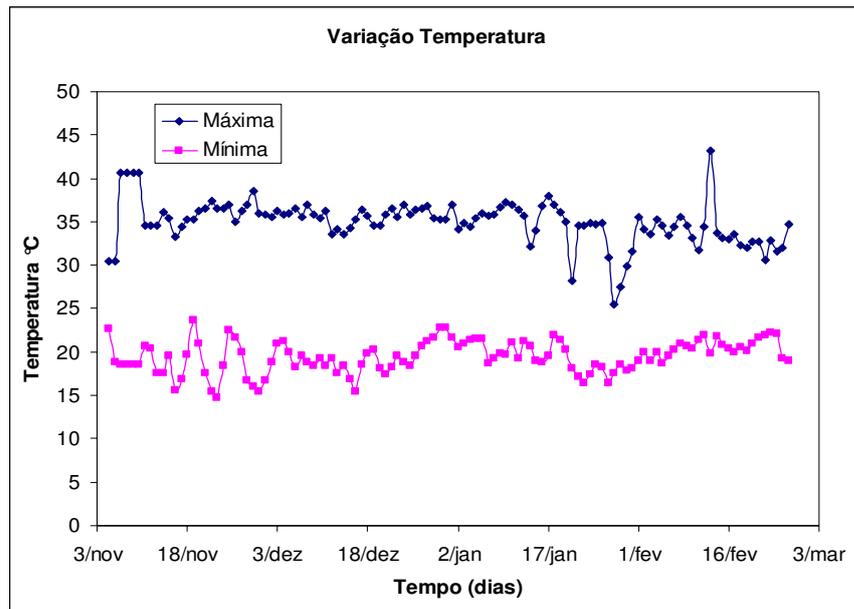


Figura 3. Valores das temperaturas mínimas e máximas anotadas no interior da casa de vegetação, durante a condução do experimento.

De acordo com a literatura, as temperaturas mínimas observadas no período adequaram-se as exigências da cultura. Sonnenberg (1981), afirma que temperaturas mínimas inferiores a 15 °C determinam desenvolvimento vegetativo lento e formação reduzida de flores. Segundo Camargo (1984), temperaturas noturnas mínimas entre 18 e 20 °C, como foram encontradas no experimento, podem favorecer a formação de frutos.

As temperaturas máximas que atingiram valores superiores a 40 °C podem ter causado prejuízos na produção de frutos. Sganzerla (1995) afirma que valores até 35 °C não causam prejuízos à planta. Altas temperaturas e baixa umidade do ar causam deficiência hídrica às plantas, podendo gerar morte de gemas de flores e formação de frutos menores.

As altas temperaturas influenciaram no tamanho médio dos frutos de berinjela, sendo que no tratamento considerado Controle (-10 kPa) o peso médio dos frutos foi de 200 g, inferiores aos valores reportados por Villas Bôas (2007), em torno de 350 a 400 g.

### 5.7 Delineamento experimental

Foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4, com 16 repetições para cada tratamento. As repetições foram separadas em quatro parcelas com quatro vasos por parcela (Figura 4).

O procedimento utilizado para as análises estatísticas foi o GLM do Software estatístico SAS<sup>®</sup>. (SAS, 2004). Para obtenção das médias ajustadas das variáveis, foi utilizado o LSMEANS e efetuadas comparações pelo Teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).



Figura 4: Disposição dos vasos aos 30 DAT, com plantas de berinjela Embu em casa de vegetação climatizada.

## **5.8 Análise de parâmetros de crescimento e produtividade**

### **5.8.1 Altura de plantas**

Foram realizadas determinações de altura das plantas, a partir dos 14 DAT (dias após transplântio); nesta determinação, as plantas foram medidas do colo até o ápice da haste maior, em frequência quinzenal.

### **5.8.2 Número de folhas**

Foram feitas determinações do número total de folhas expandidas, quinzenalmente.

### **5.8.3 Número de flores totais e abortadas**

Foram feitas determinações do número de flores totais e abortadas a partir 50 DAT, com frequência de dois dias.

### **5.8.4 Altura de bifurcações**

Foram realizadas medidas de altura de bifurcações por planta em frequência quinzenal.

### **5.8.5 Teor de clorofila**

Durante o ciclo da cultura foram feitas 4 amostragens aos 50 DAT; 65 DAT; 80 DAT e 95 DAT. Para a análise de pigmentos, foram utilizados discos foliares com 1,04 cm<sup>2</sup> de diâmetro os quais foram mantidos em 1 mL de dimetil formamida (DMF) por 48 h para extração de clorofilas (*a* e *b*) e carotenóides. Após a incubação, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda 480; 646,8 e 663,8 nm. Os teores de clorofila foram determinados a partir de fórmulas específicas, descritas por LEE et al. (1987).

### **5.8.6 Produção de frutos**

Ao atingirem o amadurecimento pleno, os frutos de cada bloco de tratamento foram coletados e pesados. Também foram realizadas medidas de comprimento e diâmetro em cm, de cada fruto, além da porcentagem (%) de fixação de frutos.

### **5.8.7 Análise da massa de matéria seca (MMS)**

Foram selecionados 4 amostras por tratamento. Todo o material da parte aérea da planta e raiz foi coletado ao final do experimento (124 DAT) sendo posteriormente pesado, seco em estufa a 50 °C até peso constante, com pesagem final para determinação da massa de matéria seca.

### **5.8.8 Análise química dos constituintes da planta**

Ao final do experimento (124 DAT) foram coletados e analisados amostras de folhas, caule e raiz. A análise foi conduzida conforme metodologia descrita por Malavolta *et al* (1997), no laboratório de análise foliar do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, FCA/UNESP.

## **5.9 Avaliações bioquímicas**

### **5.9.1 Coleta e armazenamento do material vegetal**

As folhas expandidas foram coletadas da região mediana das plantas, acondicionadas em frascos do tipo *Falcon* e imediatamente imersas em nitrogênio líquido para congelamento rápido. Após a coleta, as amostras foram armazenadas em Freezer a - 80 °C. Conforme o ciclo da cultura da berinjela, foram realizadas 4 coletas, sendo em 50 DAT; 79 DAT; 112 DAT e 126 DAT.

As amostras foram moídas na presença de Nitrogênio líquido, até a obtenção de um pó fino. Após pesagem, as amostras foram armazenadas em frascos Eppendorf, em Freezer a - 80 °C.

### **5.9.2 Processamento do material vegetal para obtenção do extrato bruto**

As amostras foram processadas para obtenção de dois extratos diferentes: o primeiro para a análise do teor de L-prolina e o segundo para as análises de atividade enzimática. Para o primeiro extrato (análise de prolina), amostras de tecido foliar (100 mg) foram

ressuspensas em 1,5 mL de ácido sulfosalicílico (3% em água destilada). Após centrifugação por 5 min a 4.000 x g, o sobrenadante foi coletado e armazenado em freezer a - 80° C.

O extrato para as análises enzimáticas foi obtido pela ressuspensão do material vegetal (500 mg) em 2,0 mL de tampão fosfato de potássio 0.1 M, pH 7,8. Após centrifugação por 20 minutos a 5.000 x g, o sobrenadante foi coletado e armazenado em freezer a - 80° C.

### **5.9.3 Determinação do teor de proteína solúvel total**

A concentração de proteína solúvel presente nos extratos foi determinada em triplicata, utilizando-se o método descrito por Bradford (1976) com albumina de soro bovino (BSA) como proteína padrão.

### **5.9.4 Teor de prolina**

O teor de L-prolina foi determinado utilizando-se o método de Bates *et al.* (1973). Para a realização do teste colorimétrico, pipetou-se alíquotas de 1,0 mL do extrato bruto; 1,0 mL de ninhidrina ácida; 1,0 mL de ácido acético glacial. Após banho-maria fervente por 60 minutos, resfriou-se os frascos e efetuou-se leitura a 520 nm. Como referência, foi utilizada uma reta padrão com L-prolina p.a.

### **5.9.5 Atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD; EC 1.15.1.1)**

A determinação da atividade da SOD considera a capacidade da enzima em inibir a fotorredução do NBT (Azul de Nitrotetrazólio Cloreto). A atividade foi determinada pela

adição de 50  $\mu\text{L}$  de extrato bruto a uma solução contendo 13 mM de metionina, 75  $\mu\text{M}$  de NBT, 100 nM de EDTA e 2  $\mu\text{M}$  de riboflavina em 3,0 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7.8.

A reação foi iniciada pela iluminação dos tubos, em câmara composta por tubos fluorescentes (15 W), a 25 °C. Após 8 minutos de incubação, o final da catálise foi determinada pela interrupção da luz (GIANNOPOLITIS & RIES, 1977). O composto azul formado (formazana) pela fotorredução do NBT foi determinado pelo incremento na absorção a 560 nm. Os tubos considerados brancos para a análise receberam os mesmos reagentes, porém foram mantidos cobertos com papel alumínio, portanto, abrigados da luz. Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade de enzima necessária para a inibição de 50% da fotorredução do NBT. Para o cálculo da atividade específica da enzima, considera-se a percentagem de inibição obtida, o volume da amostra e a concentração de proteína na amostra ( $\mu\text{g} / \mu\text{L}$ ).

#### **5.9.6 Atividade da enzima Catalase (CAT; EC 1.11.1.6)**

A atividade da enzima catalase foi espectrofotometricamente avaliada a um comprimento de onda de 240 nm pelo monitoramento da variação da absorção do peróxido de hidrogênio, conforme Peixoto *et al.* (1999). Para o teste, foi adicionado 50  $\mu\text{L}$  de extrato bruto a 950  $\mu\text{L}$  de um tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7,0 suplementado com peróxido de hidrogênio a uma concentração final de 12,5 mM. A variação de absorção ( $\Delta E$ ) foi calculada em um intervalo de 90 s, sendo a atividade da enzima calculada utilizando-se um coeficiente de extinção molar  $\epsilon = 39,4 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . A atividade específica ( $\mu\text{Kat } \mu\text{g Prot}^{-1}$ ) da catalase levou em consideração a concentração de proteína solúvel no teste.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Monitoramento com tensiômetro para determinação do teor de água no solo**

O adequado suprimento de água às plantas é um dos fatores mais importantes para maximizar a produção agrícola. Esse suprimento, considerando a água armazenada no solo, é afetado pela energia de retenção da água na matriz do solo, denominado de potencial mátrico. Para determinar o potencial da água no solo podem ser utilizados tensiômetros (KLEIN, 2001). Tensiômetros são equipamentos que medem a tensão (“força”) com que a água é retida pelo solo, a qual afeta diretamente a absorção de água pelas plantas. Estes, por sua vez, tem capacidade para leitura de tensão entre 0 – 75 kPa, sendo recomendados para o manejo de irrigação na maioria das hortaliças cultivadas em campo ou sob cultivo protegido (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2004). Nesse sentido, o presente trabalho utilizou esse equipamento para monitorar a determinação do teor de água no solo no cultivo de berinjela.

Na análise estatística realizada ao nível de 5% de significância constatou-se que a interação dos tratamentos Controle (-10 kPa), Leve (-20 kPa) e Moderado (-30 kPa ) e épocas de coletas, foi significativa nas medidas com tensiômetro para determinação e manutenção do teor de água no solo. O fornecimento de água no solo foi controlado em todos os dias do experimento de acordo com as tensões estabelecidas para cada tratamento.

Na Tabela 2, constata-se que o valor do potencial matricial de água no solo para o tratamento Moderado (-30 kPa), apresentou-se maior em relação aos tratamentos Controle e Leve, durante todo o desenvolvimento da cultura.

Tabela 2: Valores médios do potencial matricial de água no solo em plantas de berinjela Embu nos tratamentos com deficiência hídrica induzida.

<b>Tratamentos</b>	<b>Potencial Matricial (kPa)</b>
Controle	- 199,20 b
Leve	- 257,31 b
Moderado	- 388,44 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

## **6.2 Parâmetros de crescimento e produtividade**

### **6.2.1 Altura de plantas**

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 3 para a altura de plantas (cm), delineou-se que os tratamentos variaram significativamente pelo teste F (5%), sendo que as plantas submetidas a deficiência hídrica apresentaram altura de plantas inferior àquelas que receberam 100% de reposição de água no solo. No trabalho de Pereira et al. (2004), os vasos que foram irrigados regularmente, apresentaram as melhores médias para altura de plantas. Vieira (1994) em experimento com a cultura de berinjela obteve menores valores de altura da planta quando a mesma foi submetida ao estresse hídrico no início da frutificação; entretanto esses valores foram superiores aos encontrados no atual experimento. É importante ressaltar que, no atual experimento, as plantas foram cultivadas em vasos, com volume de solo limitado, o que pode ter tido alguma influência no crescimento das plantas.

Tabela 3: Valores médios (n=16) para altura de plantas (cm) de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida, aferidos quinzenalmente durante o ciclo da cultura.

Tratamentos	Altura de plantas (cm)
Controle	109,2 a
Leve	94,75 b
Moderado	90,68 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

De acordo com a Figura 5, constatou-se que até a quarta coleta, realizada nos 75 DAT, todos os tratamentos apresentaram desempenho semelhante quanto à altura de plantas (cm). Essa pequena diferença pode ter sido decorrente ao desenvolvimento lento característico da cultura até essa idade fisiológica. A partir da última coleta, realizada aos 90 DAT, verificou-se uma diferença na altura de plantas (cm) em função dos tratamentos, sendo que o tratamento Controle (-10 kPa) alcançou altura superior aos outros tratamentos analisados. O tratamento Moderado (-30 kPa) mostrou-se menor que os outros tratamentos no final do experimento, podendo ser um fator decorrente ao baixo teor de água aferido desde o início do ciclo.

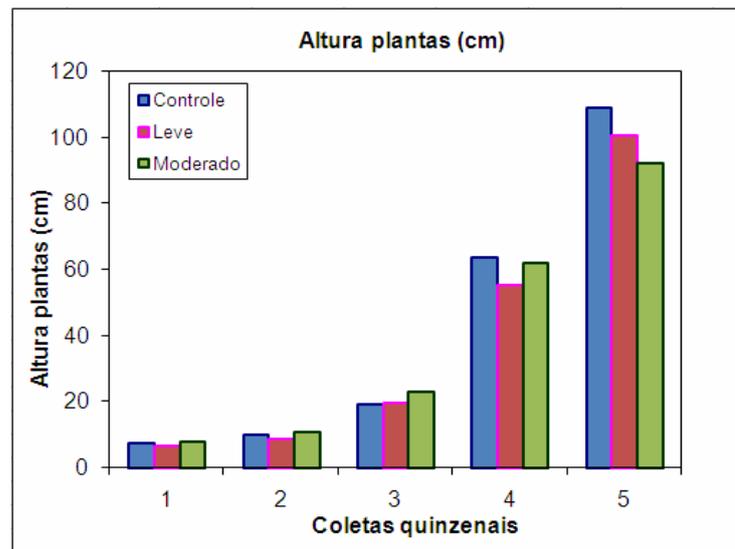


Figura 5. Valores para altura de plantas (cm) durante o ciclo de berinjela Embu em função de diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

### 6.2.2 Número de folhas totalmente expandidas amostradas no início e final do ciclo

As contagens do número de folhas foram realizadas considerando as folhas totalmente expandidas, como representa a Figura 6.



Figura 6: Folhas de berinjela Embu totalmente expandidas no início do ciclo.

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 4 para o número de folhas totalmente expandidas, delineou-se que os tratamentos com diferentes teores de água no início do ciclo, variaram significativamente pelo teste F (5%), com o tratamento Moderado apresentando o dobro do número de folhas se comparado ao tratamento considerado Controle. De acordo com Pereira et al. (2004), quanto ao número de folhas, as plantas que receberam estresse no período vegetativo apresentaram maior número médio de folhas.

Tabela 4: Valores médios de número de folhas totalmente expandidas no início (10 DAT) do ciclo de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

<b>Tratamentos</b>	<b>Número de folhas</b>
Controle	1,25 a
Leve	2,18 b
Moderado	2,31 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Na análise de variância apresentada na Tabela 5 para o número de folhas totalmente expandidas, delineou-se que os tratamentos com diferentes teores de água no final do ciclo, não variaram significativamente pelo teste F (5%).

Tabela 5: Valores médios de número de folhas totalmente expandidas no final do ciclo (105 DAT) de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tratamentos	Número de folhas
Controle	70,82 a
Leve	66,25 a
Moderado	61,94 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Considerando-se as épocas de amostragem dos tratamentos representados na Figura 7, observou-se que o Tratamento Leve (-20 kPa) manteve um desempenho de número de folhas semelhante ao Tratamento Controle (-10 kPa). Os valores de folhas expandidas de berinjela para o tratamento Moderado (-30 kPa) apresentou variação significativa de números de folhas no final do ciclo. Os resultados deste ensaio, concordam com Carvalho *et al* (2004), que demonstraram redução do número de folhas, em decorrência da DH, durante o ciclo da cultura.

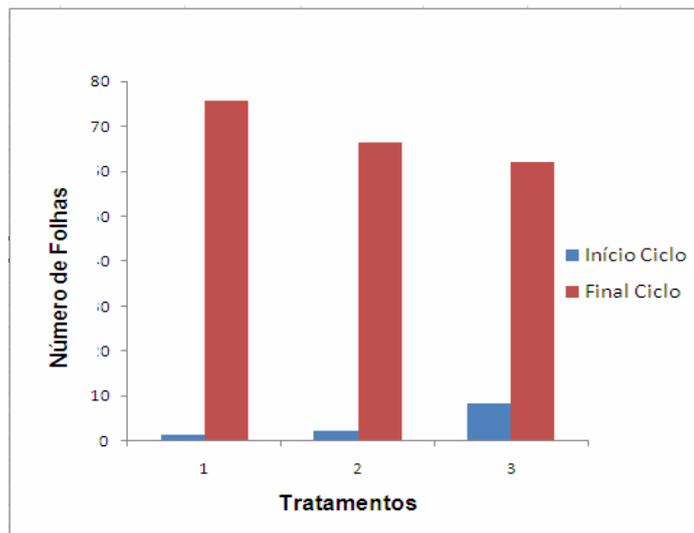


Figura 7: Valores para número de folhas expandidas no início e final do ciclo de berinjela, representado pelos tratamentos Controle (1), Leve (2) e Moderado (3), respectivamente.

### 6.2.3 Número de flores totais e abortadas

De acordo com análise de variância apresentada nas Tabelas 6 e 7 para o número de flores totais e abortadas respectivamente, delineou-se que os tratamentos com diferentes níveis de teor de água e diferentes épocas de coleta, não variaram significativamente pelo teste F (5 %). No mesmo teste, verificou-se que a interação entre coletas e os tratamentos com diferentes níveis de teor de água não foram estatisticamente significativas para influenciar o parâmetro em questão.

Tabela 6: Valores médios de número de flores totais do ciclo de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

<b>Tratamentos</b>	<b>Flores Totais</b>
Controle	66,93 a
Leve	60,80 a
Moderado	59,00 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 7: Valores médios de número de flores abortadas do ciclo de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

<b>Tratamentos</b>	<b>Flores abortadas</b>
Controle	12,26 a
Leve	12,87 a
Moderado	12,40 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

A Figura 8 confirma a Tabela 7, mostrando que a interação entre coletas e os tratamentos com diferentes níveis de teor de água não foram estatisticamente significativas.

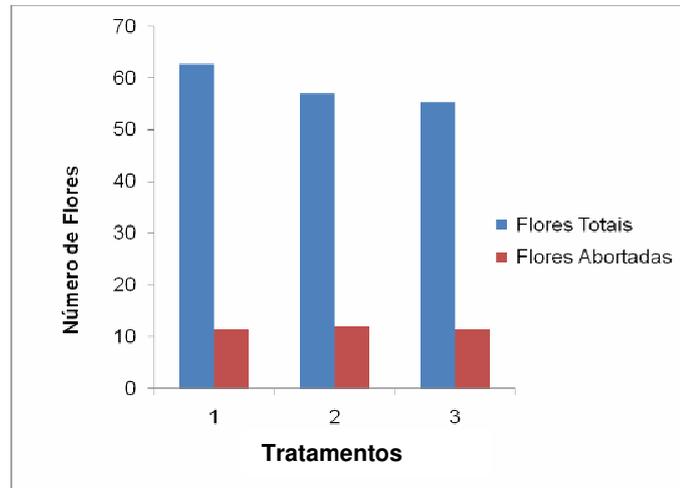


Figura 8: Valores para número de flores totais e abortadas no ciclo de berinjela, representado pelos tratamentos Controle (1), Leve (2) e Moderado (3), respectivamente.

As fases de floração e frutificação, para a maioria das culturas, são as que apresentam maiores consumos de água, sendo, portanto, consideradas como fases críticas. Magalhães *et al.* (1979), mostrando o efeito do déficit hídrico sobre a produção do feijão, confirmam a maior necessidade de água nas fases de floração e frutificação.

#### 6.3.4 Altura de bifurcações

Na análise estatística realizada ao nível de 5% de significância constatou-se que a interação dos tratamentos (Controle, Leve e Moderado) e épocas de coletas não foi significativa na característica altura de bifurcações. Estudando a época de coleta separada, observa-se na Tabela 8 que não houve diferença significativa entre as épocas pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 8: Valores médios de altura de bifurcações de berinjelas Embu em tratamentos com diferentes teores de água.

Tratamentos	Altura de bifurcações (cm)
Controle	32,8 a
Leve	31,1 b
Moderado	33,3 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

A Figura 9 evidenciou graficamente a diferença da altura de bifurcação no tratamento Leve (-20 kPa) se comparado com os tratamentos Controle (-10 kPa) e Moderado (-30 kPa).

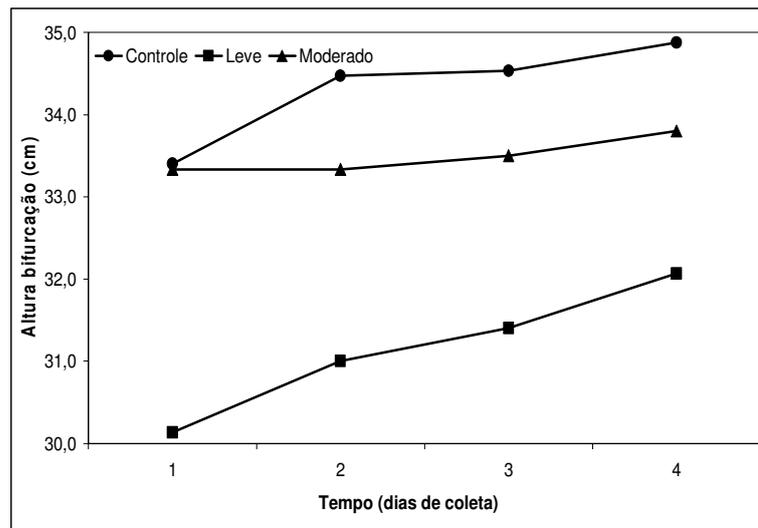


Figura 9: Valores médios do número total de bifurcações em função dos dias de coleta.

Na Figura 9, observa-se que o tratamento Leve (-20 kPa) apresentou o menor valor de altura de bifurcações. Os tratamentos Controle (-10 kPa) e Moderado (-30 kPa) apresentaram os maiores valores sem diferença significativa entre si.

### 6.3.5 Teor de clorofila e carotenóides

O resultado de variância para o teor de clorofila *a* mostrou-se significativo pelo teste analisado em unidades de medidas repetidas, afirmando que houve influência nos tratamentos em diferentes épocas de coleta.

Tabela 9: Teor de clorofila *a* nas folhas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tratamentos	Teor de clorofila <i>a</i> [ $\mu\text{g cm}^2$ ]
Controle	1,1076 b
Leve	1,3658 a
Moderado	1,0682 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Baseando-se nos resultados da análise de variância apresentada na Tabela 9, verifica-se que teor de clorofila *b* medidas em folhas de berinjela Embu, mostrou que as datas das coletas foram significativas pelo teste F ao nível de 5 % e os tratamentos não foram significativos pelo mesmo teste.

Tabela 10: Teor de clorofila *b* nas folhas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tratamentos	Teor de clorofila <i>b</i> [ $\mu\text{g cm}^2$ ]
Controle	1,1077 a
Leve	1,3660 a
Moderado	1,1541 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Na análise de variância para o índice de carotenóides em folhas de berinjela Embu, demonstrou que nas diferentes épocas de amostragens, os tratamentos foram

significativos pelo teste F ao nível de 5 %, sendo que para os valores médios dos índices de clorofila e carotenóides apresentaram diferença significativa (Tabela 10).

Tabela 11: Valores médios do índice de carotenóides nas folhas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

<b>Tratamentos</b>	<b>Teor carotenóides [<math>\mu\text{g cm}^2</math>]</b>
Controle	0,1440 b
Leve	0,1878 a
Moderado	0,1525 a b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

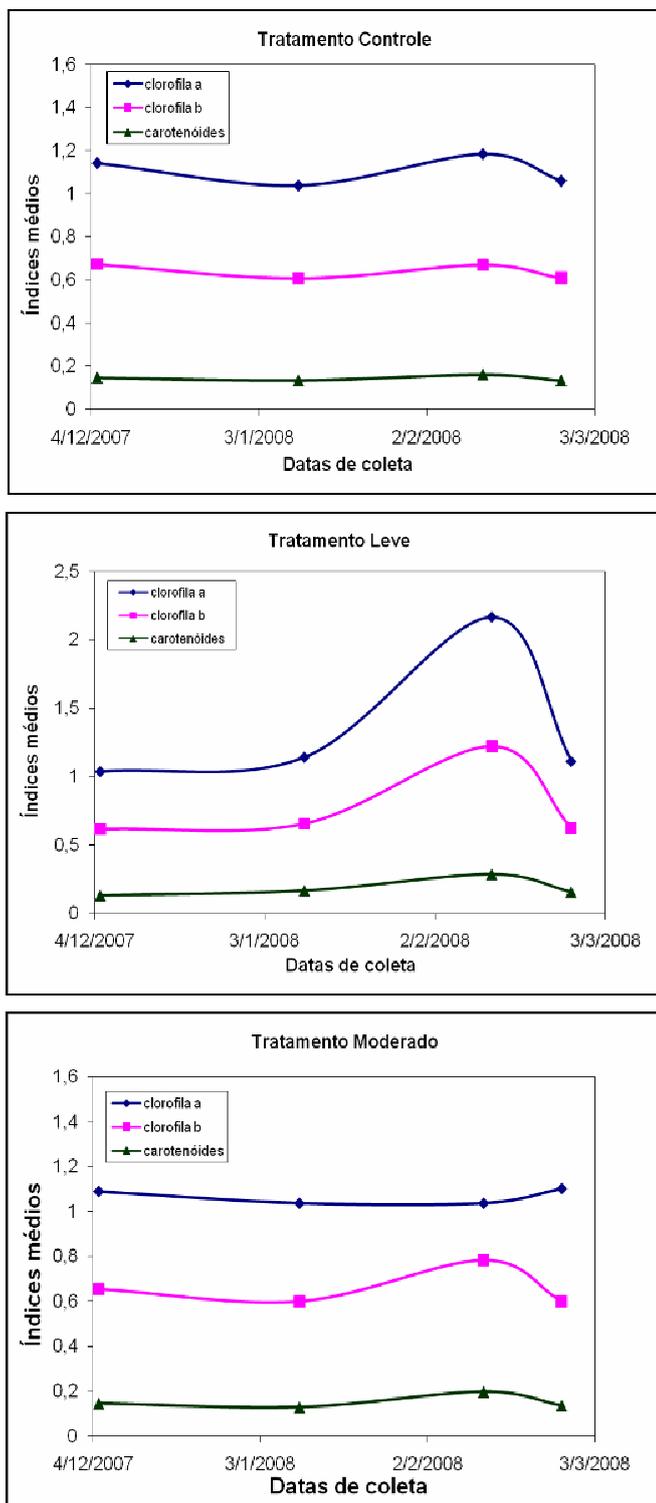


Figura 11: Valores dos índices médios de clorofila *a*, *b* e carotenóides nos tratamentos Controle, Leve e Moderado em diferentes épocas de coleta.

No tratamento Leve pode-se notar um maior acúmulo de clorofila *a* e *b* na terceira coleta de folhas de Berinjela Embu. Observando-se no tratamento Moderado, nota-se um acúmulo de clorofila na terceira coleta das folhas de berinjela.

A clorofila acumulada parece ser suficiente para a manutenção dos tecidos verdes, garantindo eficiência fotossintética para acúmulo de carbono em outras formas químicas e transporte de sintetados em direção a parte aérea.

### 6.3.6 Produção de frutos

A tabela 12 representa produção final de frutos de berinjela Embu para os tratamentos Controle, Leve e Moderado, respectivamente.

Tabela 12: Número total de frutos de berinjela Embu representados pelos tratamentos Controle, Leve e Moderado.

<b>Tratamentos</b>	<b>Número total de frutos</b>
Controle	17
Leve	25
Moderado	32

Os frutos de berinjela Embu para os diferentes tratamentos Controle (-10 kPa), Leve (-20 kPa) e Moderado (-30 kPa) induzidos a estresse hídrico, estão representados nas Figuras 12, 13 e 14, respectivamente.



Figura 12: Frutos de berinjela Embu do tratamento Controle (-10 kPa).



Figura 13: Frutos de berinjela Embu do tratamento Leve (-20 kPa).



Figura 14: Frutos de berinjela Embu do tratamento Moderado (-30 kPa).

### 6.3.7 Peso médio de frutos de berinjela Embu

Para melhor avaliar o efeito dos tratamentos sobre o peso médio de frutos, os dados observados foram analisados segundo variância e teste F (5%) cujos resultados estão resumidos na Tabela 13.

Tabela 13: Valores do peso médio (em g) de frutos de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tratamentos	Peso médio (g)
Controle	200,70 a
Leve	174,60 a
Moderado	199,94 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 13, observou-se que o valor de peso médio de frutos de berinjela não apresentou diferença significativa entre os diferentes tratamentos estudados. Porém, o tratamento considerado Controle (-10 kPa) que

apresenta peso médio de 200 g é o que mais se aproxima do peso médio estabelecido por Villas Bôas (2004) que determinou essa massa em berinjela Embu em torno de 350 a 400 g.

### 6.3.8 Número total de frutos de berinjela Embu

Para a caracterização agrônômica da cultura, monitorou-se o número total de frutos por vaso e sua relação com os tratamentos, durante o ciclo da cultura de berinjela Embu. A análise de variância e o teste F para este parâmetro estão resumidos na Tabela 14.

Tabela 14: Valores médios dos números de frutos por vaso de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

<b>Tratamentos</b>	<b>Número de frutos por vaso</b>
Controle	1,06 a
Leve	1,56 a
Moderado	2,00 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 14, observou-se que os valores médios de número de frutos por vaso nos tratamentos Controle (-10 kPa), Leve (-20 kPa) e Moderado (-30 kPa) apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey (5%), sendo o tratamento Moderado com o maior número de frutos por vaso se comparado aos outros tratamentos.

Embora o tratamento Moderado apresente maior número de frutos, este não seria o melhor fruto utilizado comercialmente, sendo estes menores se comparados com o tratamento Controle e Leve.

### 6.3.9 Comprimento e diâmetro do fruto de berinjela Embu

Na análise estatística realizada ao nível de 5% de significância constatou-se na Tabela 15 que os valores médios de comprimento (cm) e diâmetro (cm) dos frutos nos tratamentos (Controle, Leve e Moderado) não apresentaram diferença significativa pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 15: Valores médios de comprimento (cm) e diâmetro (cm) de frutos por vaso de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

<b>Tratamentos</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Diâmetro (cm)</b>
Controle	111,4 a	57,87 a
Leve	99,05 a	55,46 a
Moderado	113,68 a	60,78 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

A Tabela 15 evidencia que os valores médios de comprimento (cm) e diâmetro (cm) dos frutos não apresentam diferença significativa entre si.

### 6.3.10 Análise de massa de matéria seca (MMS) dos frutos

A análise de massa de matéria seca (MMS), em gramas, realizada pelo teste Tukey (5%), não apresentou diferença significativa entre os valores médios dos frutos nos tratamentos Controle (-10 kPa), Leve (-20 kPa) e Moderado (-30 kPa) estudados no experimento (Tabela 16).

Tabela 16: Valores médios da massa de matéria seca (MMS), em gramas, dos frutos de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

<b>Tratamentos</b>	<b>Massa de matéria seca - MMS (g)</b>
Controle	15,60 a
Leve	15,23 a
Moderado	14,77 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Os valores baixos das massas de matéria seca (MMS) podem ter sido influenciados pelas condições climáticas menos favoráveis, do que as condições encontradas pelos outros autores, considerando-se que no presente experimento, a cultura de berinjela foi induzida a estresse hídrico desde o início do plantio.

### **6.3.11 Análise de massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) da parte aérea e raiz**

Os valores médios da massa fresca (em g) da parte aérea (Caule + Folhas) de berinjela Embu, também analisados pelo teste Tukey (5%), não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados no experimento. (Tabela 17)

Tabela 17: Valores médios da massa de matéria fresca da parte aérea, em gramas, de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

<b>Tratamentos</b>	<b>Massa de matéria fresca (g)</b>
Controle	331,61 a
Leve	282,07 a
Moderado	271,62 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Os valores baixos de massa de matéria fresca (em g) encontrados no presente trabalho podem ter sido decorrentes do efeito de estresse hídrico induzido desde o início do cultivo de berinjela Embu, sendo que este fator também interferiu nos valores médios da altura

de bifurcações dessas plantas avaliadas. Silva (2006), por outro lado, afirma em relação ao fornecimento de água, que a maior quantidade de água influenciou positivamente o incremento do peso da massa fresca e peso da massa seca do tomate.

A análise de massa de matéria seca (MMS) da parte aérea, em gramas, realizada pelo teste Tukey (5%), não apresentou diferença significativa entre os tratamentos Controle (-10 kPa), Leve (-20 kPa) e Moderado (-30 kPa) estudados no experimento. (Tabela 18)

Tabela 18: Valores médios da massa de matéria seca (MMS) da parte aérea, em gramas, de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

<b>Tratamentos</b>	<b>Massa de matéria seca – MMS (g)</b>
Controle	4,02 a
Leve	3,94 a
Moderado	3,68 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

A análise de massa de matéria seca (MMS) da raiz (em gr) realizada pelo teste Tukey (5%), não apresentou diferença significativa entre os tratamentos Controle (-10 kPa), Leve (-20 kPa) e Moderado (-30 kPa) estudados no experimento. (Tabela 19)

Tabela 19: Valores médios da massa de matéria seca da raiz, em gramas, de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

<b>Tratamentos</b>	<b>Massa de matéria seca - MMS (g)</b>
Controle	123,94 a
Leve	86,52 a
Moderado	140,18 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

#### 6.4 Análise química dos constituintes da planta

Foram analisados os constituintes químicos das amostras de parte aérea (folhas + caule) e raiz no final do experimento, conforme metodologia descrita por Malavolta *et al* (1997), no laboratório de análise foliar do Departamento de Recursos Naturais – Ciências do Solo, FCA/UNESP.

A análise dos constituintes químicos da parte aérea e da raiz, realizada pelo teste Tukey (5%), não apresentou diferença significativa entre os tratamentos Controle (-10 kPa), Leve (-20 kPa) e Moderado (-30 kPa) no final do experimento.

As Tabelas 20 e 21 demonstram as médias dos resultados da análise química da parte aérea das plantas por tratamento.

Tabela 20: Análise química da parte aérea da planta (em g Kg<sup>-1</sup>) nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tratamentos	N (g Kg <sup>-1</sup> )	P (g Kg <sup>-1</sup> )	K (g Kg <sup>-1</sup> )	Ca (g Kg <sup>-1</sup> )	Mg (g Kg <sup>-1</sup> )	S (g Kg <sup>-1</sup> )
Controle	16,75 a	2,02 a	9,0 a	48,0 a	10,32 a	2,7 a
Leve	18,0 a	1,50 a	8,75 a	43,25 a	8,95 a	2,67 a
Moderado	16,5 a	1,22 a	8,75 a	41,75 a	7,55 a	3,40 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey

Tabela 21: Análise química da parte aérea da planta (em mg Kg<sup>-1</sup>) nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tratamentos	B (mg Kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg Kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg Kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg Kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg Kg <sup>-1</sup> )
Controle	81,0 a	9,5 a	178,0 a	47,0 a	27,0 a
Leve	69,5 a	13,2 a	157,5 a	46,5 a	23,0 a
Moderado	67,5 a	15,5 a	209,0 a	52,0 a	23,0 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey

As Tabelas 22 e 23 demonstram as médias dos resultados da análise química da raiz das plantas por tratamento estudado no experimento.

Tabela 22: Análise química da raiz da planta (em g Kg<sup>-1</sup>) nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tratamentos	N (g Kg <sup>-1</sup> )	P (g Kg <sup>-1</sup> )	K (g Kg <sup>-1</sup> )	Ca (g Kg <sup>-1</sup> )	Mg (g Kg <sup>-1</sup> )	S (g Kg <sup>-1</sup> )
Controle	10,25 a	0,90 a	7,75 a	6,75 a	3,30 a	2,82 a
Leve	10,00 a	0,925 a	8,50 a	7,0 a	4,02 a	3,15 a
Moderado	8,00 a	0,85 a	7,50 a	5,5 a	3,10 a	2,57 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 23: Análise química da raiz da planta (em mg Kg<sup>-1</sup>) nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tratamentos	B (mg Kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg Kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg Kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg Kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg Kg <sup>-1</sup> )
Controle	53,50 a	40,0 a	7452,5 a	51,5 a	34,5 a
Leve	63,25 a	31,5 a	8202,5 a	53,7 a	37,7 a
Moderado	27,75 a	33,0 a	9403,7 a	70,7 a	24,25 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Esses valores podem ser decorrentes de os diferentes tratamentos receberem a mesma quantidade de adubação durante toda a fase do experimento.

Na Tabela 23, os valores médios de Zinco (mg/Kg) na raiz de berinjela Embu apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, sendo menor no tratamento Moderado (-30 kPa).

## 6.5 Análises Bioquímicas

### 6.5.1 Análise da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD)

Os valores médios da atividade das enzimas superóxido dismutases (SOD) expressos em UI  $\mu\text{g prot}^{-1}$ , estão apresentados na Tabela 24. A análise de variância para a atividade da SOD em folhas de berinjela Embu apresentou resultados com diferença significativa no teste Tukey (5%).

Tabela 24: Valores médios da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em folhas de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tratamentos	UI $\mu\text{g prot}^{-1}$
Controle	44,465 a
Leve	18,713 b
Moderado	25,034 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

A Tabela 24 demonstra diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que o tratamento Leve (-20 kPa) apresenta menor atividade específica das enzima superóxido dismutases (SOD) e que ocorreu diferenças significativas durante o desenvolvimento da planta. A atividade das enzimas superóxido dismutases (SOD) das plantas de berinjela Embu analisadas no tratamento Moderado (-30 kPa) apresentou-se maior em relação ao tratamento Leve (-10 kPa). As enzimas SOD corresponderam às expectativas como marcador bioquímico do estabelecimento de reações antioxidativas típicas, agindo na dismutação de espécies reativas de oxigênio, comuns em situação de estresse ambiental. A formação destas espécies tende a se dividir de forma compartimentalizada nas células, conforme a intensidade da atividade metabólica. Assim, e de acordo com o grupo prostético metálico a SOD pode ocorrer sob diferentes formas. A isoforma CuZn-SOD, a Fe-SOD e a Mn-SOD estão presentes no citoplasma, no cloroplasto e na mitocôndria, respectivamente, tornando possível medir-se respostas

específicas e do sistema de resposta antioxidativo, pelo monitoramento da atividade destas diferentes classes de SOD (MISZALSKI *et al.* 1998).

A Figura 15 apresenta o comportamento da atividade da SOD, durante o desenvolvimento da cultura. Observa-se que para o tratamento Moderado (-30 kPa) a enzima não apresentou grandes oscilações para as diferentes coletas realizadas. Como exceção, verificou-se que aos 78 DAT quando a planta entra em um período de transição entre o estágio vegetativo para o reprodutivo, a atividade da enzima aumentou no tratamento Controle (-10 kPa). No final do ciclo, a atividade da enzima manteve-se semelhante para todos os tratamentos analisados.

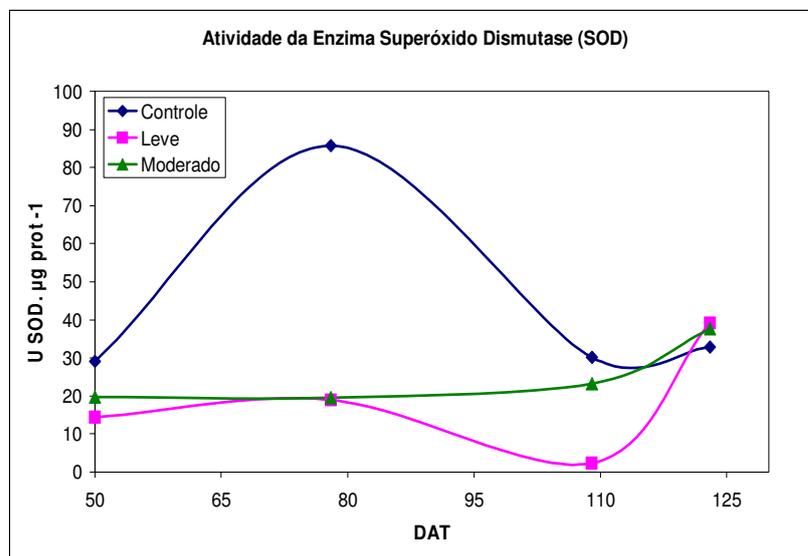


Figura 15: Valores médios da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em folhas de plantas de berinjela até os 125 DAT em função de diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

As enzimas SOD apresentam aumento de atividade, sempre que as plantas são submetidas a um ambiente estressante, como salinidade, altas temperaturas, estresse hídrico, alta intensidade luminosa, ataque fitopatogênico e ou insetos, entre outros (BROETTO *et al.*, 2002). No entanto, a atividade da enzima pode ser requerida, mesmo em situações normais, para dismutar espécies reativas de oxigênio evoluídas do metabolismo de açúcares na mitocôndria.

### 6.5.2 Análise da atividade da enzima catalase (CAT)

Os valores médios da atividade da enzima catalase (CAT) expressos em  $\text{mKat} \cdot \text{mg prot}^{-1}$  estão apresentados nas Tabela 25. A análise de variância para a atividade da CAT em folhas de berinjela Embu não apresentou resultados com diferença significativa no teste Tukey (5%).

Tabela 25: Valores médios da atividade da enzima catalase (CAT) em folhas de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tratamentos	$\text{mKat} \text{ mg prot}^{-1}$
Controle	0,4933 a
Leve	0,4937 a
Moderado	0,7163 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Como estas reações elementares, ocorrem em nível de mitocôndrias e peroxissomos, postula-se que a atividade da catalase tenha acompanhado os eventos de dismutação de peróxido de hidrogênio, em cooperação com a enzima ascorbato peroxidase. Esta reação faz parte do ciclo água-água, cuja reação básica de dismutação de radicais livres, foi desencadeada pela SOD.

Na Figura 16, observa-se um aumento da atividade da enzima catalase (CAT) nos 78 DAT para o tratamento Moderado (-30 kPa). Portanto, assume-se que a atividade da catalase tenha acompanhado a atividade da SOD, principalmente para o tratamento mais induzido a estresse hídrico.

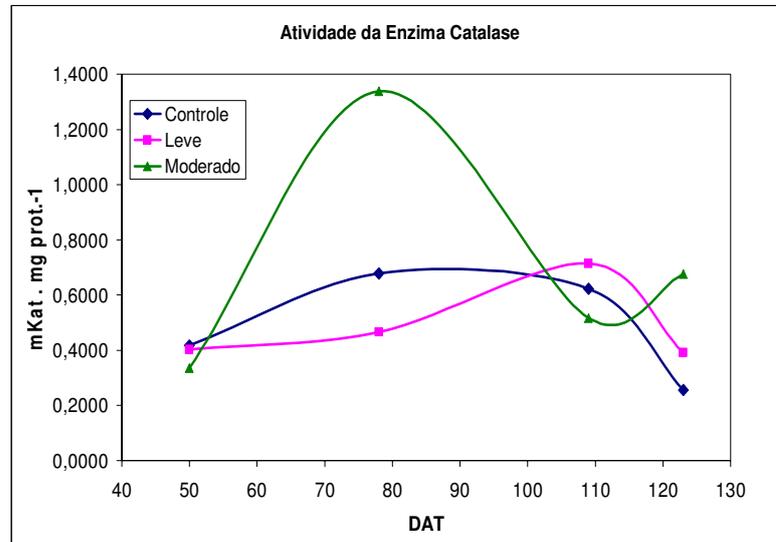


Figura 16: Valores médios da atividade da enzima catalase (CAT) em folhas de plantas de berinjela até os 125 DAT em função de diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tais alterações na atividade da catalase podem ocorrer como resposta à salinidade, altas intensidades luminosas, temperatura e outros eventos estressantes, com diminuição de sua atividade (KALIR & POLJAKOFF-MAYBER, 1981; BROETTO, 2002).

### 6.5.3 Teor de Prolina

Os valores médios do teor de prolina expressos em  $\mu\text{M.g}^{-1}$  MF, estão apresentados na Tabela 26. A análise de variância para o teor de prolina em folhas de berinjela Embu não apresentou resultados com diferença significativa no teste Tukey (5%).

Tabela 26: Valores médios do teor de prolina em folhas de plantas de berinjela Embu nos diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

Tratamentos	$\mu\text{M g}^{-1} \text{MF}$
Controle	0,3216 a
Leve	0,2871 a
Moderado	0,3131 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

Na Figura 17, observa-se que houve um acúmulo de prolina nos 78 DAT, considerada fase em que a planta entra em um período de transição entre o estágio vegetativo para o reprodutivo, para os tratamentos considerados Controle (-10 kPa) e Moderado (-30 kPa). No final do ciclo da cultura de plantas de berinjela Embu, o tratamento considerado Controle (-10 kPa) apresentou-se com maior acúmulo de prolina e os tratamentos considerados Leve (-20 kPa) e Moderado (-30 kPa) apresentam-se com valores médios aproximados de teor de prolina.

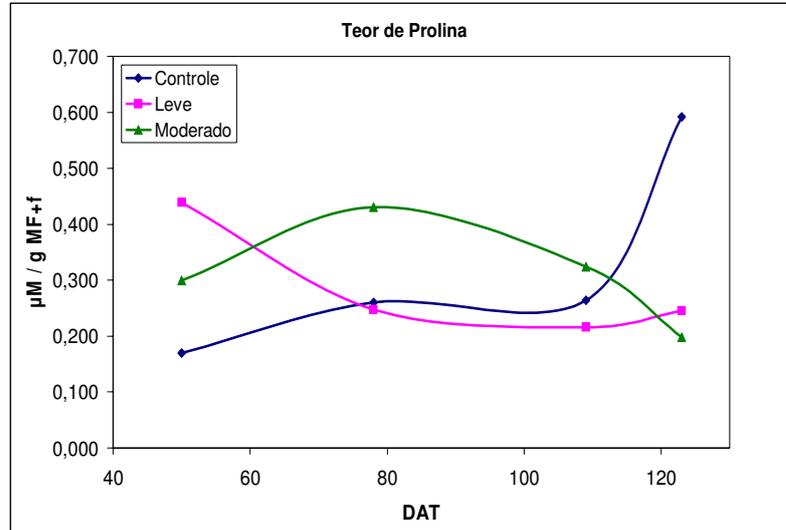


Figura 17: Valores médios do teor de prolina em folhas de plantas de berinjela até os 125 DAT em função de diferentes tratamentos com deficiência hídrica induzida.

A tolerância das plantas a condições desfavoráveis, principalmente em relação ao déficit hídrico, têm sido associada ao acúmulo de prolina, o que pode representar um mecanismo regulador de perda de água mediante a redução do potencial hídrico celular (FUMIS,

*et al.*, 2002), como também ser um marcador bioquímico de alterações metabólicas geradas por diferentes tipos de estresse (LIMA *et al.*, 2004).

O ajustamento osmótico é considerado um dos mecanismos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, permitindo principalmente a manutenção da abertura estomática e fotossíntese sob condições de baixo potencial hídrico no solo (KRAMER, 1974).

A quantidade de prolina pode variar em função de diversos fatores. Existem na literatura contradições em relação à função do acúmulo de prolina em plantas submetidas a estresse, alguns autores afirmam que a prolina teria funções ligadas a processos de adaptação ao déficit hídrico (SINGH *et al.*, 1973), contudo outros apontam a prolina como indicador de estresse (BECKER & FOCK, 1986). Apesar de não haver claras evidências de maior acúmulo de prolina em espécies tolerantes que em espécies sensíveis (GREENWAY e MUNNS, 1980), e alguns casos este mecanismo parece fazer parte do processo de proteção contra o estresse hídrico.

A capacidade de acumular prolina observada durante o período de estresse hídrico tem sido associada à tolerância das plantas a essa condição desfavorável (SAWASAKI *et al.*, 1981). Martinez *et al.* (1992) constataram maior acúmulo de prolina em cultivar de batata tolerante ao déficit hídrico em relação a susceptível, resultados semelhantes foram obtidos por Lopes & Arieta-Maza (1991) em feijão e por Nogueira *et al.* (1998) em amendoim.

## 7 CONCLUSÕES

A condução do experimento com cultivo de berinjela Embu em ambiente protegido foi realizada visando à indução de deficiência hídrica, com monitoramento realizado com medidas em tensiômetros. Baseado nos resultados obtidos, concluiu-se que:

- É possível o estabelecimento de diferentes tensões, definidas pelo teor real de água do solo, baseando-se na curva de retenção de água no solo.
- O controle dos valores de teor de água no solo pode ser realizado com o uso de tensiômetros e tensímetro de pressão.
- Todos os parâmetros agrônômicos avaliados apresentaram relação com a indução de deficiência hídrica e/ou produtividade.
- O tratamento considerado Moderado (-30 kPa), com maior deficiência hídrica, interferiu diretamente na produção, sendo este o que mais abortou flores fecundadas de berinjela Embu e o que frutificou os menores frutos, não sendo assim economicamente viável. Este mesmo tratamento também apresenta alterações fisiológicas durante o ciclo da cultura.
- O aumento de deficiência hídrica no solo foi proporcional ao aumento da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) e ao aumento da atividade da enzima catalase (CAT).
- A atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) podem ser utilizadas como bioindicadores dos níveis de estresse na planta, pois as

alterações durante a atividade dessas enzimas podem ocorrer como resposta à salinidade, temperatura, estresse hídrico e outros eventos estressantes.

- O acúmulo de Prolina nos 78 DAT para o tratamento considerado Moderado (-30 kPa) pode estar associado à tolerância das plantas a condição desfavorável de deficiência hídrica induzida durante o período de cultivo de berinjela Embu.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. **Evapotranspiração, balanços de energia e de água no solo e índices de estresse hídrico da cultura, em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a diferentes freqüências de irrigação.** Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista. 147 p. Botucatu, 1997.

ALSCHER, R. G.; DONAHUE, J. L.; CRAMER, C. L. Reactive oxygen species and antioxidants: Relationships in green cells. **Physiology Plantarum** 100, 224-233, 1997.

BECKER, T. W.; FOCK, H. P. **The activity of nitrate reductase and pool sizes of some amino acids and some sugars in water-stressed maize leaves.** *Photosynthese Res.*, v. 8, p. 267-74, 1986.

BERINJELA. São Paulo: Tecnologias. Disponível em <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Berinjela/BERINJELA.htm>>. Consultado em 10 mai. de 2007.

BERINJELA (*Solanum Melongena*). Disponível em <http://www.planetaorganico.com.br>. Consultado em 12 de mai de 2007.

EMBRAPA. Disponível em [http://www.cnph.embrapa.br/paginas/produtos/cultivares/berinjela\\_cica.htm](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/produtos/cultivares/berinjela_cica.htm). Consultado em 15 de mai de 2007.

BROETTO, F.; LUTTGE, U.; RATAJCZAK, R.; Influence of light intensity and salt treatment on mode of photosynthesis and enzymes of the antioxidative response system of *mesembryanthemum crystallinum*, **Functional Plant Biology**, Victoria, v.29, , p. 13-23, 2002.

BROETTO, F.; “Efeito de estresse salino e biológico sobre o metabolismo de calos e suspensão de células de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)” **tese** apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da **USP** - Piracicaba, 1995.

CAMARGO, L.S. As hortaliças e seu cultivo 2ª ed. Campinas: Fundação Cargil,. 488p. 1984.

\_\_\_\_\_. Disponível em <[http://www.falconi.com.br/artigos\\_exibe.asp?idartigo=32&ano\\_lista=>](http://www.falconi.com.br/artigos_exibe.asp?idartigo=32&ano_lista=>). 2007. Consultado em 20 de mai de 2007.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura- Cultura e Comercialização de Hortaliças**. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, vol. 2. Olericultura Especial, p. 357, 1982.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna, produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: UFLA, 2003.

FUMIS, T. F., **Variação nos teores de prolina e poliaminas em cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) submetidos a déficits hídricos**. Botucatu, 1996, 121 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 1996.

GERBLING, K. P.; KELLY, G. J.; FISHER K. H.; LATZKO, E. Partial purification and properties of soluble ascorbate peroxidase from pea leaves. **Journal of Plant Physiology** 115, 59-67, 1984.

GREENWAY, H., MUNNS, R. **Mechanisms of salt tolerance in nonhalophyts**. Plant Physiology, v. 31, p. 149-190, 1980.

HERTWIG, B.; STREB, P.; FEIERABEND, J.; Light dependence of catalase synthesis and degradation in leaves and the influence stress conditions. **Plant Physiology**. V. 100, p. 1547-53, 1992.

KLEIN, Vílson, A. Uma proposta de irrigação automática controlado por tensiômetros. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n3, p. 231 – 234, set – dez, 2001.

KRAMER, P. J. **Tensión hídrica y crecimiento de las plantas.** In: KRAMER, P. J. Relaciones hídricas de suelos y plantas una síntesis moderna. EDUTEX – México, 1974, p. 393-443.

KRAMER, P. J. 1983. **Water relations of plants.** Academic Press, Orlando, FL.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** São Carlos, SP: RiMa, 2000. 531p.

LEE, D.W., BREMMER, S., SMITH, A.P. The selective advantage of anthocyanins in developing leaves of mango and cacao. **Biotropica**, v. 19, p. 40-49, 1987.

LEONARDO, M. **Estresse salino induzido em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) fertirrigadas e seus efeitos sobre a produtividade e parâmetros bioquímicos.** – Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 100 p., 2003.

LIMA, M. D. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A.; MENDES, C. R. **Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos de prolina em folhas de arroz.** Bragantina, v. 63, p. 335-340, 2004.

LOPES, N. F., ARRIETA-MAZA, E. E. **Atividade da redutase do nitrato e acúmulo de prolina livre em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de níveis de água e doses de nitrogênio.** In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Viçosa, v. 3, p.15, 1991.

MAGALHÃES, A. A.; MILLE, A. A.; CHOUDHURY, E. N. **Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão.** IICA, Turrialba, v. 29, n. 4, p. 269-273, 1979.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 251p. 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas. princípios e aplicações.** Piracicaba, Potafos 1997. 304p.

MARQUES, D. C. **Produção da berinjela (*Solanum melongena* L.) irrigada com diferentes lâminas e concentrações de sais na água.** Lavras: UFLA, 55 p., 2003.

MARTINEZ, C. A., MORENO, U. **Expresiones fisiológicas de resistecia a La sequia en dos variedades de papa sometidas a estres hídrico.** Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v. 4, p.33-38, 1992.

MISZALSKI Z., SLESACK I., NIEWIADONSKA E., BACZEK-KWINTA R., LÜTTGE U., RATAJCZAK R. Subcellular localization and stress response of superoxide dismutase isoforms from leaves in the C3 -CAM intermediate halophyte *Mesembryanthemum crystallinum* L. **Plant, Cell and Environment** 21, 169-179, 1998.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C.; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, V. F. **Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim submetidas a diferentes regimes hídricos.** Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 33, n.12, p. 1963-1969, dez. 1998.

SAAD, A. M. **Uso de tensiômetro no controle de irrigação por pivô central em cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)** – Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 144 p., 1991.

SANTOS, H.S.; BORGES, L.M.; CALLEGARI, O. **Influência da poda na produtividade da berinjela.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, p. 557-558, Suplemento, 2000.

SAWAZAKI, H. E., TEIXEIRA, J. P. F., **Variação do teor de prolina em folhas de feijão em função da disponibilidade de água no solo.** *Bragantia*, v. 40, p. 47-56, 1981.

SEMENTES TAKII. Disponível em <<http://www.takii.com.br/portaenxerto.html>>. Consultado em 26 mai. de 2007.

SGANZERLA, E. *Nova Agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos.* 5ª ed. Esteio: **Agropecuária**, 324p. 1995.

SILVA, R. A.. **Comportamento do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mille.) aos indutores de resistência à seca.** 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Esalq/USP, Piracicaba, 2006.

SINGH, G. **A review of the soil-moisture relationship in potatoes.** *Am. Potato j.*, v. 46, p.398-403, 1969.

SONNENBERG, P.E. *Cultura do pimentão.* In: **Olericultura Especial: 2a parte.** 2 ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás. 143.p., 1981.

van RENSBURG, L. 1994. **Adaptive significance of photosynthetic and metabolic regulation in *Nicotiana tabacum* L. plants during drought stress.** Ph.D. Diss., Potchefstroom University for Christian Higher Education, Potchefstroom, South Africa.

VIEIRA, A. R. R. **Efeito do estresse hídrico no solo sobre a produção da berinjela (*Solanum melongena*, L.).** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 29-33, 1996.

VIEIRA, D. C. **Estudo da irrigação por gotejamento na cultura de berinjela (*Solanum melongena*, L.).** Tese - Doutorado – Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia de Limeira. 80 p., 1973.