

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

JÉSSICA BROSEGHINI LOSS

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVO DO PIMENTÃO  
SUBMETIDO A TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

Alegre, ES

2017

JÉSSICA BROSEGHINI LOSS

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVO DO PIMENTÃO  
SUBMETIDO ATENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

Dissertação apresentada a Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, na linha de pesquisa Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis.

Alegre, ES

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

Loss, Jéssica Broseghini, 1992-  
L881d            Desenvolvimento vegetativo e produtivo do pimentão  
                 submetido a tensões de água no solo / Jéssica Broseghini Loss. – 2017.  
                 53 f. : il.

Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis.

Coorientador: Gustavo Haddad Souza Vieira.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Pimentão. 2. Irrigação. 3. Recursos hídricos. 4. Hortaliças.            I.  
Reis, Edvaldo Fialho dos. II. Vieira, Gustavo Haddad Souza.            III.  
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e  
Engenharias. IV. Título.

CDU: 63

---

**JÉSSICA BROSEGHINI LOSS**

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVO DO PIMENTÃO  
SUBMETIDO A TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

Dissertação apresentada a Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, na linha de pesquisa Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

Aprovada em 23/02/2017

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Edvaldo Fialho dos Reis  
(D.Sc., Engenharia agrícola) – CCAE/UFES  
(Orientador)

---

Prof. Gustavo Haddad Souza Vieira  
(D.Sc., Engenharia agrícola) – IFES  
(Coorientador)

---

Prof. Giovanni de Oliveira Garcia  
(D.Sc., Engenharia agrícola) – CCAE/UFES

---

Prof.<sup>a</sup> Camila Aparecida da Silva Martins  
(D. Sc., Produção Vegetal) – CCAE/UFES

Aos meus familiares.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela coragem, fé e força em todos os momentos;

Aos meus pais, pelo apoio incondicional e pela ajuda na execução deste trabalho;

A Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de cursar o mestrado no Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, a CAPES pelo apoio financeiro e a FAPES pela concessão dos tensiômetros e recipientes;

Ao meu orientador, professor Edvaldo Fialho dos Reis, pela orientação, dedicação, compreensão e ensinamentos fundamentais para a realização deste trabalho;

Ao meu coorientador, professor Gustavo Haddad Souza Vieira, pelo acompanhamento e sugestões durante essa realização;

Ao professor Ednaldo Miranda de Oliveira, pelo auxílio na utilização do tensiômetro;

Ao professor João Nacir Colombo, pelo auxílio na condução da cultura e valiosas contribuições ao estudo;

Ao técnico do laboratório de solos e meio ambiente Elvis Pantaleão Ferreira, pela amizade, força nos momentos difíceis e ajuda na execução deste trabalho;

Ao técnico do laboratório de Fitopatologia José Carlos Lambert, pelas contribuições ao estudo;

Ao Instituto Federal do Espírito Santo, *campus* Santa Teresa, pela oportunidade de realização do trabalho em suas dependências, bem como a concessão de materiais e aos demais servidores que contribuíram para a realização deste trabalho;

Aos amigos que ajudaram na condução do experimento, em especial Aroldo, Carlos Magno, Emanuel e Guilherme;

Aos estagiários dos laboratórios Iago, José, Luana e Sunciaray, pela ajuda e colaboração na realização deste trabalho;

Aos amigos Anna Carolyn, Breno, Franciane, Gabriel, Jéssica e Maria Cecília por todo o apoio nessa caminhada;

Enfim, a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho, muito obrigada!

## RESUMO

LOSS, Jéssica Broseghini; M.Sc. Universidade Federal do Espírito Santo – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. Fevereiro de 2017. DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVO DO PIMENTÃO SUBMETIDO A TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO. Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis. Coorientador: Gustavo Haddad Souza Vieira.

A reposição de água no solo, em quantidades adequadas, é decisiva para uma boa produção de hortaliças, sendo assim, são necessários conhecimentos sobre o crescimento e rendimento da cultura do pimentão, em diferentes condições. Com o objetivo de avaliar os efeitos de tensões de água no solo sobre o desenvolvimento vegetativo e produtivo da cultura do pimentão, foi instalado um experimento em ambiente protegido, no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), *campus* Santa Teresa, no período de março a outubro de 2016. O experimento foi dividido em duas etapas, sendo a primeira a fase vegetativa e a segunda a fase produtiva da cultura do pimentão. A etapa vegetativa, que compreendeu o período do pós-transplântio até a primeira colheita, foi realizada em esquema de parcelas subdivididas 5 x 2, nas parcelas foram aplicadas tensões de água no solo em cinco níveis (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) e nas subparcelas estádios da fase vegetativa da cultura em dois níveis, em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. A etapa produtiva, que compreendeu todo o período de colheita, foi realizada em esquema de parcelas subdivididas 5 x 12, nas parcelas foram aplicadas tensões de água no solo em cinco níveis (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) e nas subparcelas períodos de colheita em doze níveis, em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. As variáveis agrônômicas avaliadas foram: altura da planta, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea, número total e comercial de frutos, produção total e comercial de frutos e consumo hídrico. A pesquisa permitiu concluir que, para a obtenção de maiores produções e número de frutos e menor incidência de frutos com podridão apical, as irrigações devem ser realizadas sob a tensão de 15 kPa.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L., Irrigação, Recurso hídrico.

## ABSTRACT

LOSS, Jéssica Broseghini; M.Sc. Universidade Federal do Espírito Santo – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. February, 2017. VEGETATIVE GROWTH AND YIELD OF PEPPERS UNDER DIFFERENT SOIL WATER TENSIONS. Advisor: Edvaldo Fialho dos Reis. Co-advisor: Gustavo Haddad Souza Vieira.

The replacement of water in the soil, in adequate quantities, is decisive for a good production of vegetables, therefore, knowledge about the growth and yield of the pepper crop under different conditions is necessary. In order to evaluate the effects of soil water stress on the vegetative and productive development of the sweet pepper crop, an experiment was set up under greenhouse conditions, at the Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), *campus* Santa Teresa, in the period from March to October 2016. The experiment was divided into two stages, the first being the vegetative phase and the second the productive phase of the pepper crop. The vegetative stage covered the post-transplanting period until the first harvest, was performed in a 5 x 2 subdivided plots scheme, in the plots soil water stresses were applied at five levels (15, 30, 45, 55 and 70 kPa) and the subplots were two stages of the vegetative phase of the crop, in a completely randomized design, with five replications. The productive stage covered the entire harvesting period, was performed in a plot of 5 x 12 subdivided plots, in the plots soil water stresses were applied at five levels (15, 30, 45, 55 and 70 kPa) and the subplots were twelve in a completely randomized design, with five replications. The agronomic variables evaluated were plant height, shoot diameter, shoot dry mass, total and commercial fruit number, total and commercial fruit production, fruit dry mass and water consumption. The research concluded that, in order to obtain higher total and commercial yields, number of total and commercial fruits and lower incidence of fruits with apical rot, the irrigations must be carried out under the tension of 15 kPa.

Keywords: *Capsicum annuum* L., Irrigation, Water resource.



## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Localização espacial do Município de Santa Teresa no Estado do Espírito Santo .....  | 20 |
| <b>Figura 2.</b> Esquema representativo das etapas do experimento .....   | 21 |
| <b>Figura 3.</b> Curva característica de retenção de água no solo .....   | 24 |
| <b>Figura 4.</b> Esquema representativo da instalação do sistema de irrigação .....   | 25 |
| <b>Figura 5.</b> Abertura do orifício a 0,10m das plantas (A), instalação do tubo (B) .....   | 26 |
| <b>Figura 6.</b> Transplântio das mudas de pimentão (A), vista frontal do ambiente protegido (B) .....  | 27 |
| <b>Figura 7.</b> Avaliação de altura da planta (A) e diâmetro do caule (B), aos 29 DAT.....   | 28 |
| <b>Figura 8.</b> Corte das plantas do primeiro estágio da etapa 1 do experimento (A), acondicionamento em sacos de papel (B) .....              | 29 |
| <b>Figura 9.</b> Altura de planta (cm) em função dos níveis de tensão de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) .....                           | 31 |
| <b>Figura 10.</b> Plantas murchas de pimentão, submetidas a tensão de 70 kPa .....  | 32 |
| <b>Figura 11.</b> Diâmetro do caule (mm) em função dos níveis de tensão de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa), aos 29 e 55 DAT.....         | 33 |
| <b>Figura 12.</b> Massa seca da parte aérea (g) em função dos níveis de tensão de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) .....                  | 35 |
| <b>Figura 13.</b> Número total de frutos por planta, em função das diferentes tensões de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) .....           | 37 |
| <b>Figura 14.</b> Número de frutos comerciais por planta, em função dos níveis de tensão de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) .....        | 38 |
| <b>Figura 15.</b> Produção Total (g planta <sup>-1</sup> ) em função dos níveis de tensão de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) .....       | 39 |
| <b>Figura 16.</b> Produção Comercial (g planta <sup>-1</sup> ) em função das diferentes tensões de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) ..... | 40 |
| <b>Figura 17.</b> Produção em função dos períodos de colheita, para cada nível de tensão de água no solo.....                                   | 42 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 18.</b> Produção em função dos níveis de tensão de água no solo, para cada período de colheita ..... | 43 |
|--|----|

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1.</b> Etapas do experimento na cultura do pimentão.....  | 22 |
| <b>Tabela 2.</b> Atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado como substrato para cultivo do pimentão.....                      | 22 |
| <b>Tabela 3.</b> Altura da planta (cm) em função dos DAT (29 e 55 DAT) .....  | 33 |
| <b>Tabela 4.</b> Diâmetro do caule (mm) em função dos dias após transplântio, para as cinco tensões estudadas (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) ..... | 34 |
| <b>Tabela 5.</b> Massa seca da parte aérea, aos 29 e 55 DAT.....  | 36 |
| <b>Tabela 6.</b> Consumo hídrico do pimentão e intervalo médio de irrigações, para cada tensão .....  | 45 |

## SUMÁRIO

|  |      |
|--|------|
| <b>RESUMO</b> .....  | VI   |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                      | VII  |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....                              | VIII |
| <b>LISTA DE TABELAS</b> .....                              | X    |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                                  | 13   |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                       | 15   |
| 2.1 Cultura do Pimentão .....                              | 15   |
| 2.2 Irrigação na Cultura do Pimentão .....                 | 16   |
| 2.3 Água no Solo .....                                     | 17   |
| 2.4 Tensiometria .....                                     | 18   |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                          | 20   |
| 3.1 Local do Experimento .....                             | 20   |
| 3.2 Delineamento Experimental .....                        | 21   |
| 3.3 Coleta e Caracterização do Solo .....                  | 22   |
| 3.4 Curva Característica de Retenção de Água no Solo ..... | 23   |
| 3.5 Manejo da Irrigação .....                              | 24   |
| 3.6 Condução do Experimento .....                          | 26   |
| 3.7 Variáveis Agronômicas .....                            | 28   |
| 3.7.1 Altura da Planta e Diâmetro do Caule .....           | 28   |
| 3.7.2 Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) .....               | 28   |
| 3.7.3 Classificação dos Frutos .....                       | 29   |
| 3.7.4 Número de Frutos Total e Comercial .....             | 29   |
| 3.7.5 Produção Total e Comercial .....                     | 29   |
| 3.7.6 Número de Frutos por Períodos .....                  | 29   |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.7.7 Consumo Hídrico .....                | 30        |
| 3.8 Análises Estatísticas .....            | 30        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>      | <b>31</b> |
| 4.1 Altura da Planta .....                 | 31        |
| 4.2 Diâmetro do Caule .....                | 33        |
| 4.3 Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) ..... | 35        |
| 4.4 Número Total de Frutos .....           | 36        |
| 4.5 Número de Frutos Comerciais .....      | 37        |
| 4.6 Produção Total de Frutos .....         | 39        |
| 4.7 Produção de Frutos Comerciais .....    | 40        |
| 4.8 Produção por Períodos .....            | 41        |
| 4.9 Consumo Hídrico .....                  | 45        |
| <b>5 CONCLUSÕES .....</b>                  | <b>46</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                   | <b>47</b> |
| <b>APÊNDICES .....</b>                     | <b>52</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O pimentão está entre as dez hortaliças mais importantes no Brasil em termos de valor econômico e tem participação relevante no mercado de olerícolas frescas (FRIZONNE et al., 2008). A área cultivada anualmente é em torno de 13 mil hectares, com produção próxima de 290 mil toneladas de frutos (MAROUELLI; SILVA, 2012).

No Estado do Espírito Santo, a área cultivada com pimentão em 2015 foi de 493 hectares, com uma produção de 19.884 toneladas. Os principais municípios produtores são Santa Maria de Jetibá (6.000 t), Marechal Floriano (4.500 t), Domingos Martins (4.240 t), Alfredo Chaves (3.000 t) e Santa Teresa (1.200 t) (INCAPER, 2016).

A produção de hortaliças, diferentemente dos grãos, ocupa áreas pequenas de cultivo, tendo grande inserção na agricultura familiar, que é marcante no Estado do Espírito Santo. O pimentão é uma cultura de retorno rápido aos investimentos, visto o curto período para o início da produção, por isso é largamente explorado (CAMPOS et al., 2008). Informações referentes ao manejo da irrigação na cultura do pimentão, podem maximizar a produção, elevando a renda desses produtores.

A agricultura irrigada otimiza a produção mundial de alimentos, gerando desenvolvimento sustentável no campo. A água é essencial para o incremento da produção das culturas. A prática da irrigação depende da relação entre cultura, clima e solo. Portanto, o manejo de sistemas de produção irrigada, deve levar em conta esses fatores, a fim de otimizar a quantidade de água aplicada nas culturas (MORILO-VELARDE, 2010).

As olerícolas são culturas bastante susceptíveis às deficiências hídricas, principalmente às grandes variações do nível de água no solo, o que limita a produtividade de boa qualidade, mas, o excesso também pode ser prejudicial. A ocorrência de déficit hídrico compromete a produtividade e a sua qualidade por causa do seu ciclo curto e do alto teor de água em sua constituição. Por isso, qualquer ocorrência de estresse pode levar ao baixo rendimento e prejuízos na produção (SILVA et al., 2015).

A reposição de água no solo, em quantidades adequadas é decisiva para uma boa produção (SALOMÃO et al., 2014). A quantidade de água influencia nas características morfológicas e fisiológicas do pimentão. O número de flores e frutos e o peso médio dos frutos são menores quando ocorre déficit de água no solo

(TEODORO et al., 1993). Além de garantir ganhos de produtividade e melhor qualidade de frutos, irrigar de forma correta permite menor ocorrência de doenças, maior eficiência no uso de nutrientes pelas plantas e, muitas vezes, possibilita reduzir os gastos de água e de energia elétrica.

O manejo da irrigação visa à aplicação de água no solo no momento oportuno e em quantidade suficiente para suprir as necessidades hídricas da cultura. Para que isso ocorra, há necessidade do uso de métodos que determinem, direta ou indiretamente, a disponibilidade de água no solo (SANTANA et al., 2004).

Com o avanço de novas tecnologias para a otimização da irrigação e seu manejo, tem-se desenvolvido vários sensores para a leitura mais detalhada das condições do ambiente agrícola. Uma forma indireta de determinar a umidade do solo em baixas tensões é por meio da tensiometria, sua vantagem é o menor custo de aquisição, podendo se tornar uma grande ferramenta para o manejo da irrigação, acessível ao produtor (MARQUES, 2013).

A água é um recurso que está cada vez mais escasso, sendo assim, percebe-se a necessidade da otimização da utilização dos recursos hídricos na produção de alimentos. O pimentão é sensível à variação de água no solo durante todo seu ciclo, podendo acarretar queda na produtividade e qualidade dos frutos, o produtor conhecendo a disponibilidade de água no solo, utilizará este recurso de forma mais eficiente e sustentável (MARQUELLI; SILVA, 2012).

Diante do exposto, objetivou-se verificar a influência de tensões de água no solo, no desenvolvimento e na produtividade do pimentão.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do Pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) pertence à família Solanaceae, possui origem americana e ocorre de forma silvestre, desde o Sul dos Estados Unidos até o Norte do Chile, compreendendo o México, a América Central e a América do Sul (FILGUEIRA, 2008). Os maiores produtores são México, China e Turquia (UNLUKARA et al., 2015). No Brasil começou a ser cultivado em 1920 em São Paulo e só em 1940 a cultura se expandiu para as outras regiões do país (ARAGÃO et al., 2012).

A planta de pimentão é arbustiva, possui caule semilenhoso, podendo ultrapassar um metro de altura. O sistema radicular é pivotante e profundo (CARVALHO et al., 2016). Suporta uma carga leve de frutos, exige tutoramento quando a produtividade é elevada. As flores são pequenas, de cor branca, isoladas e hermafroditas (FREE, 1993).

As folhas, sendo uma por nó, são alternas com lâminas de formatos ovais ou elípticas. Os frutos são bagas ocas de formato cônico, cilíndrico ou cúbico, de cores verde, vermelha ou amarela e outras cores quando maduros (FONTES, 2005).

A produção de frutos por planta pode atingir entre 12 a 15 frutos, com massa fresca entre 120 a 200 g, diâmetro entre 0,07 a 0,08 m e comprimento entre 0,11 a 0,14 m. Essas características variam em função da variedade, dos tratamentos culturais, do estado nutricional e da necessidade hídrica da planta (FLORES, 2014).

A propagação é feita por sementes. As mudas são produzidas em estufas e depois são transplantadas para o campo ou ambiente protegido, quando estiverem com sete a oito centímetros de altura e quatro a cinco folhas.

A temperatura ideal para germinação está entre 25 a 30 °C. Para o desenvolvimento vegetativo entre 25 e 27 °C, durante o dia, e 20 e 21 °C durante a noite. Para o cultivo protegido, recomenda-se temperatura noturna de 20 °C e diurna entre 27 e 30 °C (FONTES, 2005).

A umidade relativa do ar ideal para produção de pimentão fica entre 50 e 80%. Acima do limite superior o ambiente pode favorecer o desenvolvimento de doenças e, abaixo, as plantas transpiram acima do normal, ocasionando a queda de gemas e flores (FILGUEIRA, 2003).



O ciclo da cultura desde a sementeira até o início da colheita de frutos verdes é de aproximadamente 110 dias. A colheita prolonga-se por três a seis meses, dependendo do estado fitossanitário e nutricional das plantas. A produtividade varia de 40 a 60 t ha<sup>-1</sup>, com a introdução de novos híbridos tende a elevar-se, além de produtividades mais elevadas em ambiente protegido (FILGUEIRA, 2008).

O cultivo de pimentão em ambiente protegido tem se expandido, visto a grande produtividade que pode ser alcançada nestas condições, podendo chegar a 150 t ha<sup>-1</sup>, o dobro do que é obtido normalmente ao ar livre. Além disso, a qualidade dos frutos é melhor, devido à proteção contra fatores abióticos, tais como queimadura do sol, excesso de chuvas e ataque de insetos (LÚCIO et al., 2004).

Solos com pH entre 5,5 e 6,8, com textura média e boa drenagem oferecem condições ótimas ao desenvolvimento da planta. Em relação aos macronutrientes, as principais exigências são K, Ca e N. As quantidades requeridas de boro, manganês, cobre e zinco são pequenas, podendo causar toxicidade às plantas caso sejam aplicados em excesso (FILGUEIRA, 2003).

## 2.2 Irrigação na Cultura do Pimentão

A água é essencial para o aumento da produção das culturas, por isso o seu uso deve ser feito da melhor forma possível. Para se obter produções satisfatórias e altos rendimentos é necessário conhecimento sobre o crescimento das culturas e seu rendimento em diferentes condições (ARAGÃO et al., 2012).

A suplementação de água por meio de irrigações mostra-se como um fator de aumento de produtividade e diminuição de riscos, influenciando na qualidade e quantidade de frutos e em outros fatores de produção.

A ocorrência de déficit hídrico em hortaliças compromete a produtividade e a sua qualidade por causa do seu ciclo curto e do alto teor de água em sua constituição. Por isso, qualquer ocorrência de estresse pode levar ao baixo rendimento e prejuízos na produção (SILVA et al., 2015).

A irrigação é indispensável à produção em ambiente protegido, principalmente para a cultura do pimentão, que é altamente exigente em água, sendo necessário suprimento regular durante todo o seu ciclo (CANTUÁRIO, 2012). Tanto a falta de água no solo, como seu excesso, podem reduzir a produtividade da cultura (SOUZA et al., 2011).

O acúmulo de água no solo deve ser evitado para não favorecer o surgimento de doenças que podem causar apodrecimento do colo e raízes, assim como o abortamento e queda de flores (CARVALHO et al., 2011). Segundo Marouelli e Silva (2012), as plantas são mais sensíveis ao déficit hídrico durante o florescimento, a formação e o desenvolvimento dos frutos.

A falta de água durante a floração causa redução no pegamento dos frutos, enquanto que durante o início de frutificação pode restringir a translocação de cálcio, favorecendo o surgimento de frutos com podridão apical (fundo preto). Condições de déficit hídrico podem também acarretar problemas de escaldadura de frutos devido à redução da cobertura foliar (CANTUÁRIO, 2012).

A cultura do pimentão logo após o transplântio até o início do florescimento é muito pouco exigente em umidade do solo, o maior consumo de água ocorre na fase de floração e frutificação. De acordo com Doorenbos e Kassam (1994), o estágio inicial do período de floração é a fase mais sensível à escassez de água de forma que o esgotamento de água na zona radicular nesse período não deve exceder 25%.

Carvalho et al. (2013) ao avaliarem o efeito de tensões de água no solo no desenvolvimento da cultura do pimentão vermelho em ambiente protegido, verificaram que houve efeito significativo do potencial matricial de água no solo no comprimento, diâmetro e massa dos frutos. E observaram também, que a maior produtividade de frutos foi obtida na irrigação com a tensão de água no solo em 15 kPa.

### 2.3 Água no Solo

Para o estabelecimento de boas práticas agrícolas e a implementação de técnicas de irrigação são necessários conhecimentos sobre algumas das principais propriedades físico-hídricas do solo, como, densidade do solo, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, curva característica de retenção de água, entre outras (PÁDRON et al., 2015).

A curva de retenção de água no solo, determina a energia com que a água está retida no solo, o que está diretamente relacionado com a quantidade de água do mesmo, sendo também influenciada pelas características físicas e químicas do solo (FILGUEIRAS et al., 2016). A partir desta curva é possível determinar a quantidade de água disponível para as plantas, que é definida pela diferença entre a umidade da capacidade de campo e de ponto de murcha permanente (REICHARDT, 1987).

A capacidade de campo considera o limite superior de água disponível no solo, equivale à condição de umidade do solo em que a água se encontra em equilíbrio com as forças gravitacionais, ou seja, é a condição de umidade do solo após a drenagem ter cessado, em um solo previamente saturado por chuva ou irrigação (ANDRADE et al., 2008).

O ponto de murcha permanente é usado para representar o teor de água no solo, abaixo do qual a planta não conseguirá retirar água a uma taxa suficiente para suprir a demanda atmosférica, aumentando, a cada instante, a deficiência de água, o que pode acarretar ou não a morte da planta. Se a planta receber irrigação imediatamente após esse estresse, ela poderá recuperar a turgidez, mas os danos fisiológicos, com provável comprometimento da produtividade, já terão acontecido (BERNARDO et al., 2006).

O conteúdo de água retido no solo em determinada tensão é característica específica de cada solo e é resultado da ação conjunta e complexa de vários fatores. Este depende do teor e mineralogia da fração argila, do teor de matéria orgânica, das diferenças da microestrutura com elas relacionadas (REICHARDT, 1987).

Para altos conteúdos de água, nos quais fenômenos capilares são de importância na retenção de água, esta depende da densidade do solo e da porosidade, enquanto, para menores conteúdos de água, em que o fenômeno de adsorção domina, depende mais da textura e da superfície específica do solo (DEMATTÊ, 1988).

#### 2.4 Tensiometria

O tensiômetro foi desenvolvido em 1922 por Gardner e colaboradores, esse aparelho fornece de forma direta a tensão de água no solo e de forma indireta a umidade (COELHO; TEIXEIRA, 2004). É constituído de uma cápsula de cerâmica porosa conectada a um manômetro, através de um tubo rígido de PVC, preenchido com água (QUEIROZ, 2007). Os tipos mais utilizados são os com vacuômetros metálicos, de mercúrio e digital (tensiômetro + tensímetro digital para leitura) (MANTOVANI et al., 2009).

O princípio de funcionamento do tensiômetro baseia-se na formação do equilíbrio entre a solução do solo e a água contida no interior do aparelho. O equilíbrio ocorre quando a cápsula porosa entra em contato com o solo e a água do tensiômetro entra em contato com a água do solo. Caso a água do solo esteja sob tensão, ela

exerce uma sucção sobre o instrumento, retirando água deste, fazendo com que a pressão interna diminua. Como o instrumento é vedado, ocorre a formação do vácuo, a leitura dessa pressão negativa fornece o potencial matricial da água no solo (COELHO; TEIXEIRA, 2004).

Dentre as vantagens do tensiômetro, pode citar que este constitui um aparelho simples e de fácil utilização, apresenta baixo custo, não requer calibração, fornece leituras instantâneas, desde que devidamente instalado e manejado.

O tensiômetro permite a leitura da tensão de água no solo até cerca de 80 kPa. Para tensões maiores, observa-se formação acentuada de bolhas de vapor dentro da água sob vácuo, causando cavitação no sistema, o que faz o instrumento parar de funcionar. Mesmo cobrindo apenas de 40 a 70% da água disponível no solo, os tensiômetros são recomendados para o manejo de água na maioria das culturas (FLORES, 2014).

Para o cálculo da lâmina de água a ser aplicada por irrigação é necessário que se faça a transformação do valor da tensão em porcentagem de água do solo, por meio da curva de retenção de água do solo. A curva de retenção de água do solo é essencial para o estudo das relações solo-água, uma vez que a água no solo está ocupando os espaços porosos.

Para cada tipo de solo tem um volume de reservatório de água para as plantas. Os solos arenosos possuem elevada macroporosidade, sendo assim, reterão pequena quantidade de água, implicando portanto, em irrigações com maior frequência. Já os solos argilosos possuem elevada microporosidade, armazenando uma maior quantidade de água, implicando em maiores intervalos entre as irrigações (SAAD, 2012).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), *campus* Santa Teresa, no município de Santa Teresa, ES, localizado especificamente na latitude 19°48' Sul e longitude 40°40' Oeste (Figura 1), com 146 m de altitude, no período de março a outubro de 2016.



**Figura 1.** Localização espacial do Município de Santa Teresa no Estado do Espírito Santo (Ferreira et al., 2016).

Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima da região é “Aw”, caracterizado por ser um clima tropical quente e úmido, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 28,0 °C e a precipitação anual é de 1.078 mm (NÓBREGA et al., 2008).

Utilizou-se ambiente protegido do tipo arco simples, com orientação leste-oeste e estrutura metálica, com dimensões de 15 m de comprimento, 7 m de largura, pé-direito de 3,20 m e altura de arco de 2,10 m, revestida com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 0,15 mm de espessura e laterais constituídas de tela de sombrite de 50%.

### 3.2 Delineamento Experimental

O experimento foi dividido em duas etapas, sendo uma a fase vegetativa e a outra a fase produtiva da cultura do pimentão (Figura 2).



**Figura 2.** Esquema representativo das etapas do experimento.

A primeira etapa (fase vegetativa), que compreendeu o período do pós-transplântio até a primeira colheita, foi realizada em esquema de parcelas subdivididas 5 x 2, nas parcelas foram aplicadas tensões de água no solo em cinco níveis (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) e as subparcelas foram estádios da fase vegetativa da cultura, em dois níveis (29 e 55 DAT), em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições.

O primeiro estádio compreendeu o período do pós-transplântio até a abertura da primeira gema floral (29 DAT) e o segundo compreendeu o período da abertura da primeira gema floral até a primeira colheita (55 DAT).

A segunda etapa (fase produtiva), que compreendeu todo o período de colheita, foi realizada em esquema de parcelas subdivididas 5 x 12, nas parcelas foram aplicadas tensões de água no solo em cinco níveis (15, 30, 45, 55 e 70 kPa) e as subparcelas foram os períodos de colheita, em doze níveis (62, 69, 76, 83, 90, 97, 104, 111, 118, 125, 132, 139 DAT), em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições.

As parcelas experimentais foram representadas por vasos plásticos com capacidade de 50 dm<sup>3</sup> de solo. Na Tabela 1 são apresentadas as épocas de início e final de cada etapa do experimento e sua duração.

**Tabela 1.** Etapas do experimento na cultura do pimentão.

| Fases Fenológicas |             | Início (DAT) | Final (DAT) | Duração (dias) |
|-------------------|-------------|--------------|-------------|----------------|
| Etapa 1           | Estádio 1*  | 10           | 29          | 19             |
|                   | Estádio 2** | 29           | 55          | 26             |
| Etapa 2***        |             | 55           | 139         | 84             |

DAT: Dias após transplântio; \*Pós-transplântio/abertura da primeira gema floral; \*\*Abertura da primeira gema floral/primeira colheita; \*\*\*Período de colheita.

### 3.3 Coleta e Caracterização do Solo

O solo utilizado foi proveniente da camada arável (0 a 0,30 m) de um Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2009), coletado na área agrícola do Instituto Federal do Espírito Santo, *campus* Santa Teresa. O solo foi destorroado, peneirado com malha de 4 mm e homogeneizado para preenchimento dos vasos. Uma amostra composta foi peneirada em malha de 2 mm para a realização das análises de fertilidade e granulométrica.

O solo foi classificado como textura argilosa, com percentuais de argila, silte e areia de 389,7; 146,1 e 464,2 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. A correção do solo foi feita de acordo com a análise de fertilidade do mesmo (Tabela 2), a calagem foi realizada para elevação da saturação por bases para 70% conforme recomendação de Prezotti et al. (2007), para tanto aplicou-se em cada vaso 12 g de calcário com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 91% e incubou-se por 30 dias, mantendo-se o solo úmido nesse período.

**Tabela 2.** Atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado como substrato para cultivo do pimentão.

| pH  | P                   | K    | Na  | Zn  | Cu   | B   | Ca <sup>2+</sup>                   | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | H+Al | SB   | V                    | M.O. |
|-----|---------------------|------|-----|-----|------|-----|------------------------------------|------------------|------------------|------|------|----------------------|------|
|     | mg dm <sup>-3</sup> |      |     |     |      |     | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                  |                  |      | %    | Dag kg <sup>-1</sup> |      |
| 5,5 | 6,0                 | 88,0 | 6,0 | 2,8 | 2,64 | 0,9 | 1,37                               | 1,16             | 0,0              | 2,3  | 2,79 | 54,8                 | 0,37 |

pH em água (1:2,5); P, K, Na, Zn, Cu – extrator: Mehlich 1; B – extrator: água quente; Ca, Mg e Al – extrator: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H + Al – extrator: SMP; SB = Soma de Bases Trocáveis; V = Índice de saturação de bases; M.O = Matéria orgânica – oxidação: Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10N.

Após a calagem, foram incorporados dois litros de esterco bovino curtido, em cada vaso. A adubação química de plantio, foi realizada diretamente nos vasos, 10 dias antes do transplântio das mudas, de acordo com a metodologia proposta por

Novais et al. (1991) para ambiente controlado. Foram aplicados 6,46 g de sulfato de amônio (20% N), 60 g de superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 3,96 g de cloreto de potássio (58% K<sub>2</sub>O).

Durante a condução do experimento, foram realizadas adubações de cobertura com base no manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo, 5ª aproximação (PREZOTTI et al., 2007).

### 3.4 Curva Característica de Retenção de Água no Solo

Os resultados de retenção de água no solo, foram obtidos através de câmara de pressão de Richards (RICHARDS, 1949), os mesmos foram ajustados segundo o modelo proposto por Van Genuchten (1980), descrito pela Equação 1. Com o auxílio do *software* SWRC (Soil Water Retention Curve), desenvolvido por Dourado Neto et al. (2000), obtiveram-se os parâmetros da equação de ajuste da curva característica de retenção de água no solo (Figura 3).

$$\theta_v = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha |\psi_m|)^n]^m} \quad (1)$$

Em que:

$\theta_v$  = Umidade a base de volume, em cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>;

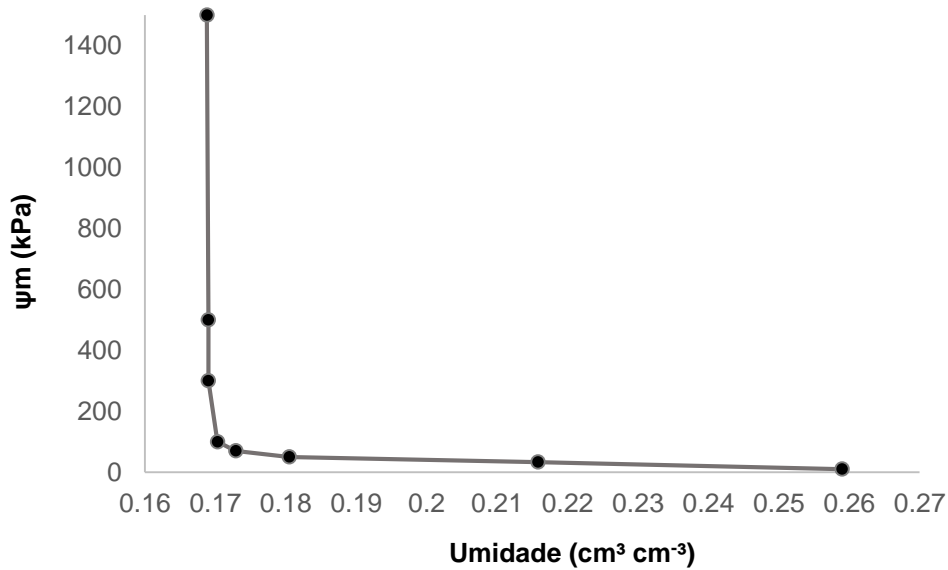
$\theta_r$  = Umidade residual, em cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>;

$\theta_s$  = Umidade de saturação, em cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>;

$\psi_m$  = Potencial matricial, em kPa; e

$\alpha$ ,  $m$  e  $n$  = Parâmetros do modelo.



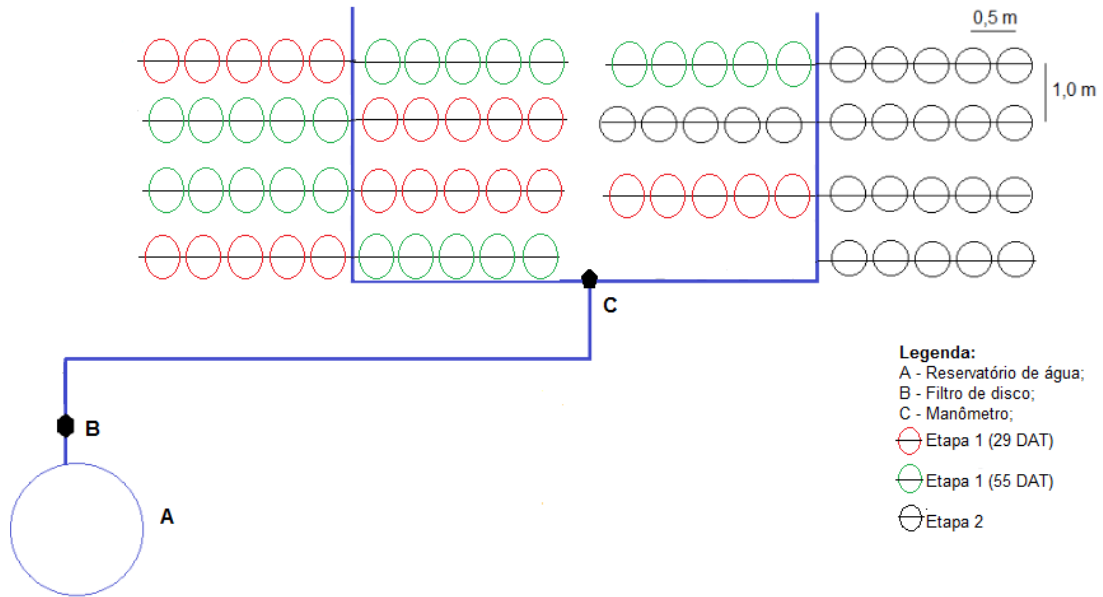


**Figura 3.** Curva característica de retenção de água no solo.

### 3.5 Manejo da Irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, constituído por linhas principais com cano de PVC de 32 mm e 16 saídas secundárias (mangueiras gotejadoras de polietileno de 17 mm), com espaçamento de 0,50 m entre gotejadores, sendo um emissor por vaso, com vazão de  $1,56 \text{ L h}^{-1}$ , a pressão de serviço de 100 kPa.

As linhas secundárias possuíam válvulas de gaveta próprias, possibilitando a irrigação individualmente. No início da linha principal estava instalado filtro de disco para evitar problemas de obstrução nos emissores, e manômetro para aferição da pressão de funcionamento do sistema (Figura 4).



**Figura 4.** Esquema representativo da instalação do sistema de irrigação.

As irrigações foram realizadas com base na avaliação da tensão de água no solo, determinada através de tensímetro de punção digital, após os tensiômetros atingirem as tensões propostas, de forma a elevar a umidade do solo a 10 kPa, arbitrada como capacidade de campo. Com as tensões observadas, foram determinadas as umidades correspondentes, pela curva de retenção de água no solo. De posse dessas umidades e com a correspondente à capacidade de campo, foi calculado o tempo de irrigação, Equação 2.

$$T_i = \frac{(\theta_{cc} - \theta_t) (C_s A_v)}{(e f q)} \quad (2)$$

Em que:

$T_i$  = Tempo de irrigação por vaso, horas;

$\theta_{cc}$  = Umidade volumétrica na tensão requerida (CC),  $m^3 m^{-3}$ ;

$\theta_t$  = Umidade volumétrica atual (tensiômetro),  $m^3 m^{-3}$ ;

$C_s$  = Camada de solo considerada, m;

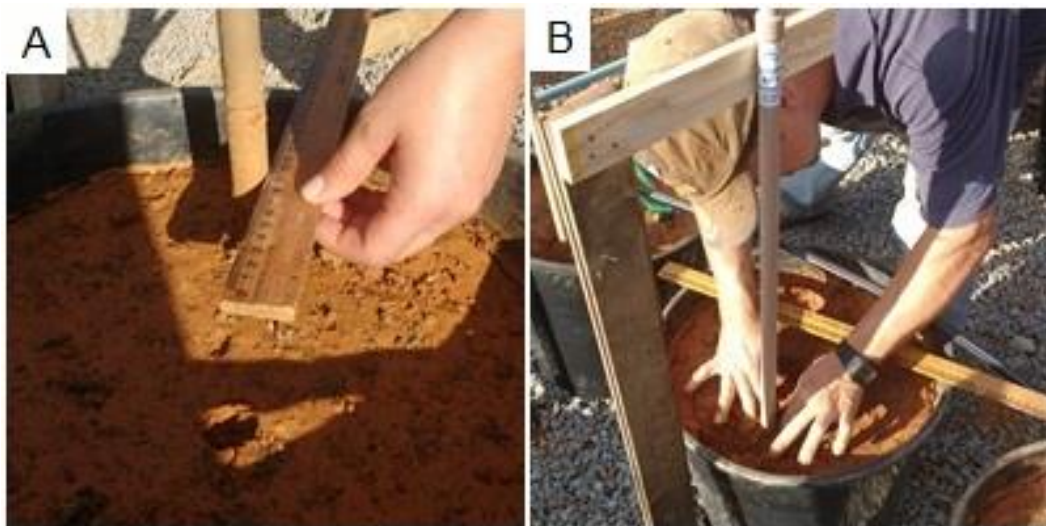
$A_v$  = área do vaso,  $m^2$ ;

$q$  = vazão do emissor,  $m^3 h^{-1}$ ; e

ef = eficiência de distribuição.

Os tensiômetros foram instalados nos vasos que compreendiam a segunda etapa do experimento, antes do transplântio da cultura. Para tanto, os mesmos foram deixados 48 horas com as cápsulas submersas em água destilada, para a retirada de todo ar da cápsula porosa.

Com o auxílio de um cano de diâmetro igual aos tensiômetros, fez-se um orifício em cada vaso, posicionado a 0,10 m das plantas e a 0,10 m de profundidade no solo (Figura 5), porção equivalente a 50% da profundidade do sistema radicular do pimentão.



**Figura 5.** Abertura do orifício a 0,10m das plantas (A), instalação do tubo (B).

### 3.6 Condução do Experimento

O híbrido de pimentão utilizado no experimento foi a variedade *Impacto*, a semeadura foi realizada no dia 26 de maio de 2016, em bandeja de isopor com 128 células, na densidade de 1 semente por célula. Para preenchimento das células foi utilizado substrato comercial.

A emergência das plântulas ocorreu 10 dias após a semeadura (DAS). O transplântio foi realizado no dia 13 de Julho de 2016, quando as mudas apresentavam seis folhas definitivas (Figura 6).



**Figura 6.** Transplântio das mudas de pimentão (A), vista frontal do ambiente protegido (B).

Nos primeiros 10 dias após o transplântio não houve diferenciação na irrigação, visando o estabelecimento das plantas de pimentão. Após este período, deu-se início à diferenciação das tensões, onde as irrigações foram efetuadas quando as tensões atingiram 15, 30, 45, 55 e 70 kPa. As tensões foram monitoradas duas vezes ao dia, às 08:00 e às 15:00 horas. Logo após a leitura realizavam-se as irrigações, caso necessário.

A fim de auxiliar na sustentação das plantas, foi montado um sistema de tutoramento, do tipo espaldeira, com fitilhos de plástico colocados horizontalmente, distanciados a 0,15 m no sentido da linha de plantio, com o crescimento das hastes, estas foram amarradas.

Inspeções periódicas foram realizadas a fim de se detectar a presença de pragas e doenças durante o cultivo. O controle de oídio (*Oidiopsis taurica*) foi realizado com pulverizações semanais de fungicida à base de piraclostrobina e metiran. Semanalmente foram realizadas pulverizações com inseticidas à base de tiametoxam para controle de pragas, dentre elas, mosca branca (*Bemisia tabaci*) e tripes (*Thrips tabaci*).

### 3.7 Variáveis Agronômicas

#### 3.7.1 Altura da Planta e Diâmetro do Caule

A altura da planta foi determinada medindo-se a distância vertical entre a superfície do solo e o ápice da planta, com auxílio de uma régua. Para a determinação do diâmetro do caule utilizou-se paquímetro, na altura do solo (BILIBIO et al., 2010). As avaliações de altura e diâmetro foram realizadas aos 29 e 55 DAT, nas plantas da primeira etapa do experimento (Figura 7).



**Figura 7.** Avaliação de altura da planta (A) e diâmetro do caule (B), aos 29 DAT.

#### 3.7.2 Massa Seca da Parte Aérea (MSPA)

As plantas foram cortadas rentes ao solo, colocadas em sacos de papel, pesadas e transferidas para estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C até obtenção de massa constante (ARAGÃO et al., 2012). As avaliações de massa seca da parte aérea foram realizadas aos 29 e 55 DAT, nas plantas da primeira etapa do experimento (Figura 8).



**Figura 8.** Corte das plantas do primeiro estágio da etapa 1 do experimento (A) e acondicionamento em sacos de papel (B).

### 3.7.3 Classificação dos frutos

Os frutos foram classificados pelo tamanho, de acordo com as normas vigentes no Ministério da Agricultura (BRASIL, 2001). Os frutos que apresentaram comprimento maior ou igual a 60 mm e diâmetro maior ou igual a 40 mm foram classificados como comerciais e os frutos que apresentaram comprimento menor que 60 mm e diâmetro menor que 40 mm, ou alguns defeitos graves, tais como frutos murchos, deteriorados, malformados, com danos mecânicos, por doenças ou pragas, foram classificados como não comerciais.

### 3.7.4 Número Total e Comercial de Frutos

A determinação do número total e comercial de frutos foi realizada pela contagem direta dos mesmos. Os resultados foram expressos em frutos por planta<sup>-1</sup>.

### 3.7.5 Produção Total e Comercial

Para determinação da produção total e comercial de frutos, os mesmos foram colhidos e pesados em balança digital. Os resultados foram expressos em g planta<sup>-1</sup>.

### 3.7.6 Número de Frutos por Períodos

A etapa de colheita teve duração de 84 dias. Para a avaliação do comportamento da produção ao longo do tempo, dividiu-se esta etapa em intervalos de sete dias, analisando-se o número total de frutos em 12 períodos. Os resultados foram expressos em frutos por planta<sup>-1</sup>.

### 3.7.7 Consumo Hídrico

Foram determinados o consumo de água e o intervalo médio de irrigações, para cada tratamento, durante o período experimental.

### 3.8 Análises Estatísticas

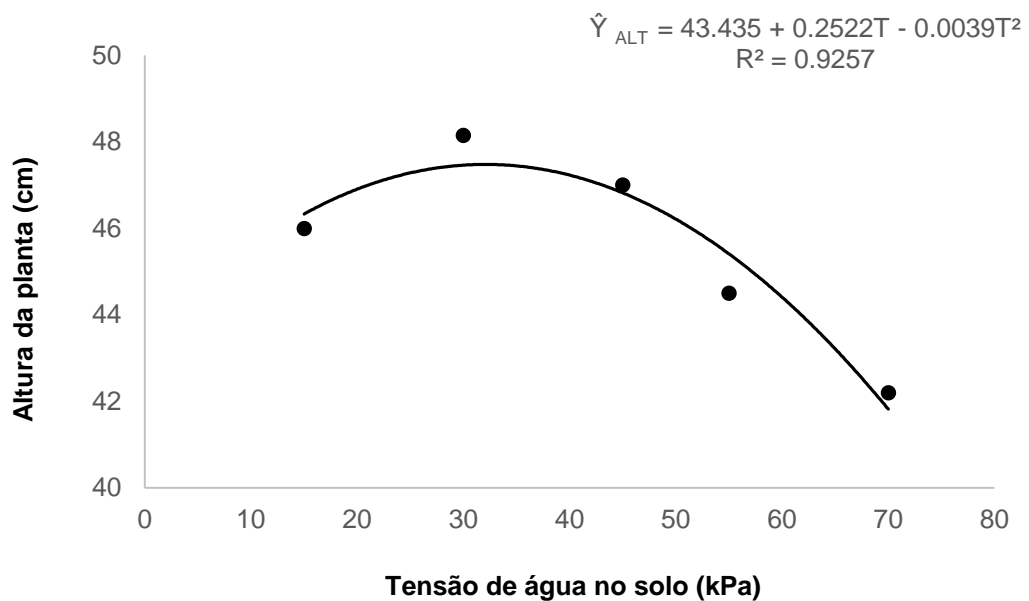
Os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância, em nível de 5% de significância. Na primeira etapa do experimento, verificando efeito significativo, os dados referentes às tensões foram submetidos à análise de regressão e os dados referentes a dias após transplântio foram submetidos ao teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Na segunda etapa do experimento, verificando efeito significativo, os dados foram submetidos à análise de regressão, em nível de 5% de probabilidade.

As análises estatísticas foram executadas utilizando procedimentos estatísticos descritos por BANZATO; KRONKA (2009). A ferramenta utilizada para as análises foi o *software* estatístico SAEG 9.1.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Altura da Planta

De acordo com a análise de variância (Apêndice A), verifica-se que tensões de água no solo e dias após transplântio exercem influência no ritmo de crescimento das plantas, em nível de 5% de probabilidade. Não se observou efeito da interação tensão de água no solo e dias após transplântio. Na Figura 9 observa-se o estudo da variável altura da planta em função dos níveis de tensão de água no solo.



**Figura 9.** Altura da planta (cm) em função dos níveis de tensão de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa).

A altura da planta apresentou comportamento quadrático em função do aumento da tensão de água no solo. Houve incremento em altura da planta até a tensão de 32,33 kPa (47,51 cm), a partir dessa tensão verifica-se decréscimo da variável analisada. Comparando-se a tensão em que se obteve a máxima altura de planta com a tensão de 70 kPa (41,97 cm), observa-se uma redução de 11,66%.

Resultados semelhantes são observados no trabalho de Hott (2014), que avaliando o efeito de tensões de água no solo (15, 20, 30, 45 e 60 kPa) no estágio produtivo (90 DAT) da cultura do tomate, também verificou comportamento quadrático para a mesma variável estudada, ocorrendo um incremento em altura de plantas até 23,64 kPa, ocorrendo decréscimo a partir desta tensão.



A absorção contínua de água é essencial ao crescimento e desenvolvimento vegetal, pois a maioria das plantas, em clima tropical, chega a perder mais do que seu próprio peso em água, por dia, em certas condições. O crescimento da planta depende da água absorvida, esta é responsável pela turgescência celular, que sustenta a própria morfologia de plantas herbáceas, e que é essencial para o aumento de volume celular e crescimento do vegetal (PIMENTEL, 2004).

As plantas submetidas às maiores tensões de água no solo receberam irrigações com menor frequência, permanecendo por longos períodos com baixa umidade no solo, podendo ser observado o murchamento das folhas das plantas (Figura 10).



**Figura 10.** Plantas murchas de pimentão, submetidas à tensão de 70 kPa.

Quando uma planta está sob déficit hídrico intenso, os estômatos são fechados para reduzir a transpiração, o que também reduz a fotossíntese e, conseqüentemente a produção de fotoassimilados, reduzindo o crescimento da planta e interferindo na produção final.

Santana et al. (2004) analisaram o efeito de diferentes tensões de água no solo (10, 30, 50 e 70 kPa) e doses de cálcio (0, 200, 400 e 600 mg dm<sup>-3</sup>) na cultura do pimentão, e verificaram que as maiores alturas de plantas ocorreram na tensão de 10 kPa.

Bilibio et al. (2010) avaliaram diferentes tensões de água no solo (15, 30, 45 e 60 e 80 kPa) em dois estádios fenológicos da cultura da berinjela e verificaram

resposta linear em relação às tensões de água no solo. Para cada variação unitária crescente da tensão de água no solo, deu-se uma redução de 0,4533 cm na altura das plantas.

Na Tabela 3 observa-se o estudo da variável altura da planta, em função dos dias após transplântio. Aos 55 DAT as plantas de pimentão apresentaram um incremento em altura de 57,58% em relação aos 29 DAT.

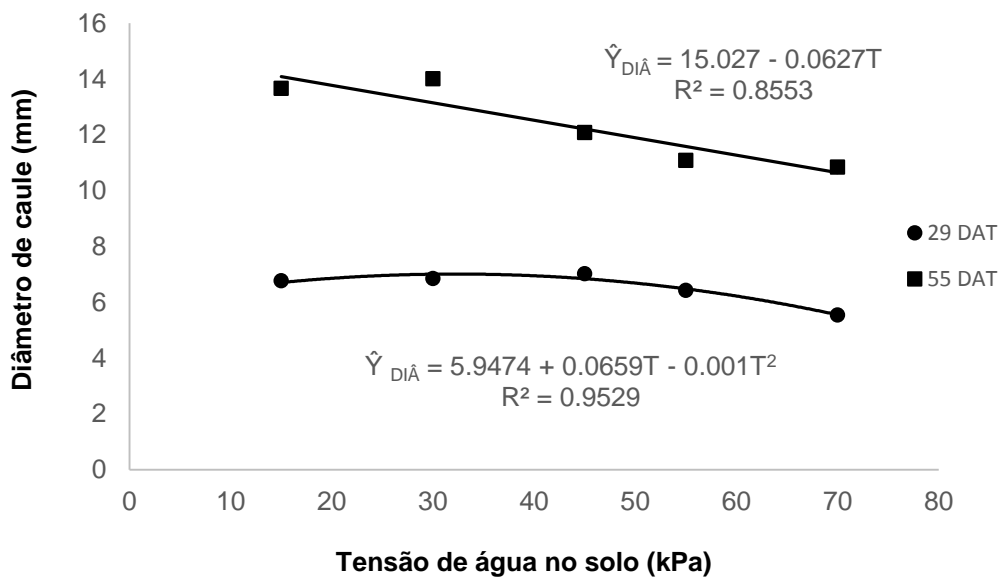
**Tabela 3.** Altura da planta (cm) em função dos DAT (29 e 55 DAT).

| Variável              | 29 DAT  | 55 DAT  |
|-----------------------|---------|---------|
| Altura da Planta (cm) | 27,10 A | 64,04 B |

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

#### 4.2 Diâmetro do Caule

De acordo com a análise de variância (Apêndice A), verifica-se que houve efeito da interação tensão de água no solo e dias após transplântio, para a variável diâmetro do caule, em nível de 5% de probabilidade. Na Figura 11 observa-se o estudo da variável diâmetro de caule em função dos níveis de tensão de água no solo, aos 29 e 55 DAT.



**Figura 11.** Diâmetro do caule (mm) em função dos níveis de tensão de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa), aos 29 e 55 DAT.

O diâmetro do caule aos 29 DAT apresentou comportamento quadrático em função do aumento da tensão de água no solo. Houve incremento em diâmetro de caule até a tensão de 32,95 kPa (7,03 mm), a partir dessa tensão verifica-se decréscimo da variável analisada. Comparando-se a tensão em que se obteve o máximo diâmetro de caule com a tensão de 70 kPa (5,66 mm), observa-se uma redução de 19,48%.

O diâmetro do caule aos 55 DAT apresentou comportamento linear decrescente em função do aumento da tensão de água no solo. Quando comparadas a maior e menor tensão estudadas, nota-se que o incremento para essa variável foi de 24,50%. O maior diâmetro de caule foi obtido na tensão de 15 kPa, com 14,08 mm.

Corroborando com este experimento, Oliveira (2009) irrigando com diferentes tensões de água no solo (15, 30, 60 e 120 kPa) a cultura do pepino em ambiente protegido, obteve maiores médias para o diâmetro de caule nas menores tensões de água no solo.

Do mesmo modo, Bilibio et al. (2010), analisando o efeito de diferentes tensões de água no solo (15, 30, 45, 60 e 80 kPa) na cultura da berinjela, afirmam que o diâmetro do caule apresentou menores valores de acordo com o aumento da tensão de água no solo.

Na Tabela 4 observa-se o estudo da variável diâmetro do caule, em função dos dias após transplântio, para cada nível de tensão de água no solo. O aumento na tensão de água no solo reduz a disponibilidade hídrica, dessa forma ocorre diminuição do diâmetro do caule. O diâmetro de caule aos 55 DAT se sobressai significativamente aos obtidos aos 29 DAT.

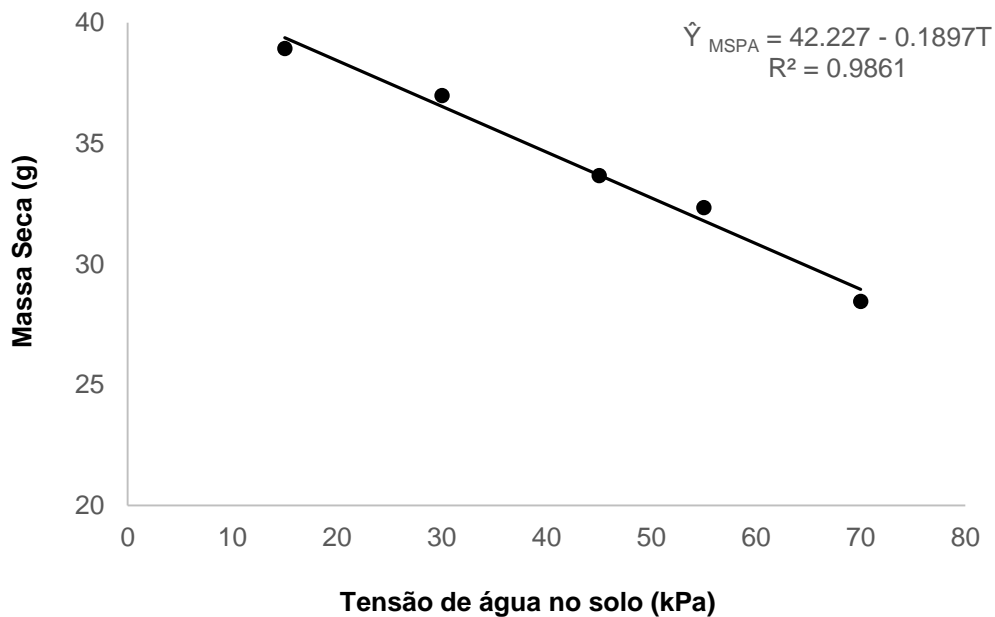
**Tabela 4.** Diâmetro do caule (mm) em função dos dias após transplântio, para as cinco tensões estudadas (15, 30, 45, 55 e 70 kPa).

| DAT | Diâmetro do Caule (mm)       |         |         |         |         |
|-----|------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|     | Tensão de água no solo (kPa) |         |         |         |         |
|     | 15                           | 30      | 45      | 55      | 70      |
| 29  | 6,76 B                       | 6,84 B  | 7,02 B  | 6,42 B  | 5,54 B  |
| 55  | 13,66 A                      | 14,00 A | 12,98 A | 11,08 A | 10,84 A |

Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si, pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

### 4.3 Massa Seca da Parte Aérea (MSPA)

De acordo com a análise de variância (Apêndice A), verifica-se que tensões de água no solo e dias após transplântio influenciam significativamente a variável massa seca da parte aérea, em nível de 5% de probabilidade. Não se observou efeito da interação tensão de água no solo e dias após transplântio. Na Figura 12 observa-se o estudo da variável massa seca da parte aérea em função dos níveis de tensão de água no solo.



**Figura 12.** Massa seca da parte aérea (g) em função dos níveis de tensão de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa).

A massa seca da parte aérea apresentou comportamento linear decrescente em função do aumento da tensão de água no solo. Quando comparadas a maior e menor tensão estudadas, nota-se que o incremento para essa variável foi de 26,51%. O maior acúmulo de massa seca da parte aérea ocorreu na tensão de 15 kPa, sendo 39,38 g.

Carvalho et al. (2013) avaliaram o desenvolvimento da cultura do pimentão vermelho sob diferentes tensões de água no solo (15, 30, 45 e 60 kPa) e verificaram que a massa seca de plantas apresentou um decréscimo de 74,39% em função das tensões de água no solo, quando comparada a tensão de 15 kPa com a tensão de 60 kPa.

Sá (2003) avaliando o desenvolvimento do tomate sob diferentes tensões de água no solo (15, 30, 50, 70, 120 e 170 kPa) verificou que a matéria seca da parte

aérea diminuiu linearmente com o aumento das tensões de água no solo, o decréscimo foi de 0,8471 g por unidade de tensão de água no solo.

O crescimento das plantas, entendido como o acúmulo de massa seca, depende quase que inteiramente da fotossíntese. Segundo Taiz; Zieger (2004), cerca de 90% da massa seca vegetal são originados diretamente da assimilação fotossintética de carbono através da fotossíntese. O déficit hídrico induz o fechamento estomático na parte aérea, afetando a fotossíntese.

Sendo assim, as plantas que foram submetidas às maiores tensões de água no solo apresentaram menor acúmulo de massa seca, devido, dentre outros fatores, à redução da assimilação fotossintética de carbono ocasionada pelo fechamento estomático.

Na Tabela 5 observa-se o estudo da variável massa seca da parte aérea, em função dos dias após transplantio. Aos 55 DAT as plantas de pimentão apresentaram um incremento em massa seca de 91,80% em relação aos 29 DAT.

**Tabela 5.** Massa seca da parte aérea em função dos DAT (29 e 55 DAT).

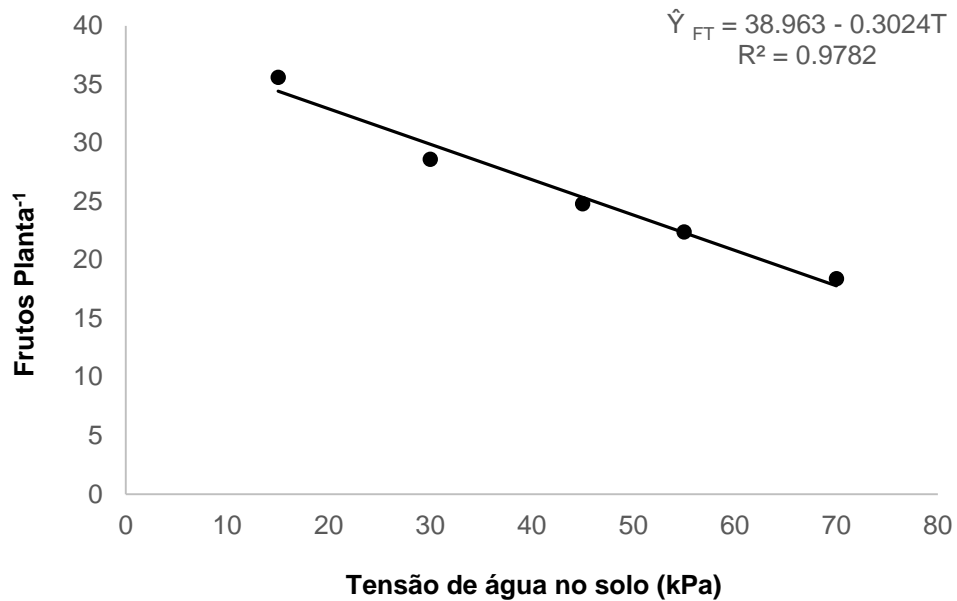
| Variável       | 29 DAT | 55 DAT  |
|----------------|--------|---------|
| Massa seca (g) | 5,16 A | 62,98 B |

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

#### 4.4 Número Total de Frutos

De acordo com a análise de variância (Apêndice B), verifica-se que houve efeito significativo entre a tensão de água no solo e o número total de frutos por planta, em nível de 5% de probabilidade. O número total de frutos apresentou comportamento linear em função do aumento da tensão de água no solo (Figura 13).

O número de frutos decresceu em função do aumento da tensão da água no solo. Quando comparadas a maior e menor tensão estudadas, nota-se que o incremento para essa variável foi de 48,31%. O maior valor obtido para número total de frutos por planta ocorreu na tensão de 15 kPa, sendo 34,42 frutos por planta.



**Figura 13.** Número total de frutos por planta, em função das diferentes tensões de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa).

Carvalho et al., (2016) avaliando tensões de água no solo (15,30, 60 e 120 kPa) na cultura do pimentão vermelho, também constataram o maior número de frutos na tensão de 15 kPa, havendo um incremento de 60% da variável, quando comparadas a maior e menor tensão estudadas.

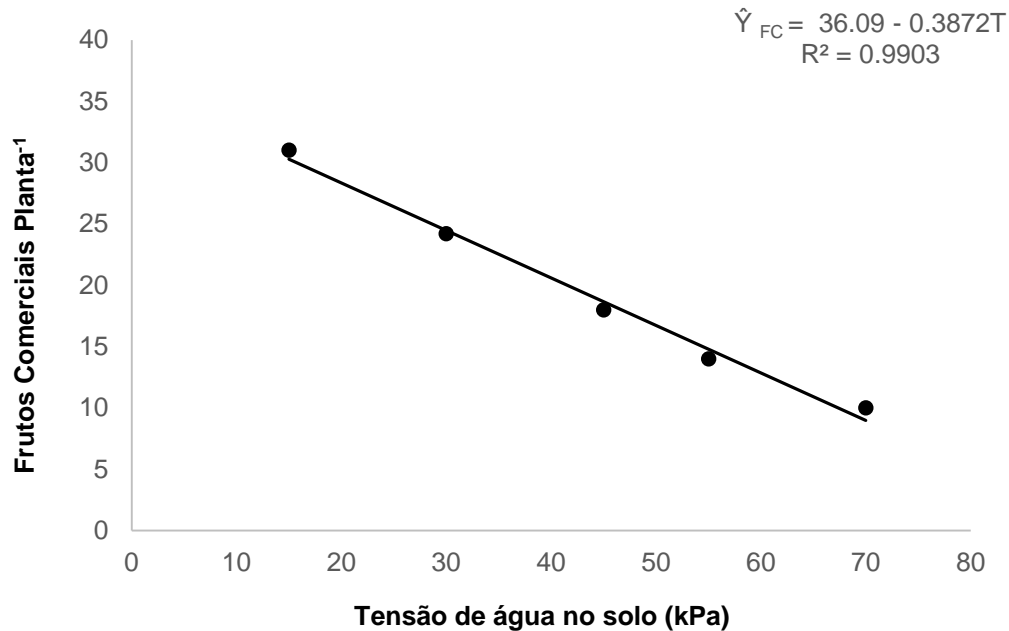
Lima et al., (2013), avaliando tensões de água no solo (20,40, 60 e 120 kPa) no cultivo de pimenta Cayenne também observaram tendência de redução linear no número médio de frutos por planta, em função do aumento da tensão de água no solo.

Um dos principais causadores de estresse nas culturas é o déficit hídrico. Este acarreta distúrbios no desenvolvimento das plantas com redução da área foliar, consequentemente reduz a taxa fotossintética. A menor produção de frutos nas maiores tensões de água no solo pode estar relacionada com a menor taxa fotossintética. Além disso, a ocorrência de déficit hídrico antes e durante a fase inicial de floração reduz o número de frutos pelo abortamento das flores (SEZEN et al., 2006).

#### 4.5 Número de Frutos Comerciais

De acordo com a análise de variância (Apêndice B), verifica-se que houve efeito significativo entre a tensão de água no solo e o número de frutos comerciais por planta,

em nível de 5% de probabilidade. O número total de frutos comerciais apresentou comportamento linear em função do aumento da tensão de água no solo (Figura 14).



**Figura 14.** Número de frutos comerciais por planta, em função dos níveis de tensão de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa).

O número de frutos comerciais decresceu em função do aumento da tensão da água no solo. Quando comparadas a maior e menor tensões estudadas, nota-se que o incremento para essa variável foi de 70,34%. O maior valor obtido para número total de frutos comerciais por planta ocorreu na tensão de 15 kPa, sendo 30,28 frutos por planta.

Cantuário et al. (2014) avaliando a qualidade de frutos de pimentão sob diferentes doses de silício (0,0; 4,3 e 8,6 Kg ha<sup>-1</sup>) e tensões de água no solo (15, 25, 35 e 45 kPa), constataram que o número de frutos com incidência de podridão apical tende a aumentar seguindo um modelo de regressão exponencial à medida que o valor de tensão de água no solo aumenta.

As plantas são expostas a vários estresses ambientais, como temperaturas altas, falta de água, alta radiação luminosa e deficiência de nutrientes, causando um estresse múltiplo. Dentre estes diferentes estresses, a falta de nutrientes também é frequente quando ocorre déficit hídrico, e ambos os estresses afetam significativamente a produtividade agrícola (PIMENTEL, 2004).

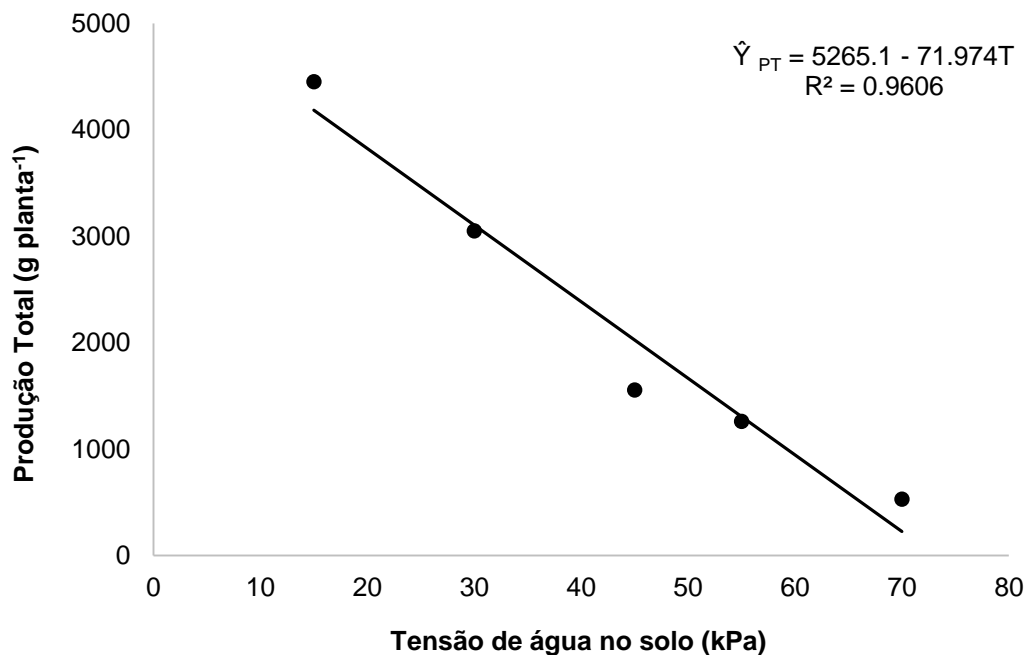
A deficiência hídrica durante a fase inicial de frutificação restringe a translocação de cálcio nas plantas de pimentão (FILGUEIRA, 2008). As principais

causas de desordem fisiológica em plantas que causa o aparecimento de podridão apical nos frutos são a baixa umidade do solo, maior intensidade de transpiração foliar e desequilíbrio nutricional, pois, influenciam a absorção, a translocação e o acúmulo de Ca nas plantas (SAURE et al., 2001).

Devido ao estresse hídrico as maiores tensões de água no solo obtiveram baixo número de frutos comerciais por planta, os frutos apresentaram alta incidência de podridão apical.

#### 4.6 Produção Total de Frutos

De acordo com a análise de variância (Apêndice B), verifica-se que houve efeito significativo entre a tensão de água no solo e a produção total de frutos, em nível de 5% de probabilidade. A produção total apresentou comportamento linear em função do aumento da tensão de água no solo (Figura 15).



**Figura 15.** Produção Total (g planta<sup>-1</sup>) em função dos níveis de tensão de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa).

A produção decresceu em função do aumento da tensão da água no solo. Quando comparadas a maior e menor tensão estudadas, nota-se que o incremento para essa



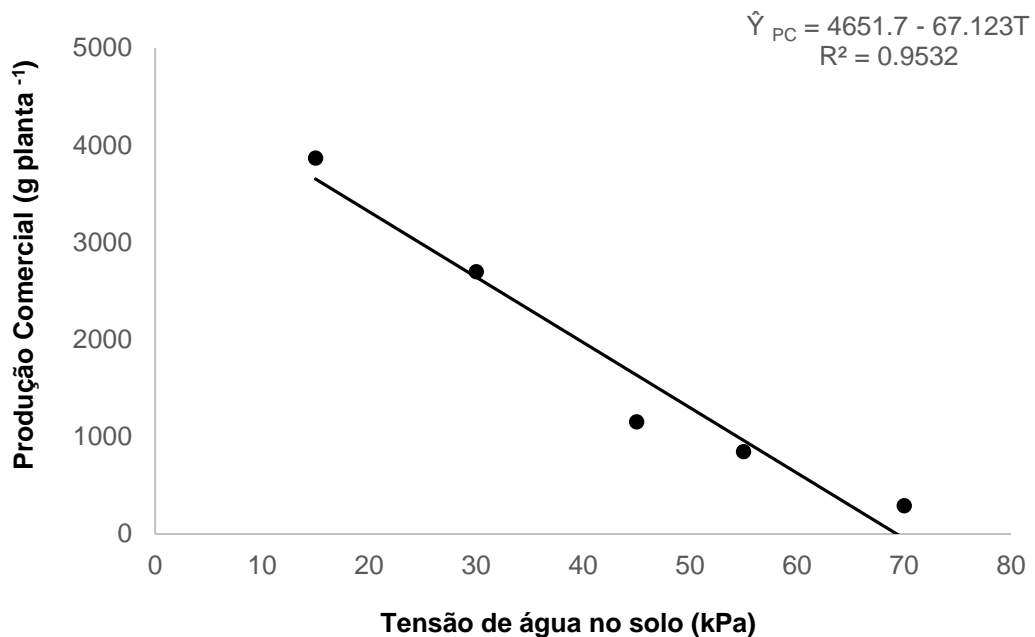
variável foi de 94,57%. A maior produção de frutos ocorreu na tensão de 15 kPa, sendo 4.185,49 g planta<sup>-1</sup>.

Bilibio et al. (2010), trabalhando com berinjela também constataram que a tensão de 15 kPa proporciona melhor desempenho produtivo.

Segundo Carvalho et al. (2016), o déficit hídrico na fase de desenvolvimento da cultura em geral tem efeito adverso na produção e a redução na produtividade é mais acentuada quando o déficit hídrico continua da fase de florescimento até a colheita.

#### 4.7 Produção de Frutos Comerciais

De acordo com a análise de variância (Apêndice B), verifica-se que houve efeito significativo entre a tensão de água no solo e a produção comercial de frutos, em nível de 5% de probabilidade. A produção comercial apresentou comportamento linear em função do aumento da tensão de água no solo (Figura 16).



**Figura 16.** Produção Comercial (g planta<sup>-1</sup>) em função das diferentes tensões de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa).

Isso demonstra que as menores tensões proporcionaram a maior produção comercial e que a maior tensão teve um decréscimo de 92,55% em relação a menor

tensão para esta variável. A maior produção comercial de frutos ocorreu na tensão de 15 kPa, sendo 3.644,85 g planta<sup>-1</sup>.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santana et al. (2004), que avaliando tensão de água no solo (10, 30, 50 e 60 kPa) na cultura do pimentão, constataram maior produção total e comercial quando as irrigações elevavam a umidade do solo próximo à capacidade de campo (10 kPa).

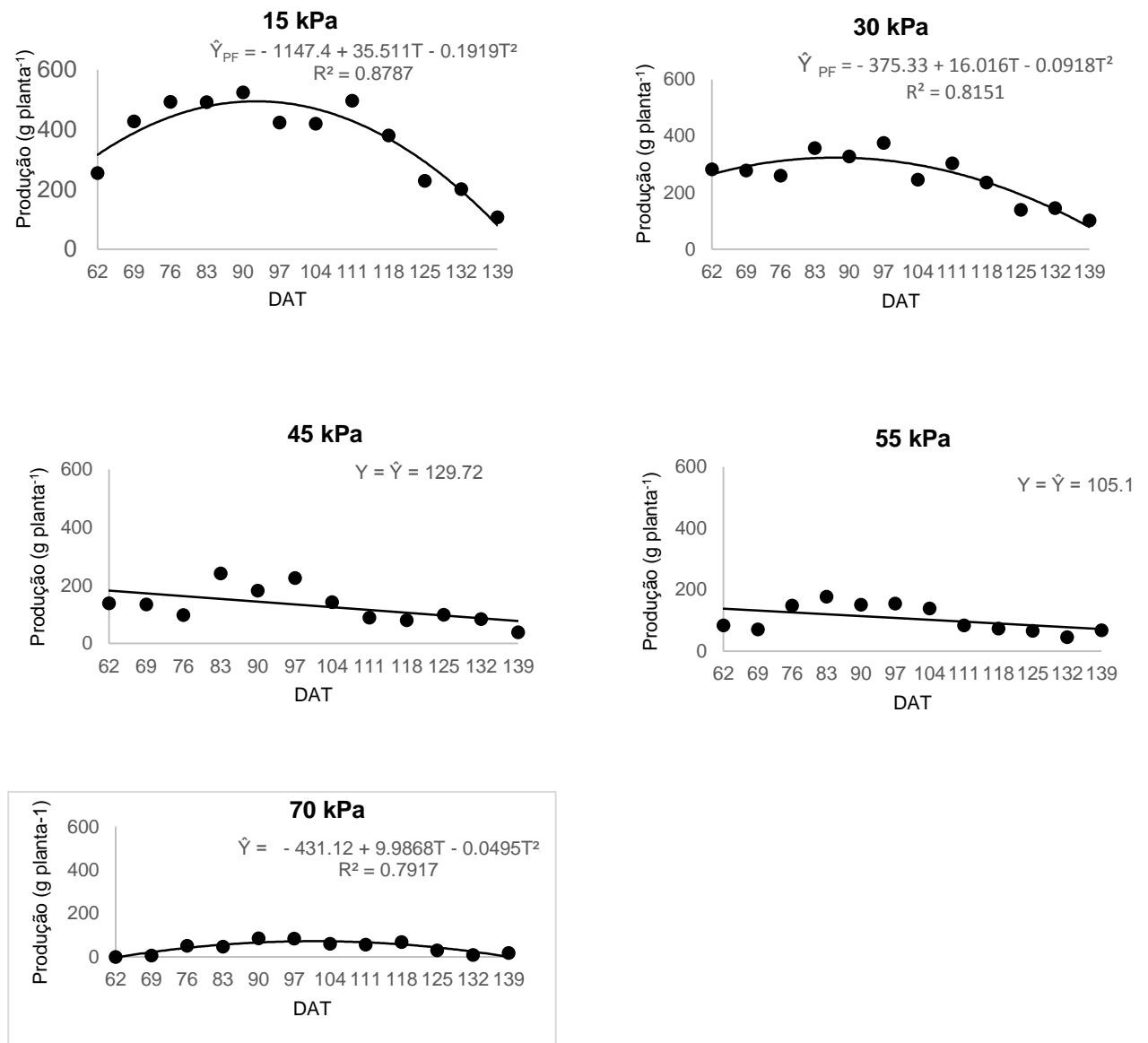
#### 4.8 Produção por Períodos

De acordo com a análise de variância (Apêndice C), verifica-se que houve efeito da interação tensão de água no solo e períodos de colheita, para a variável produção de frutos, em nível de 5% de probabilidade. Na Figura 17 observa-se o estudo da variável produção de frutos em função dos 12 períodos de colheita, para cada nível de tensão de água no solo.

Verifica-se que ocorrem diferentes comportamentos na produção de frutos nos diferentes níveis de tensão de água no solo, ao longo do período produtivo. A produção de frutos por planta apresentou comportamento quadrático em função do ciclo produtivo, para as tensões de 15, 30 e 70 kPa. Nas tensões de 45 e 55 kPa apresentou comportamento médio, durante todo o ciclo produtivo.

A tensão com maior produção de frutos por planta, no pico de produção, foi de 15 kPa, com 531,47 g por planta, no período correspondente a 95,14 DAT. Para todas as tensões a menor produção é observada aos 139 DAT, último período do ciclo produtivo.

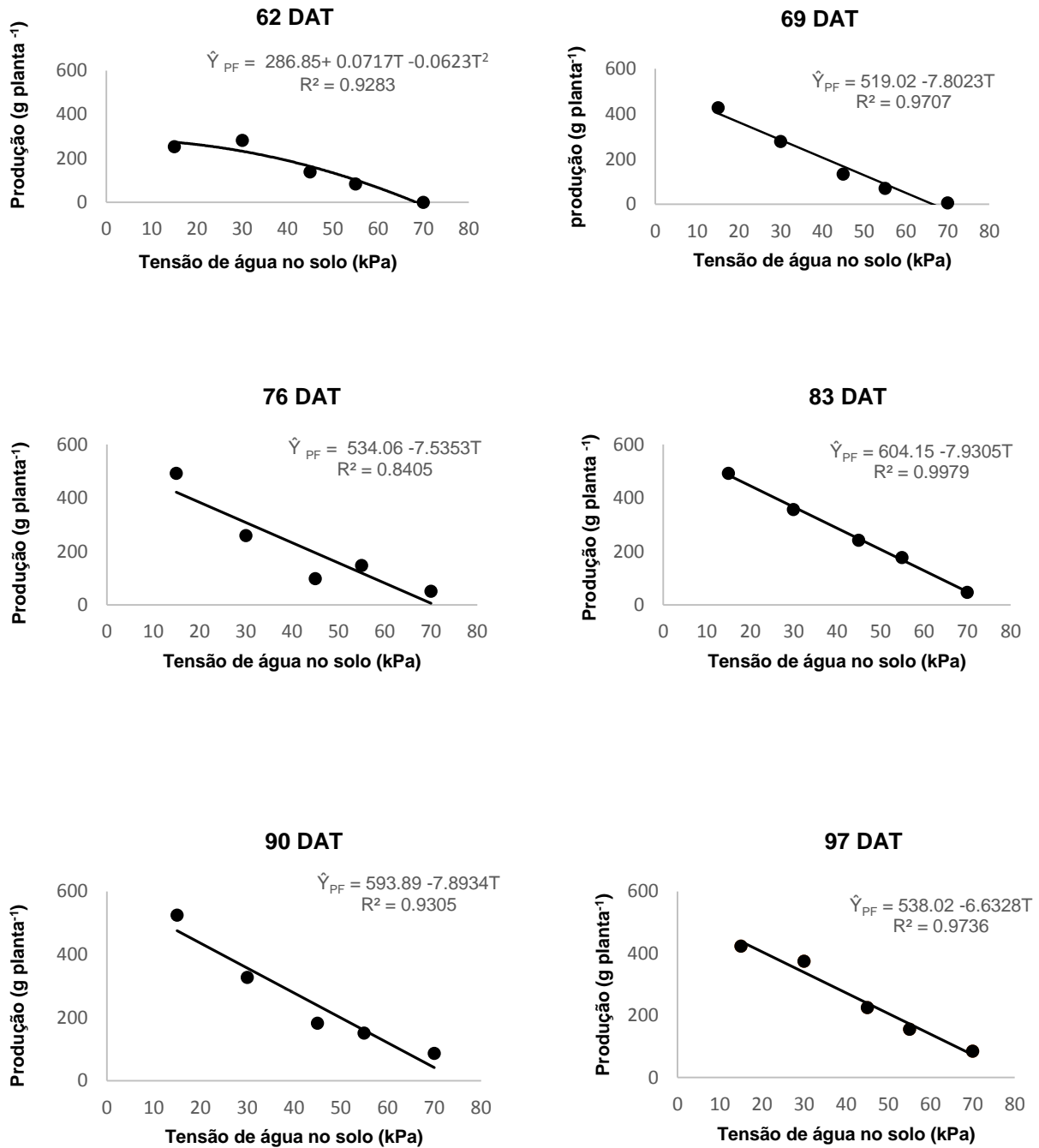
Na tensão de 70 kPa a maior produção foi obtida no período correspondente a 98 DAT, com 72,18 g por planta. Comparando-se os picos de produção na tensão de 15 kPa (531,47 frutos) com a de 70 kPa (72,18 frutos), observa-se um incremento de 86,41% na produção de frutos.



**Figura 17.** Produção em função dos períodos de colheita, para cada nível de tensão de água no solo.

Na Figura 18 observa-se o estudo da variável produção de frutos em função dos níveis de tensão de água no solo, para cada período de colheita. Com exceção do período correspondente a 62 DAT, todos os outros períodos apresentaram comportamento linear decrescente, com o aumento da tensão de água no solo.

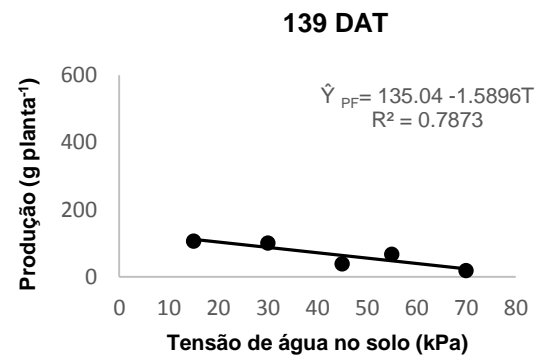
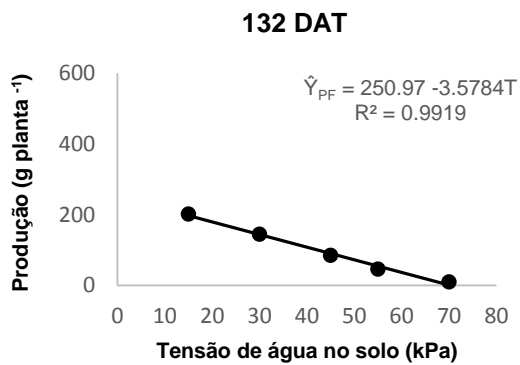
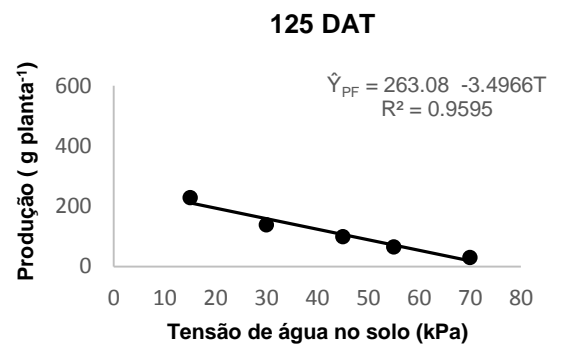
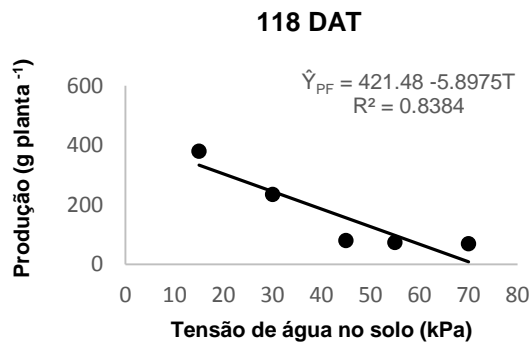
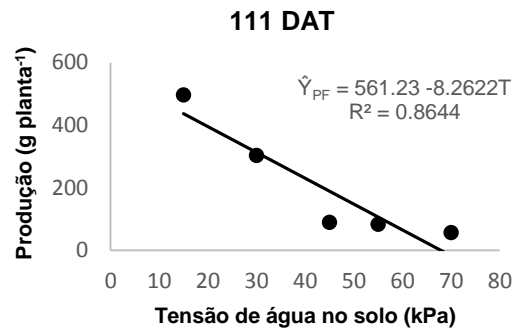
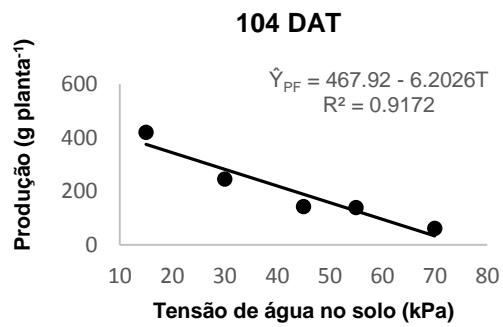
A menor produção de frutos foi obtida no período correspondente a 139 DAT, com 53,82 frutos por planta. Comparando-se os períodos de máxima e mínima produção de frutos, 83 e 139 DAT, respectivamente, observa-se uma redução de 88,90% no número de frutos por planta.



Continua...

**Figura 18.** Produção em função dos níveis de tensão de água no solo, para cada período de colheita.

Continuação...



#### 4.10 Consumo Hídrico

A produção, o consumo hídrico após o início da diferenciação das tensões e o intervalo médio de irrigações para cada nível de tensão de água no solo, são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Produção, consumo hídrico do pimentão e intervalo médio de irrigações, para cada tensão.

| <b>Tensão (kPa)</b> | <b>Massa dos Frutos (Kg planta<sup>-1</sup>)</b> | <b>Consumo Hídrico (mm)</b> | <b>Intervalo médio de irrigação (dias)</b> |
|---------------------|--|-----------------------------|--|
| <b>15</b>           | 4.451,51   | 519,85                      | 1,25                                       |
| <b>30</b>           | 3.050,71   | 448,80                      | 1,60                                       |
| <b>45</b>           | 1.556,64   | 360,43                      | 3,75                                       |
| <b>55</b>           | 1.261,2  | 350,90                      | 4,5  |
| <b>70</b>           | 531,2  | 327,50                      | 5  |

O consumo hídrico foi decrescente em função do aumento da tensão de água no solo, isso se deve ao fato de que nas maiores tensões de água no solo as irrigações ocorriam com menor frequência.

A maior lâmina de água aplicada foi de 519,85 mm para a tensão de 15 kPa, a produção obtida nesta tensão foi de 4.451,51 Kg planta<sup>-1</sup>. A menor lâmina aplicada foi de 327,50 mm para a tensão de 70 kPa, onde a produção foi de 531,2 Kg planta<sup>-1</sup>.

Comparando-se a produção obtida na maior e menor tensão estudadas, onde houve uma redução de 37% no volume de água aplicada, observa-se uma queda de 88,06% na produção de frutos.

## 5 CONCLUSÕES

No estágio vegetativo da cultura do pimentão os níveis de tensão de água no solo influenciam o desenvolvimento da cultura. Menores tensões de água no solo proporcionam melhor desenvolvimento vegetativo das plantas de pimentão.

Para a obtenção dos maiores valores de número total e comercial de frutos por planta, produção total e comercial de frutos por planta, as irrigações devem ser realizadas com a tensão de água no solo em 15 kPa.

Plantas de pimentão irrigadas na tensão de água no solo em 15 kPa apresentam o pico de produção no período correspondente aos 92,52 DAT, com 4,25 frutos por planta, 42,86% a mais do que o obtido no pico de produção das plantas irrigadas na tensão de água no solo em 70 kPa.

A tensão de água no solo de 15 kPa consome 37% a mais de água do que a tensão de 70 kPa, porém, produz 88,06% a mais.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. L. T.; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; COUTO, L. Características físico-hídricas e dinâmica de água no solo. In: ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 403-419.
- ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; FILHO, R. R. G.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, H. O.; FEITOSA, E. O. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 3, p. 207-216, 2012.
- BANZATO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2009.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. 625 p.
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M.; REZENDE, F. C.; FREITAS, E. A.; GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 730-735, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Legislação aplicada à agricultura: Classificação de produtos vegetais**. Disponível em: <[http://agridata.mg.gov.br/legislacao/classificacao\\_cer.../laclassprodvegetalpimentao.nt](http://agridata.mg.gov.br/legislacao/classificacao_cer.../laclassprodvegetalpimentao.nt)>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- CAMPOS, V. B.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PRAZERES, S. S. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 2, p. 72-79, 2008.
- CANTUÁRIO, F. S. **Produção de pimentão submetido a estresse hídrico e silicato de potássio em cultivo protegido**. 2012. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A.; OLIVEIRA, E. C. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 569-574, 2011.
- CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, E. C.; AQUINO, R. F. Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 23, n. 3, p. 236-245, 2016.
- CARVALHO, K. S.; KOETZ, M.; POLIZEL, A. C.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, C. R. M. Cultivo de pimentão vermelho submetido à tensões de água no solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 659-667, 2013.



COELHO, S. L.; TEIXEIRA, A. S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, 2004.

DEMATTE, J. L. I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos: região amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215 p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p.

DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 191-192, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro. EMBRAPA-SPI. 2009, 412 p.

FERREIRA, E. P.; OLIVEIRA, E. M.; ROSADO, T. L.; SPERANDIO, G. L. S. **Projeto de recuperação de área degradada – PRAD**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Santa Teresa, 2016.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 2008. 421 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas**. 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2003. 333 p.

FILGUEIRAS, R.; OLIVEIRA, V. M. R.; CUNHA, F. F.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, E. J. Modelos de curva de retenção de água no solo. *Irriga*, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 115-120, 2016.

FLORES, D. S. **Manejo da irrigação sobre as características morfológicas e produtividade do pimentão em ambiente protegido**. 2014. 70 p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Irrigada) – Universidade do Estado da Bahia, BA, 2014.

FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 486 p.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. 2. ed. London: Academic Press, 1993. 684 p.

FRIZONNE, J. A.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R. Produtividade do pimentão amarelo, *Capsicum annuum* L., cultivado em ambiente protegido, em função do potencial mátrico de água no solo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p.1111-1116, 2008.

HOTT, M. O. **Desenvolvimento do tomateiro cultivado sob diferentes tensões de água no solo**. 2014. 57 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, ES, 2014.

INCAPER. **Síntese da produção agropecuária do Espírito Santo 2015/2016**. Vitória, ES: Incaper, 2016. 116 p.

KOPPEN, W. Climatologia: con um estudio de los climas de la tierra. **Mexico: Fondo de cultura economica**, 1948. 478 p.

LIMA, E. M.; CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; THEBALDI, M. S.; GATTO, R. F. Rendimento da pimenta Cayenne em função de diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1181-1187, 2013.

LÚCIO, A. D.; MELLO, R. M.; STORCK, L.; CARPES, R. H.; BOLIGON, A. A.; ZANARDO, B. Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 766-770, 2004.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.

MARQUES, M. A. D. **Lâminas e frequência de irrigação para a cultura do tomateiro tipo Grape, em Casa Nova, BA**. 2013. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, campus Juazeiro-BA, 2013.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Irrigação na cultura do pimentão**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 20 p. (Circular Técnica, 101).

MORILLO-VELARDE R. Water management in sugar beet. *Sugar Tech*. p. 299-304, 2010.

NÓBREGA, N. E. F.; SILVA, J. G. F.; POSSE, S. C. P.; RAMOS, H. E. A. **Classificação Climática e Balanço Hídrico Climatológico para a Região Produtora de Uva do Município de Santa Teresa – ES**. In: XX Congresso Brasileiro de Fruticultura – Vitória/ES, 2008.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDOW, W. E.; ARAUJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SAE, 1991. p. 189-254.

OLIVEIRA, E. C. **Manejo de irrigação da cultura do pepino japonês (*Cucumis sativus* L.) em ambiente protegido**. 2009. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PADRÓN, R. A.; NOGUEIRA, H. M. C. M.; CERQUERA, R. R.; ALBINO, G. D.; Nogueira, C. U. Caracterização físico-hídrica do solo argissolo amarelo para estabelecimento de projeto e manejo da irrigação. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 1, p. 36-47, 2015.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: Edur, 2004. 191 p.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. S. de. **Manual de recomendação de calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5º aproximação**. Vitória, ES, 2007. 305p.

- QUEIROZ, T. M. **Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central**. 2007. 147 p. Tese (Doutorado em irrigação e drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Piracicaba, 2007.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, 1987. 188 p.
- RICHARDS, L. A. **Methods of measuring soil moisture tension**. Soil Science, Madison, v. 68, p. 85-112, 1949.
- RINALDI, M. M.; SANDRI, D.; RIBEIRO, M. O.; AMARAL, A. G. Características físico-químicas e nutricionais de pimentão produzido em campo e hidroponia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 558-563, 2008.
- ROSELINO, A. C.; SANTOS, S. A. B.; BEGO, L. R. Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 154-158, 2010.
- SAAD, A. M. **Uso de tensiômetro de faixas em pivô central**. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unespe.br>> Acesso em: 12/11/2016.
- SALOMÃO, L. C.; CANTUÁRIO, F. S.; PEREIRA, A. I. A.; SCHWERZ, T.; DOURADO, W. S. Influência do turno de rega na eficiência do uso da água de irrigação e na produtividade de plantas de alface cultivadas em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2029-2039, 2014.
- SÁ, N. S. A. **Cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo**. 2003. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- SANTANA, M. J.; CARVALHO, J.A.; FAQUIM, V.; QUEIROZ, T.M. Produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.) irrigado sob diferentes tensões de água no solo e doses de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p.1385-1391, 2004.
- SAURE, M. C. Review. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum*) a calcium- or a stress-related disorder? **Scientia Horticulture**, v. 3, n. 90, p. 193-208, 2001.
- SEZEN, M.S.; YAZAR, A.; EKER, S. Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, n. 1-2, p.115-131, 2006.
- SILVA, A. O.; de FRANÇA, Ê. F.; BASSOI, L. H., KLAR, A. E. Desenvolvimento de cultivares de beterraba sob diferentes tensões da água no solo. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 01, p. 12-18, 2015.
- SILVA, J. S.; CAMPECHE, L. F. S. M.; BARBOSA, D. F.; LIRA, R. M.; BARNABÉ, J. M. C.; SOUZA, D. H. S. Monitoramento de umidade do solo em videira utilizando tensiometria. **Revista Geama**, Recife, v. 2, n. 1, setembro, 2015.

SOUZA, A. P.; PEREIRA, J. B. A.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 15-22, 2011.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: E. Artmed S.A., 2004. 719 p.

TEODORO, R.E.F.; OLIVEIRA, A.S.; MINAMI, K. Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa de vegetação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 327-343, 1993.

UNLUKARA, A.; KURUNÇ, A.; CEMEK, B. Green long pepper growth under different saline and water regime conditions and usability of water consumption in plant salt tolerance. **Journal of agricultural sciences**, v. 21, n. 2, p. 167-176, 2015.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: CERES/POTAFOS, 1991. 343 p.

## APÊNDICES

**Apêndice A.** Análise de variância referente as variáveis altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC) e massa seca da parte aérea (MSPA), avaliadas aos 29 e 55 DAT, em cinco tensões de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa), na etapa 1 do experimento (Fase vegetativa).

| Fonte de Variação   | GL | Quadrados Médios     |           |                        |
|---------------------|----|----------------------|-----------|------------------------|
|                     |    | AP                   | DC        | MSPA                   |
| Tensão (T)          | 4  | 53,4700*             | 8,0528*   | 166,8654*              |
| Erro A              | 20 | 11,1000              | 1,5229    | 46,4076                |
| Tempo (DAT)         | 1  | 17.057,04*           | 444,0200* | 41.789,98*             |
| Interação (T x DAT) | 4  | 8,0200 <sup>ns</sup> | 2,4410*   | 104,8129 <sup>ns</sup> |
| Erro B              | 20 | 5,5000               | 0,7303    | 45,5925                |
| <b>CV %</b>         |    | 5,1464               | 8,9993    | 19,816                 |

\*: Significativo em 5% de probabilidade;

<sup>ns</sup>: Não significativo em 5% de probabilidade.

**Apêndice B.** Análise de variância referente as variáveis número total de frutos (NF), número de frutos comerciais (NFC), produção de frutos (PF) e produção de frutos comerciais (PFC), em cinco tensões de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa).

| Fonte de Variação | GL | Quadrados Médios |           |           |           |
|-------------------|----|------------------|-----------|-----------|-----------|
|                   |    | NF               | NFC       | PF        | PFC       |
| Tensão (T)        | 4  | 213,8400*        | 346,3400* | 0,123359* | 0,108117* |
| Resíduo           | 20 | 13,78            | 10,5400   | 271.356,6 | 258,828   |
| <b>CV %</b>       |    | 14,299           | 16,700    | 24,003    | 28,818    |

\*: Significativo em 5% de probabilidade.

<sup>ns</sup>: Não significativo em 5% de probabilidade.

**Apêndice C.** Análise de variância referente a variável produção por período (PP), avaliada em 12 períodos de colheita, em cinco tensões de água no solo (15, 30, 45, 55 e 70 kPa).

| Fonte de Variação         | Quadrado Médio |               |
|---------------------------|----------------|---------------|
|                           | GL             | NFP           |
| Tensão (T)                | 4              | 1028479*      |
| Erro A                    | 20             | 22563,06      |
| Períodos de colheita (PC) | 11             | 102196,0*     |
| Interação (T x PC)        | 44             | 16085,57*     |
| Erro B                    | 220            | 7408,63       |
| <b>CV %</b>               |                | <b>47,654</b> |

\*: Significativo em 5% de probabilidade.

ns: Não significativo em 5% de probabilidade.