



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIAS E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA AGRÍCOLA**



---

**CAETANO CLAUDIO PEREIRA JÚNIOR**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA PIMENTA BIQUINHO SOB LÂMINAS DE  
IRRIGAÇÃO E DOSES DE BIOFERTILIZANTE**

**CAMPINA GRANDE-PB  
2018**

**CAETANO CLAUDIO PEREIRA JÚNIOR**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA PIMENTA BIQUINHO SOB LÂMINAS DE  
IRRIGAÇÃO E DOSES DE BIOFERTILIZANTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Campina Grande como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

**Área de concentração: Irrigação e Drenagem**

**Orientadores:** Prof. PhD Hugo Orlando Carvalho Guerra  
Prof. Dr. Jorge Alves de Sousa

**CAMPINA GRANDE – PB  
2018**

P436c

Pereira Júnior, Caetano Claudio.

Crescimento e produção da pimenta biquinho sob lâminas de irrigação e doses de biofertilizante / Caetano Claudio Pereira Júnior. – Campina Grande, 2018.

63 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra, Prof. Dr. Jorge Alves de Sousa".

Referências.

1. Adubação Orgânica. 2. Manejo de Irrigação. 3. Pimenta de Biquinho – Adubação Orgânica. 4. Irrigação e Drenagem. I. Guerra, Hugo Orlando Carvalho. II. Sousa, Jorge Alves de. III. Título.

CDU 631.86(043)



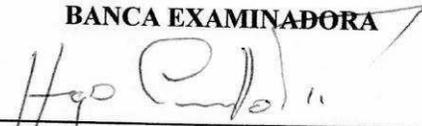
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

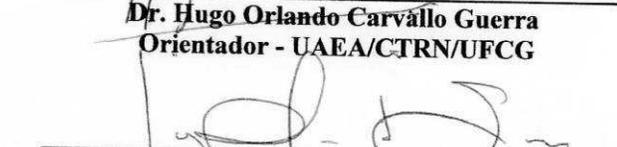
**CAETANO CLAUDIO PEREIRA JÚNIOR**

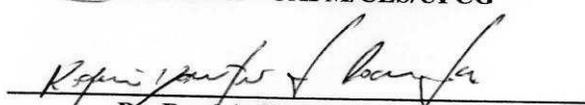
**“CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA PIMENTA BIQUINHO SOB LÂMINAS DE  
IRRIGAÇÃO E DOSES DE BIOFERTILIZANTE”**

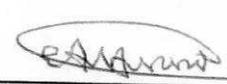
**APROVADO(A): 31 de agosto de 2018**

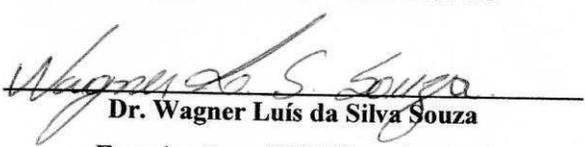
**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Hugo Orlando Carvallo Guerra**  
**Orientador - UAEA/CTRN/UFCG**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Jorge Alves de Souza**  
**Examinador - UAFM/CES/UFCG**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Rogério Dantas de Lacerda**  
**Examinador - IFES/Apodi-RN**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Carlos Alberto de Azevedo Guerra**  
**Examinador - UAEA/CTRN/UFCG**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Wagner Luis da Silva Souza**  
**Examinador - IFPE/Barreiros-PE**

## DEDICATÓRIA

À minha esposa, Bárbara Conceição Coelho Bezerra Pereira, aos meus filhos, Heitor Pereira e Caetano Neto, aos meus pais: Caetano Claudio Pereira e Maria do Socorro Campos Pereira (in memoriam), aos meus Sogros: Valdeci Bezerra e Odineide Bezerra, **ofereço**.

À minha irmã: Juliana Campos, aos meus cunhados e cunhadas, sobrinhos e sobrinhas, **dedico**.

## **EPIGRAFE**

**“A persistência é o menor caminho para o êxito”. (Charles Chaplin)**

## AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, que me presenteou com a existência de todas as pessoas que me apoiaram nas conquistas já obtidas na minha vida.

Aos meus orientadores e co-orientador, Professor Prof. PhD Hugo Orlando Carvalho Guerra e o Professor Prof. Dr. Jorge Alves de Sousa, pela confiança depositada em minha pessoa, paciência, orientação, incentivo, apoio, disponibilidade e amizade durante a realização deste trabalho. Sua orientação, exigência e parceria foram essenciais para o meu crescimento científico no decorrer da pesquisa.

Ao meu pai Caetano Claudio Pereira pelo exemplo de um grande homem que trabalhou com amor pela profissão e me ensinou os verdadeiros valores da vida, sendo o maior incentivador para a minha formação como engenheiro agrônomo, a minha mãe Maria do Socorro Campos Pereira, pela dedicação, incentivo e bons exemplos (*in memoriam*), assim como minha avó materna Abiacir Campos e minhas tias Celene e Rosa Campos fundamentais na minha criação; a minha irmã Juliana Campos Pereira.

Aos meus filhos, Heitor Pereira e Caetano Neto, a minha esposa, Bárbara Pereira, que com muito carinho, compreensão e amor me ajudaram durante todo o processo de desenvolvimento do experimento.

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial, a todos que fazem o Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade da realização do meu Doutorado.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, *campus* Barreiros – PE, pelo apoio disponibilizado.

A todos que fazem a Direção Geral do Campus Barreiros, Departamentos e Coordenações, Prof. Adalberto de Souza Arruda (DG), Ubirajara Pereira (DAP), Iverton Galdino (Chefe de Gabinete), Kennedy Pryston (Assessor), a Profa : Cristiane Conde (DDE em exercício), Prof. Renaldo Fernandes (CGE), Bruno Eloy (CGAE) e aos coordenadores de curso Amanda Reges, Bianca Neves, Bruno Tenório, Erval Gregório, Gilson Bezerra, Kleyber, Raul Jacobsen, Rinaldo Malaquias, Rodrigo Lucena, Ronaldo Melo, Pedro Pessoa, Wagner Luis e Kamila.

Ao Prof. Alexandre e aos estudantes: Lucídio (*in memoriam*), Felisberto, Matheus, Luciano, Manuela, Valdineide e Ricardo, pelo apoio à instalação e realização do experimento, coleta de dados e análises.

À (CGP), a Agrônoma Patrícia Ribeiro pela presteza, em proporcionar as condições necessárias para realização do experimento e aos técnicos: Rafael, Rômulo, Milton Primo, Carlos Alberto e todos terceirizados que incansavelmente contribuíram para a realização desta pesquisa, minha eterna gratidão. De forma especial, a Zuleide, José Roberto, Manilson.

Aos amigos do curso de pós-graduação, Whelson Cordão, Marcos Mendonça, Manoel Tolentino, Rigoberto Matos, Arsênio Pessoa, Marcelo Possas e Sonivagno, a minha gratidão pela amizade, companheirismo durante todas as lutas e conquistas.

A Jordânio Inácio, Patrício Gomes, Aryadne Meira, Francisco de Assis, Glauco Caldas, meu carinho e respeito por ter compartilhado juntos todos os momentos de alegria, de angústia desta caminhada, dando apoio, força, motivação, sendo os grandes incentivadores para a realização desta conquista.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, minha gratidão.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da área de estudo, Barreiros-PE.....	20
<b>Figura 2.</b> Imagem de satélite da localização da área de estudo, IFPE Campus Barreiros.....	20
<b>Figura 3.</b> Temperatura do ar (TA, °C) e Umidade relativa do ar (UR, (%)) registradas durante o período de experimentação no ambiente protegido no município de Barreiros-PE. ....	22
<b>Figura 4.</b> Vista frontal do ambiente protegido. ....	23
<b>Figura 5.</b> Pimenta Biquinho ( <i>Capsicum chinense</i> ).....	23
<b>Figura 6.</b> Layout do sistema hidráulica do experimento, Barreiros-PE. ....	24
<b>Figura 7.</b> Croqui da área experimental com distribuição das parcelas com suas respectivas lâminas irrigação e doses de biofertilizante. ....	25
<b>Figura 8.</b> Bandeja de plástico e células. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 9.</b> Transplântio das mudas aos 45 DAS para os vasos de 14 litros. ....	27
<b>Figura 10.</b> Gotejadores autocompensantes. ....	28
<b>Figura 11.</b> Conjunto Motobomba de 1,0 cv, modelo P11/3, marca Schneider.....	28
<b>Figura 12.</b> Cabeçal de controle com filtro de disco de 1”, manômetro de glicerina e válvula de retenção. ....	29
<b>Figura 13.</b> Componentes do acionador.....	32
<b>Figura 14.</b> Esquema do acionador automático para irrigação. ....	32
<b>Figura 15.</b> Cápsula de cerâmica e pressostato na parcela controle.....	33
<b>Figura 16.</b> Conjunto com válvula solenóide, manômetro, registro de gaveta e hidrômetro, montado na entrada de cada bloco. ....	34
<b>Figura 17.</b> Tensiômetros de punção instalados nos vasos e tensímetro digital para fazer as leituras das tensões.....	34
<b>Figura 18.</b> Determinação da Massa Fresca Total (MFT). ....	37
<b>Figura 19.</b> Potenciais matriciais observados durante o transcurso do experimento para os tratamentos de água L1, L2, L3, L4 e controle (Cont).....	40
<b>Figura 20.</b> Massa média por fruto – MF, em função da aplicação das diferentes lâminas de irrigação. ....	46
<b>Figura 21.</b> (A) Número de frutos por planta – NF; (B) Massa fresca total de frutos por planta - MFT; (C) Massa seca total de frutos por planta – MFS, em função da aplicação das diferentes doses de biofertilizante.....	47

**Figura 22.** Eficiência do uso da água (EUA), em função da aplicação das diferentes doses de biofertilizante. .... 51

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Valores mensais médios, máximos e mínimos de temperatura (°C) e, precipitação e evapotranspiração de referência média (mm) no Município de Barreiros – PE. ....	21
<b>Tabela 2.</b> Análise química da mistura do solo, húmus de minhoca e pó de coco.....	26
<b>Tabela 3.</b> Tratamentos de lâminas de irrigação e arranjos de gotejadores. ....	30
<b>Tabela 4.</b> Análise química da água de irrigação. ....	31
<b>Tabela 5.</b> Resultado da análise química do Biofertilizante Líquido durante o experimento.....	35
<b>Tabela 6.</b> Quantidades de nutrientes fornecidos em cada dose de biofertilizante e do tratamento adicional (adubação mineral), aplicados em adubação de cobertura durante o ciclo de produção da pimenta biquinho.....	36
<b>Tabela 7.</b> Esquema de análise de variância para o experimento em destaque.....	39
<b>Tabela 8.</b> Esquema de análise de regressão na ANAVA para desdobramento dos graus de liberdade.....	39
<b>Tabela 9.</b> Resumo da análise de variância para o diâmetro do caule e altura da planta de pimenta biquinho, submetida a quatro lâminas de irrigação, cinco doses de biofertilizante, mais um tratamento adicional com adubação mineral, no município de Barreiros-PE.....	42
<b>Tabela 10.</b> Resumo da análise de variância para o número de frutos por planta, massa média por fruto, massa fresca e seca total de frutos por planta da pimenta biquinho submetida a quatro lâminas de irrigação, cinco doses de biofertilizante e mais um tratamento adicional. ....	44
<b>Tabela 11.</b> Resumo da análise de variância para eficiência do uso da água da pimenta biquinho submetida a quatro lâminas de irrigação, cinco doses de biofertilizantes. ....	49

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	5
1.1. OBJETIVOS .....	7
1.1.1. Objetivo geral .....	7
1.1.2. Objetivos específicos .....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	8
2.1. Aspectos gerais da cultura da pimenta.....	8
2.2. Cultivar BRS Moema ( <i>Capsicum chinense</i> ).....	9
2.3. Irrigação da cultura da pimenta.....	10
2.3.1. Acionador automático de Irrigação .....	12
2.4. Adubação da cultura da pimenta.....	13
2.5. Adubação Orgânica.....	15
2.6. Eficiência do uso da água .....	18
3. METODOLOGIA.....	20
3.1. Local do experimento .....	20
3.2. Cultura utilizada.....	23
3.3. Tratamentos .....	23
3.4. Semeadura e Transplântio.....	26
3.5. Tratos culturais .....	27
3.6. Irrigação .....	27
3.7. Monitoramento do potencial matricial do solo .....	34
3.8. Adubação .....	34
3.8.1. Preparo do biofertilizante .....	34
3.9. Adubação com o biofertilizante.....	35
3.9.1. Adubação mineral.....	36
3.10. Adubação foliar .....	36
3.11. Variáveis biológicas analisadas.....	36
3.12. Eficiência do uso da água.....	37
3.13. Análises Estatísticas .....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
4.1. Potenciais matriciais do substrato.....	40
4.2. Variáveis Avaliadas .....	41
4.2.1. Variáveis de crescimento.....	41
4.2.2. Variáveis de Produção.....	44
4.3. Eficiência do uso da água .....	49
5. CONCLUSÕES .....	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53

## CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA PIMENTA BIQUINHO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE BIOFERTILIZANTE

### RESUMO

A cultura da pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) é de grande importância, tanto pelas características de rentabilidade econômica, quanto pela sua relevância social. Assim, visando avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação e doses de biofertilizantes no substrato cultivado com pimenta, foi conduzido um experimento em ambiente protegido na área experimental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco do *Campus* Barreiros (IFPE-Campus Barreiros), utilizando a cultura de pimenta biquinho em um delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial (4 x 5) + 4, com quatro lâminas de irrigação (125, 100, 75 e 50% da lâmina controle aplicada por um acionador automático), cinco doses de biofertilizante (0, 5, 10, 15 e 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), mais quatro tratamentos adicionais com adubação mineral convencional, em substituição ao biofertilizante. As doses de biofertilizante afetaram significativamente as variáveis de produção da pimenta, onde a dose de 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> foi a que produziu os melhores resultados. A eficiência do uso da água também foi afetada significativamente pelas doses de biofertilizante, não sendo pelas lâminas de irrigação e nem pela interação. O tratamento adicional mostrou que, com a utilização do biofertilizante, a produção da pimenta e a eficiência do uso da água foram menores que quando se utilizou adubação mineral, mostrando assim esta última ser mais adequada.

**Palavras-chave:** *Capsicum chinense*, manejo de irrigação, adubação orgânica.

## PEPPER GROWTH AND PRODUCTION UNDER DIFFERENT IRRIGATION REGIMES AND BIOFERTILIZER DOSES

### ABSTRACT

The pepper crop has a great importance because its profitability characteristics and social relevance. Aiming to evaluate the effect of the soil water content and fertility on the growth and production of the biquinho pepper, in vases filled with substrate, an experiment was conducted in a greenhouse at the experimental area of the Federal Institute for Education, Science and Technology of Pernambuco, *Campus Barreiros* (IFPE-Campus Barreiros) on a factorial experimental design  $(4 \times 5) + 4$ , with four irrigation regimes ((125, 100, 75 e 50% of the water applied by an automatic irrigation trigger), four biofertilizer doses (0, 5, 10, 15 e 20  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) and one additional treatment with mineral fertilization. The growth of pepper was not affected by the irrigation heads and biofertilizer doses; also there was not difference among the factorial and additional treatment. With the exception of the mean fruit weight, there was no significant difference of the irrigation regimes on the production variables. The biofertilizer doses affected, significantly, in a quadratic way, the biquinho production, being the dose of 10  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  responsible for the best results. The water use efficiency was significantly affected by the irrigation regimes and not by the biofertilizer doses and neither by the interaction. The additional treatment showed that with the utilization of biofertilizer, the pepper production and the water use efficiency were lower than when used mineral fertilization, indicating this last fertilizer more adequate.

**Keywords:** *Capsicum chinense*, irrigation management, organic fertilization.

## 1. INTRODUÇÃO

As pimentas do gênero *Capsicum* são amplamente cultivadas no mundo, sendo consumidas in natura e utilizadas como matéria-prima em diversos tipos de indústrias, na alimentícia, farmacêutica, cosmética e ainda na ornamentação. Com relação ao seu cultivo, no Brasil, a produção de pimenta é uma atividade olerícola muito importante, sendo bastante rentável, inclusive para pequenos agricultores e pequenas indústrias de conservas (YAMAMOTO & NAWATA, 2005; MOREIRA et al., 2006 e BENTO et al., 2007). Além dessas, existem outras formas de comercialização e consumo, como a páprica, a pasta, desidratada, conservas ornamentais, etc.

A cultura da pimenta é de grande importância, tanto pelas características de rentabilidade, quanto pela sua importância social (RUFINO & PENTEADO, 2006). A crescente expansão da área cultivada em vários estados, principalmente em iniciativas de agricultura familiar, deve-se a sua crescente procura pelo mercado interno e externo (FILGUEIRA, 2000), demanda que também tem impulsionado o estabelecimento de agroindústrias.

Contudo, algumas dificuldades são enfrentadas pelos produtores e agroindústrias processadoras de pimenta no Brasil, entre elas, a ausência de técnicas alternativas de manejo, limitação de cultivares, resistência a alguns patógenos, processamento e padronização do produto (REIFSCHNEIDER & RIBEIRO, 2008). No Brasil, as pimentas são produzidas praticamente em todos os estados da federação, principalmente em Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Rio Grande do Sul, podendo atingir produtividades médias entre 10 e 30 t ha<sup>-1</sup> dependendo de sua cultivar.

A expansão da área cultivada em vários estados, é principalmente a partir de iniciativas da agricultura familiar, deve-se a sua crescente procura pelo mercado interno e externo, demanda que também tem impulsionado o estabelecimento de agroindústrias. A pimenta é uma planta muito sensível à disponibilidade de água e à nutrição mineral do solo, fatores essenciais para elevar a produtividade e melhorar a qualidade da produção. Por isso, se faz necessárias pesquisas para conhecer o efeito destes fatores sobre o comportamento da cultura e aumentar a possibilidade de suprir a demanda por produtos padronizados, atender as expectativas dos consumidores e proporcionar lucros ao agricultor, buscando alternativas economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis.

A pimenta biquinho é uma das variedades de pimentas mais utilizadas pelos pequenos produtores que buscam elevada produtividade, valor gastronômico, aceitação pelo mercado

consumidor, bom retorno financeiro (DEDINI, 2012, CAIXETA et al., 2014, ALVES et al., 2016) e pouco investimento (RUFINO & PENTEADO, 2006). No entanto, Lopes & Stripari (1998), indicam que a pimenta biquinho é uma planta muito sensível às condições climáticas e, assim, é necessário o desenvolvimento de técnicas de manejo que atendam às peculiaridades da espécie.

Com relação ao manejo hídrico da cultura, existem vários tipos de equipamentos para realizar o manejo da irrigação, tais como: tensiômetros, TDR, sondas de nêutrons, geralmente um alto investimento e são de difícil manejo pelos pequenos agricultores. Existem também sistemas automáticos de irrigação, que estabelecem o tempo e as necessidades de irrigação, que não são sensitivos aos requerimentos de água das culturas. Medici et al. 2010 apresentaram um controlador automático da irrigação, simples e de baixo custo que pode ser facilmente utilizado e que não tem sido adotado em grande escala pelos agricultores ou cientistas, uma vez que não existe muita informação ao seu respeito.

Aliado à importância do conhecimento sobre as necessidades hídricas da cultura, pode-se relacionar dentre outros fatores de produção, a nutrição mineral, essencial para elevar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos colhidos, além de exercer importantes funções no crescimento e metabolismo vegetal (MARCUSSE et al., 2004).

Para isso, se faz necessárias pesquisas para melhorar o desempenho produtivo da pimenta por meio da adubação, irrigação e fertirrigação (KÄMPF, 2000; BARBOSA et al., 2011), e aumentar a possibilidade da cultura suprir a demanda por produtos padronizados, atender às expectativas dos consumidores (PINTO et al., 2010); bem como proporcionar lucros ao agricultor (FAQUIN & ANDRADE, 2004), sempre buscando alternativas que se apresentem de forma economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis, como é o caso da utilização de biofertilizantes como fontes de nutrientes e condicionadores de solo.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação e doses de biofertilizante líquido na pimenta em ambiente protegido, de modo a contribuir com o desenvolvimento sustentável da cultura.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo geral**

Avaliar o desempenho agronômico da pimenta Biquinho (*Capsicum chinense*) em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de biofertilizante, em ambiente protegido no município de Barreiros - PE.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Avaliar o crescimento e produção da pimenta Biquinho em condições de ambiente protegido sob a aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses de biofertilizante;
- Avaliar a eficiência de uso da água da pimenta Biquinho em condições de ambiente protegido sob a aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses de biofertilizante;
- Avaliar a interação entre as diferentes lâminas e doses de biofertilizante aplicadas, no crescimento e produção de pimenta Biquinho, em condições de cultivo protegido no Município de Barreiros.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos gerais da cultura da pimenta

As pimentas e os pimentões pertencem à família *Solanaceae* e ao gênero *Capsicum*, este último possuindo entre 20 a 25 espécies, normalmente classificados de acordo com o nível de domesticação. O gênero *Capsicum*, incontestavelmente exclusivo das Américas, se expandiu com grande velocidade para outras partes do mundo a partir do século XVI, quando o relacionamento entre as populações europeias e os povos indígenas foi intensificado. Vale ressaltar, que o plantio de pimenta por tribos indígenas continua até hoje, como entre os Mundurucus, na Bacia do Rio Tapajós (RUFINO & PENTEADO, 2006).

No gênero *Capsicum*, a espécie mais cultivada é a *Capsicum annuum*, que inclui os pimentões, pimentas doces e algumas pimentas ornamentais. A espécie *C. baccatum*, representada pelas pimentas “Dedo de moça” e “Chapéu de Frade”, são os tipos mais comuns e cultivados desta espécie no Brasil. A *Capsicum chinense*, a mais brasileira das espécies domesticadas, tem como tipos mais conhecidos, “Pimenta de Cheiro”, “Pimenta de Bode” e “Biquinho”. A *Capsicum frutescens* inclui a famosa pimenta “Malagueta”, extremamente picante e a *Capsicum praetermissum* as pimentas “Passarinho” e “Cumari”. A *Capsicum pubescens* não é cultivada no Brasil, sendo, assim, pouco conhecida. (CARVALHO et al., 2003).

A maior concentração de cultivos de pimentas em todo o mundo está no continente Asiático, com aproximadamente 89% da produção na Índia, Coréia, Tailândia, China, Vietnã, Sirilanka e Indonésia. Em seguida, encontram-se os Estados Unidos e México, com aproximadamente 7% do plantio em todo o mundo, dos quais 50% são consumidas “in natura” e 50% processadas. No Brasil, a produção de pimenta ocorre em todo o território, mas as principais regiões produtoras são o Sudeste e o Centro-Oeste, sendo os maiores estados produtores: Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul (RUFINO & PENTEADO, 2006).

O Brasil destaca-se por possuir ampla diversidade de pimentas, Há tipos varietais dessa espécie com frutos extremamente picantes, como a pimenta mexicana Habanero e a Cumari-do-Pará, e outros com frutos doces como a pimenta Biquinho (*Capsicum chinense*), comum na região do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, sendo mais consumida na forma de conservas. A pimenta Biquinho, endêmica, possui seu centro de origem na bacia amazônica (Garcia, 1991) e está entre as mais utilizadas pela agricultura familiar por sua elevada produtividade e valor gastronômico, permitindo ao agricultor obter a sua comercialização na forma processada. Essa

pimenta rapidamente ganhou expressão nacional por apresentar frutos doces, extremamente saborosos e aromáticos. Possui frutos de formato triangular com a ponta bem pontiaguda, formando um biquinho, com 2,5 a 2,8 cm de comprimento e 1,5 cm de largura, de coloração vermelha quando maduros aromáticos e sem ardor, embora exista cultivares picantes dessa pimenta.

Em geral, a cultura é considerada como de clima tropical, sensível a baixas temperaturas e intolerante a geadas, por isso, é recomendável que se cultive nos meses mais quentes do ano em algumas regiões. As temperaturas médias mensais ideais estão entre 21 e 30°C, enquanto a média das mínimas é de 18°C e a das máximas é 35°C (PINTO et al., 2006). Os solos ideais para cultivo da pimenteira devem ser profundos, leves e de fácil drenagem, dando prioridade aos solos mais férteis, com boa disponibilidade de nutrientes e com pH variando de 5,5 a 6,8. De forma geral os Latossolos brasileiros são propícios para o cultivo da pimenteira (ALCÂNTARA & RIBEIRO, 2008). As plantas possuem sistema radicular pivotante, com elevado número de ramificações laterais, podendo chegar a 120 cm de profundidade (CARVALHO & BIANCHETTI, 2008).

Os hábitos alimentares de cada região, no Brasil, influenciam o mercado de pimentas, mudando apenas a preferência para maior ou menor teor de pungência, assim como a preferência por pimenta de cheiro ou doce (RUFINO & PENTEADO, 2006).

As pimentas são cultivadas por pequenos, médios e grandes produtores individuais ou integrados a agroindústrias. O agronegócio, do ponto de vista social, tem grande importância pelo elevado número de mão de obra que requer, principalmente durante a colheita (MOREIRA et al., 2006).

## **2.2. Cultivar BRS Moema (*Capsicum chinense*)**

Esta cultivar apresenta alta produtividade, uniformidade de plantas e frutos sem pungência. As plantas de BRS Moema têm hábito de crescimento intermediário, com cerca de 60 cm de altura e um 100 cm de diâmetro. Os frutos, medindo aproximadamente 1,5 cm de largura por 2,6 cm de comprimento e 3 mm de espessura de parede, apresentam coloração verde quando imaturos, alaranjada na fase de maturação e vermelha quando maduros, devido à presença do carotenoide capsantina (23 µg/g); o formato triangular pontiagudo dos frutos, como um “biquinho”, dá origem ao nome comum deste grupo. Nas condições de cultivo do Brasil Central, onde existem pesquisas com a cultivar, a colheita dos frutos maduros é feita cerca de 90 dias após o transplântio das mudas para o campo (RIBEIRO et al., 2008).

A cultivar BRS Moema apresenta vantagens em relação a outras cultivares de pimenta, a resistência ao nematoide-das-galhas (*Meloidogyne javanica*) e a uma espécie de vírus, o *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), considerado um dos principais patógenos que afetam a cultura no país. A cultivar BRS Moema se destaca também pelo alto grau de uniformidade das plantas e dos frutos, número elevado de frutos por planta e, principalmente, em relação à ausência de pungência nos frutos (RIBEIRO et al., 2008).

Nas condições da região Centro-Oeste do Brasil, a cultivar BRS Moema chegou a produzir uma média de 20 t/ha de frutos maduros, em seis meses de colheita, utilizando o espaçamento de 1,20 m entre linhas e 0,80 m entre plantas, com uma população de aproximadamente 10.000 plantas/ha. A pimenta BRS Moema é exigente em calor e sensível a baixas temperaturas. Por isso, deve ser cultivada preferencialmente nos meses de alta temperatura (RIBEIRO et al., 2010).

Na região nordeste, Almeida et al. (2017), trabalharam com pimenta biquinho em ambiente protegido, no município de Cruz das Almas - BA, cultivando em vasos de 21L espaçados a 1,0 m entre linhas e 0,60 m entre plantas, obtiveram uma produtividade média 755,15 g por planta no período total de 100 dias de cultivo.

### **2.3. Irrigação na cultura da pimenta**

A pimenta é uma das culturas hortícolas mais susceptíveis ao estresse hídrico DOORENBOS & KASSAM, (2000), precisando de 600 a 1250 mm de água para um ciclo de 120 a 150 dias. Segundo Marouelli & Silva (2007) o consumo de água da pimenteira normalmente varia de 500 a 800 mm por ciclo, ultrapassando até 1000 mm em cultivares de ciclo longo. Considerando esta sensibilidade ao stress hídrico, a irrigação é essencial para o bom desenvolvimento da cultura, o efeito positivo da irrigação tem sido observado em vários trabalhos sobre o efeito do estresse hídrico na redução severa da produção, a deficiência de água especialmente durante os estádios de floração e formação dos frutos, reduz a produtividade em decorrência da queda de flores e abortamento de frutos (SEVEM et al., 2006; GONZALEZ DUGO et al., 2007).

Em regiões com precipitação mal distribuída ou deficitária, o uso da irrigação é decisivo para a obtenção de altos rendimentos em cultivos comerciais de pimenta. De acordo com Carvalho (2008), alguns problemas são frequentemente observados no cultivo de pimentas, relacionados ao manejo inadequado da irrigação e à utilização de sistemas de irrigação não apropriados, são: baixa eficiência no uso de água, de energia e de nutrientes, maior incidência de

doenças fúngicas e bacterianas, baixa produtividade e redução na qualidade de pimentas (pungência, coloração, etc.).

Pesquisas científicas têm abordado a influência da limitação da irrigação no rendimento das culturas, sendo o número e peso de frutos, diâmetro e comprimento de frutos e a produção, as características mais frequentemente determinadas. González-Dugo, Orgaz & Fereres (2007), em estudo realizado em Córdoba, na Espanha, concluíram que os déficits de irrigação em *Capsicum annum L.* comprimiram a área foliar e a produção da biomassa, além de prejuízos ao rendimento comercial, devendo as pimentas serem irrigadas até a colheita, para a máxima produção de pimenta desidratada “páprica”. Por sua vez, Dorji, Behboudian & Zegbe-Dominguez (2005), na Nova Zelândia, estudaram as relações do déficit hídrico e molhamento parcial de raízes no crescimento, na produção e qualidade de pimentão (*Capsicum annum L.*) confirmando que as técnicas de manejo são viáveis a ponto de economizar cerca de 50% e, conseqüentemente, aumentando a eficiência de uso de água por parte da cultura.

Azevedo et al. (2005) avaliaram o efeito de lâminas de reposição de água na cultura da pimenta Tabasco cv. McIlhenny, utilizando como tratamentos 40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração do tanque classe A (ECA), em condições de campo. As lâminas aplicadas, do transplantio aos 126 dias variaram entre 684 mm e 1080 mm, concluindo que a maior produtividade ocorreu para lâmina de reposição correspondente ao tratamento de 120% da ECA. Segundo, Marouelli & Silva (2008), o melhor rendimento da cultura da pimenta foi obtido para as tensões até -15 kPa, quando irrigado por gotejamento.

Santos & Carlesso (1998) concluíram que o déficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular para as camadas mais profundas e úmidas do perfil do solo; as plantas sob irrigação plena normalmente apresentam menos adaptação à deficiência hídrica, no solo, que plantas submetidas a déficit gradual ou a partir do início do ciclo fenológico; e a limitação de água no período de pré-florescimento afeta o desenvolvimento das estruturas vegetativas das plantas, diminuindo a capacidade de produção de fitomassa.

Marinho (2011) avaliou o efeito da irrigação sobre a produção da pimenteira cv. Tabasco, em casas de vegetação em duas fases distintas de desenvolvimento da cultura, aos 39 e aos 59 dias após transplantio (DAT), aplicando lâminas de irrigação equivalentes a 40, 60, 80 e 100% da evapotranspiração da cultura, lâminas estas determinadas através da utilização de lisímetros, onde

se observou para as duas épocas uma influência significativa do déficit hídrico tanto no peso médio por planta, quanto o número de frutos por planta.

### **2.3.1. Acionador automático de Irrigação**

A automação dos sistemas de irrigação tem como principal objetivo evitar a aplicação excessiva de água, e conseqüentemente minimizar a utilização de mão-de-obra que seria empregada no acionamento dos sistemas de bombeamento, bem como na obtenção das lâminas de irrigação a serem aplicadas. A automação da irrigação vem a representar grandes vantagens, pois tem o potencial de maximizar e desonerar a produção vegetal (QUEIROZ, 2007).

Outros aspectos devem ser considerados, além da estimativa da quantidade de água a ser aplicada pelo sistema de irrigação, devendo ser previamente definido em função da necessidade hídrica da cultura, estes pontos são: a época de irrigação e também ao intervalo entre as irrigações, comumente denominado de turno de rega (CARVALHO & OLIVEIRA, 2012). Assim, o intervalo entre irrigações não deve ser feito de maneira aleatória. Aspectos relacionados à planta, ao solo, às condições climáticas e ao sistema de manejo agrícola, adotados, devem ser considerados na definição do turno de rega, podendo até influenciar na escolha do método de irrigação a ser empregado.

É muito comum o uso dos temporizadores no acionamento dos sistemas de irrigação; apesar de sua eficácia no processo de automação da irrigação, tem a desvantagem de depender de algum sistema indireto de estimativa da lâmina que deverá ser aplicada tais como: tensiômetros TDR, sondas de nêutrons (ALENCAR et al., 2007). Atualmente, existem outros equipamentos que determinam o conteúdo de água ou o potencial da água no solo, sendo alguns utilizados na automação do processo de acionamento de sistemas de irrigação. Contudo, a maioria deles utiliza materiais especificamente desenvolvidos, tornando-os onerosos e pouco disponíveis. Apesar disso, esses dispositivos necessitam de calibração e manutenção frequentes, fazendo com que o uso da técnica não elimine a interação humana no manejo da irrigação (CARDENAS-LAILHACAR, 2006). Atualmente, há a comercialização do equipamento Irrigas que é simples, robusto, de baixo custo e informa ao agricultor o momento de irrigar o solo (CALBO & SILVA, 2001). Esse aparelho, contudo, apresenta custo elevado quando é acionado automaticamente. O protótipo denominado acionador automático simplificado para irrigação (AAI), desenvolvido por

Medici (2008), de baixo custo vem se mostrando eficiente na automação da irrigação, possuindo, desta forma, potencial para uso na agricultura.

Outra diferença entre o Irrigas e o AAI é que, este último, foi desenvolvido para manter automaticamente a tensão da água no solo, aproximadamente entre -1 e -13 kPa, enquanto que o Irrigas vem sendo comercializado em versões que informam ao agricultor para tensões entre -10 e -40 kPa. O AAI não tem sido adotado em grande escala pelos agricultores ou cientistas, devido a pouca existência de informação ao seu respeito (MEDICI et al., 2010).

#### **2.4. Adubação da cultura da pimenta**

O conhecimento sobre a necessidade de nutrientes em cada etapa do crescimento e desenvolvimento da planta é uma informação essencial para aplicação eficiente de fertilizantes, base para uma adubação eficiente tanto do ponto de vista agrônomo, quanto econômico. O conhecimento prévio da demanda é essencial no planejamento do parcelamento das adubações e das quantidades a serem aplicadas (PINTO et al., 2006).

Marcussi et al. (2004) observaram que o período de maior extração de nutrientes em plantas de pimentão, ocorreu entre 120 e 140 dias após o transplantio, coincidindo com o maior acúmulo de fitomassa seca. O maior acúmulo de magnésio (Mg) e de cálcio (Ca) ocorreram nas folhas; nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P) foram mais acumulados nos frutos. Apenas 8 a 13% da quantidade total de macronutrientes acumulados aos 140 dias após o transplantio, foram absorvidos até os 60 dias após o transplantio; 60% do total acumulado de N, P e Ca foram absorvidos no final do ciclo, a exceção do K que foi mais absorvido no início do ciclo. Os macronutrientes mais absorvidos, em gramas por planta, foram: N (6,6) > K (6,4) > Ca (2,6) > Mg (1,3) > S (1,1) > P (0,7).

Normalmente, os fertilizantes são colocados no momento do transplante das mudas e são feitas aplicações complementares ao longo do ciclo da cultura. O parcelamento é justificado pela possibilidade de altas concentrações de nitrogênio e potássio aumentarem, momentaneamente, a concentração salina da solução do solo que pode ser danosa às mudas recém-transplantadas, além disso, o nitrogênio e o potássio são passíveis de serem lixiviados ou arrastados da área por precipitação intensa ou irrigação mal-executada. Os micronutrientes, no entanto, podem ser misturados aos adubos NPK, aplicados na totalidade no sulco de plantio ou na cova, imediatamente antes do transplantio das mudas. Nas aplicações de cobertura, os adubos são distribuídos na projeção da copa das plantas (NUEZ VIÑALS et al., 1996)).

As necessidades de fertilizantes para a cultura da pimenta podem ser calculadas com base nas características químicas do solo, do tipo de irrigação utilizado e da produtividade esperada. Com relação a esta última, devem-se levar em conta as quantidades de nutrientes extraídas pela cultura. Como tais quantidades extraídas são, na maioria das vezes desconhecidas, dados de vários autores são utilizados como referência para a adição de nutrientes na cultura. Em uma tonelada de fruto de pimentão foram estimadas as extrações de: 4,0-9,0 kg de N; 1,0-2,5 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 5,0-17,0 kg de K<sub>2</sub>O; 0,7 a 4,5 kg de MgO e de 3,0 a 3,5 kg de CaO (NUEZ VIÑALS et al., 1996). Tais quantidades de nutrientes referem-se a um cultivo irrigado por infiltração. No sistema de irrigação por gotejamento ou localizada, o autor recomenda que as doses de fertilizantes sejam reduzidas à metade ou a um terço, em razão da menor perda por lixiviação.

Produtores do estado de São Paulo têm a prática de se aplicar os fertilizantes dez dias antes do transplante das mudas, no sulco ou na cova de plantio. Aplica-se de 10 a 20 t/ha de esterco curtido de bovino ou 1/4 dessas quantidades de esterco curtido de galinha, 1 kg/ha de boro, 3 kg de zinco e de 10 a 30 kg/ha de enxofre. Em cobertura, recomenda-se aplicar de 80 a 120 kg/ha de N e de 80 a 120 kg/ha de K<sub>2</sub>O, parcelando em quatro a seis vezes. As quantidades menores ou maiores dependerão da análise de solo, análise foliar, cultivar, produtividade esperada e sistema de cultivo (protegido ou campo aberto) (RAIJ et al., 1996).

Na Zona da Mata mineira, sugere-se aplicar 20 t.ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou 5 t.ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha curtido no sulco de plantio. Na adubação mineral com NPK, utiliza-se a recomendação de Pinto et al. (1999). Certos nutrientes, como o potássio e, principalmente, o nitrogênio, estão sujeitos a perdas no solo algum tempo após a sua aplicação, por isso, recomenda-se a adubação nitrogenada e potássica de forma parcelada, para aumentar a sua eficiência. As adubações nitrogenadas devem ser feitas com o solo úmido, aplicando-se de cada vez 60 kg/ha de N, o que corresponde a 300 kg/ha de sulfato de amônio ou 140 kg/ha de ureia.

O efeito de doses crescentes de N (0; 75; 150; 225; 300; 375 e 450 kg/ha) foi avaliado em pimenta cv. Tabasco McIlhenny (*Capsicum frutescens* L.), nas condições edafoclimáticas de Pentecoste, CE. A dose de 450 kg/ha de N proporcionou produtividade de 16,5 t/ha, porém todas as doses de N apresentaram valores positivos, evidenciando a viabilidade econômica do N na cultura da pimenta (CHAVES et al., 2006). Segundo esses autores, os produtores de pimenta do Ceará estão utilizando doses de até 250 kg/ha de N.

Em pimentas-de-cheiro (*C. chinense*), Souza (1998), utilizou a dose de 335 kg/ha de N.

Outra adubação sugerida para pimentão, de acordo com Casali & Fontes (1999), é a aplicação de uma primeira parcela dos fertilizantes com NPK no sulco, por ocasião do transplântio das mudas. O restante dos fertilizantes com nitrogênio e potássio é aplicado em cobertura, a cada 15 dias após o transplântio. Assim, na adubação mineral com NPK, utilizam-se 150 kg/ha de N; 50, 100, 240 e 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para disponibilidades muito boa, boa, média e baixa de P no solo, respectivamente, e doses de zero, 80, 180 e 240 kg/ha de K<sub>2</sub>O, para disponibilidade muito boa, boa, média e baixa de K no solo, respectivamente. Esses autores recomendam aplicar 20% da dose total de N no plantio, 10% na primeira e na segunda cobertura, 15% na terceira e quarta, 20% na quinta e 10% na sexta cobertura. O fósforo deve ser aplicado na dose total recomendada no plantio. Para potássio, aplicam-se 20% da dose recomendada no plantio; 10% na primeira, segunda e terceira cobertura, 15% na quarta, 20% na quinta e 15% na sexta.

Pinto et al. (2006), na produção da pimenta malagueta, testaram duas doses de nitrogênio, 30 kg.ha<sup>-1</sup> no plantio + 90 na cobertura e 60 kg.ha<sup>-1</sup> + 180 na cobertura, sob a produção de frutos e verificaram que os tratamentos de menor dose de N a média de frutos foi de 12,873 kg.ha<sup>-1</sup> e as plantas que receberam o dobro da dose do nutriente tiveram acréscimos de 15 % na produção.

## **2.5. Adubação Orgânica**

Nos dias atuais, em virtude da grande demanda de alimentos, os adubos químicos industrializados passaram a fazer parte da rotina dos agricultores na adubação das culturas. A natureza possui um ciclo natural de reciclagem de tudo que é produzido, auxiliado pelos microrganismos e pequenos animais que trituram e fazem retornar ao solo tudo que dele um dia veio (RESTREPO,2014)

Quando se adiciona adubos químicos industrializados, altera-se o ciclo natural, acelerando as reações químicas no solo o que pode provocar aos animais e microrganismos condições de estresse que podem resultar em desequilíbrio e um solo pobre e sem vida. Com isso, as plantas sofrem, pois os acessos aos nutrientes, água e oxigênio ficam prejudicados em consequência da falta de organismos vivos no solo trabalhando na decomposição orgânica e, conseqüentemente, a falta de nutrientes para que as raízes absorvam e, as plantas se desenvolvam saudáveis. (RESTREPO & HENSEL, 2007)

Ao contrário, o uso de adubação orgânica com biofertilizantes, produzido com material orgânico natural, geralmente encontrado na propriedade, traz inúmeros benefícios tanto ao solo quanto às plantas, pois além de substituir os fertilizantes comerciais químicos, são ricos em

nitrogênio, fósforo e potássio, ainda agem aumentando o sistema de defesa das plantas quanto ao ataque de pragas e doenças (PAES L.S.O.P., 2015).

A agricultura orgânica tem surgido como um modelo alternativo de cultivo, com o objetivo de maximizar o desenvolvimento social, promover o uso eficiente dos recursos e busca pela sustentabilidade em longo prazo, de modo a se contrapor ao modelo de agricultura convencional, que traz consigo impactos ambientais negativos significativos (MAZZOLENI & NOGUEIRA, 2006).

Este modelo de sistema de produção orgânico busca o uso de insumos disponíveis localmente e na independência em relação a combustíveis fósseis, trabalhando com processos naturais. Quando lavouras certificadas estão relacionadas a melhorias agroecológicas e ao aumento da renda de pequenos agricultores, isso leva ao aumento da segurança alimentar e à revitalização da agricultura familiar (FAO, 2007).

O uso de biofertilizantes vem sendo recomendado, de forma frequente, na agricultura orgânica como forma de manter o equilíbrio nutricional das plantas em macro e micronutrientes. O biofertilizante é o produto líquido gerado por meio da metabolização ou fermentação da matéria orgânica, apresenta como uma de suas características, ser rico em material orgânico (húmus), resultando em grande poder de fertilização. São adubos produzidos de diversas maneiras e que utilizam ingredientes disponíveis na propriedade (como esterco, leite, caldo de cana, cinzas etc.) que podem ser enriquecidos com pó de rocha, microrganismos eficazes, entre outros. Eles podem ser produzidos de forma aeróbica ou anaeróbica podendo ser aplicados de forma direta no solo ou via foliar através pulverização (PINHEIRO & BARRETO, 2000; PENTEADO, 1999).

O Decreto 4954/2004 do Ministério da Agricultura, alterado pelo Decreto 8384/2014 define biofertilizante como um produto que possua quaisquer princípios ativos ou agentes orgânicos em sua composição, seja isento de agrotóxicos e capaz de atuar no cultivo de plantas de forma a elevar a produtividade e o porte da cultura. Os biofertilizantes são uma ferramenta fundamental para auxiliar o cultivo de plantas saudáveis sem que ocorra nenhum impacto no ecossistema. Dentre esses adubos, enquadram-se aqueles que proporcionam não somente efeitos nutricionais, mas também fisiológicos e biológicos que aumentam o crescimento e a eficiência com que a cultura aproveita e absorve os nutrientes.

No Brasil, há uma crescente demanda por alimentos produzidos organicamente. A sua produção e a comercialização vêm crescendo cerca de 10% a 20% ao ano, desde 1990 (BORGUINI & SILVA, 2007). No entanto, a quantidade produzida ainda é insuficiente para garantir a alimentação segura a toda a população, além de grande parte da produção ser destinada à exportação. Os consumidores buscam produtos diferenciados com atributos de qualidade e com menor quantidade de agroquímicos (PENTEADO, 2000).

Filgueira (2000) afirma que as hortaliças reagem bem à fertilização orgânica, tanto em produtividade como em qualidade dos produtos obtidos, sendo o esterco bovino a fonte mais utilizada pelos olericultores, devendo ser empregado, especialmente, em solos pobres em matéria orgânica. No Pimentão, Sonnenberg (1985) recomenda, nesses solos, pelo menos o emprego de 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino ou 7,0 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha.

Segundo Pinheiro & Barreto (2000), os biofertilizantes devem ser utilizados nas aplicações foliares, em concentração de até 5%, devido aos elevados efeitos hormonais e altos teores das substâncias sintetizadas, que em concentrações mais elevadas podem causar estresse fisiológico na planta retardando o crescimento, floração e frutificação, possivelmente devido ao excessivo desvio metabólico da planta para a produção de substâncias de defesa.

A pimenta é uma cultura cuja produção convencional, reconhecidamente, utiliza elevadas quantidades de agroquímicos como forma de garantir a produtividade (FARINA & REZENDE, 2001). Por ser um alimento amplamente consumido in natura e por ser altamente sensível à contaminação por produtos tóxicos e microrganismos, a aplicação de agroquímicos pode acarretar prejuízos à saúde pública (BORGUINI & SILVA, 2007).

O emprego de biofertilizantes em olerícolas é recomendado, por meio de pulverizações semanais, para permitir um desenvolvimento adequado das plantas, uma vez que apresentam ciclo vegetativo e reprodutivo curto, exigindo uma complementação nutricional rápida e eficiente (SANTOS, 1992). Nesse sentido, Pinheiro & Barreto (2000) relataram que a adubação com biofertilizante associado ao esterco bovino proporcionou maiores produções comerciais em pepino, berinjela, tomate, alface e pimentão.

Rocha et al. (2003), com pulverizações do biofertilizante Agrobio a 5% e Silva et al. (2003), analisando a eficiência de três tipos de adubações (esterco, biofertilizante e fosfato natural, não verificaram alterações significativas no desenvolvimento, produção e qualidade de frutos de pimentão. Por outro lado, Araújo et al. (2007), avaliando a produção de pimentão

adubado com esterco bovino e biofertilizante, concluíram que o biofertilizante bovino, aplicado de forma isolada ou associado com material orgânico, pode ser utilizado como alternativa para fertilização não convencional no pimentão.

As informações com respeito ao uso de biofertilizantes no cultivo da pimenta, são bastante limitadas, justificando a necessidade de se realizar pesquisas, para viabilizar o emprego como fertilização alternativa, visto que o rendimento comercial de frutos limita-se pela insuficiente nutrição das plantas (SOUZA, 2000).

## **2.6. Eficiência do uso da água (EUA)**

Atualmente, há uma preocupação mundial com a escassez dos recursos hídricos e o seu alto custo em determinadas situações, o que vem provocando a busca pelo aumento da eficiência no uso da água pelas culturas. Ao considerar o custo da água na produção da propriedade agrícola, torna-se importante conhecer a eficiência do uso da água (EUA), na qual é obtida através da relação entre a produtividade da cultura e o consumo hídrico da planta durante seu ciclo, com o intuito de se adotar um manejo que proporcione a máxima produção por unidade de água aplicada (SILVA et al., 2013).

O manejo adequado e estratégico da água pode ser feito utilizando-se o índice EUA para o planejamento e a tomada de decisão da irrigação, aumentando-se assim, a produtividade das culturas (KARATAS et al., 2009), além de servirem como parâmetros importantes para a análise econômica do sistema produtivo, além de auxiliar na economia do uso da água (SANDRI et al., 2007).

Segundo Reichardt & Timm (2004), aproximadamente 98% do volume de água absorvida pela planta passa por ela perdendo-se para a atmosfera, através da transpiração. No entanto, este fluxo é necessário para o desenvolvimento da planta, devendo, por isso, serem mantidos os limites de umidade dentro do nível ótimo para as plantas.

Em algumas regiões onde a água se constitui no principal fator limitante, o objetivo deve ser a obtenção da máxima produção por unidade de água aplicada, adequando a irrigação aos períodos críticos de déficit de água tais como: germinação, floração e enchimento dos grãos ou formação dos frutos (BERNARDO, 2005). Segundo o autor, a razão entre a água evapotranspirada pela cultura e a aplicada pela irrigação deveria aproximar-se de 1,0, para que se tenha máxima eficiência de uso da água.

A eficiência de utilização de água para o rendimento de pimentão fresco varia de 1,5 a 3,0 kg.m<sup>-3</sup> (DOORENBOS & KASSAM, 1994). Antony & Singandhupe (2004) avaliando a influência da irrigação por gotejamento e superfície, no crescimento, rendimento e eficiência no uso da água (EUA) pela cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) var. Califórnia Wonder, concluíram que a EUA teve uma relação linear negativa significativa com a fotossíntese líquida, ou seja, quando as taxas de fotossíntese aumentaram, a EUA decresceu de forma linear. O decréscimo foi maior nas plantas irrigadas por gotejamento do que nas plantas irrigadas por superfície, devido ao maior investimento em massa radicular pelas plantas irrigadas por superfície.

Observou-se que nos níveis mais baixos de irrigação, existe menos água, conseqüentemente, ocorre o fechamento dos estômatos causando redução nas perdas de água e decréscimo na fixação de CO<sub>2</sub>. Por outro lado, neste experimento, o acúmulo de matéria seca total pela planta e o rendimento da cultura aumentaram com o aumento da lâmina aplicada em ambos os sistemas de irrigação, sugerindo a necessidade de mais pesquisa com irrigação nesta cultura visando identificar a necessidade hídrica da mesma, além de sistemas de irrigação e manejos que permitam aumentar a EUA (ANTONY & SINGANDHUPE, 2004).

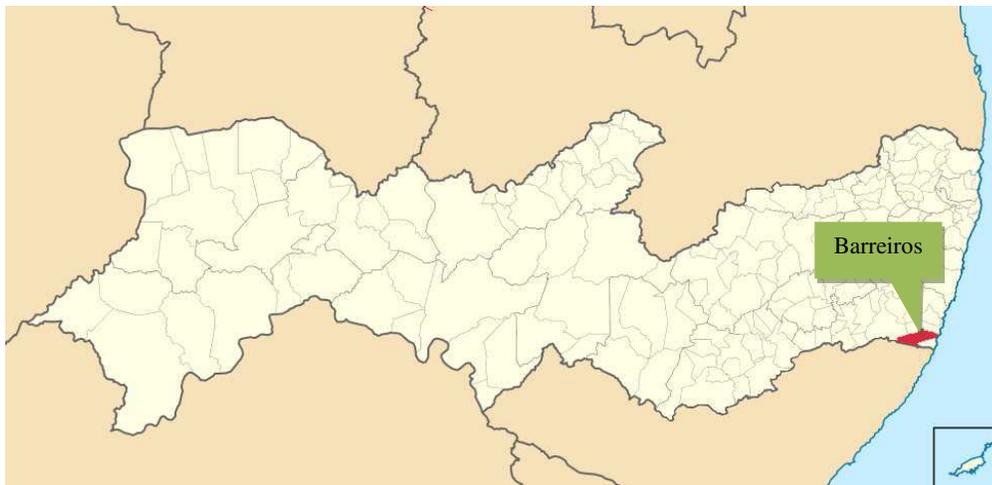
Em regiões com precipitação mal distribuída ou deficitária, o uso da irrigação é decisivo para a obtenção de altos rendimentos em cultivos comerciais de pimenta. De acordo com Carvalho (2008), alguns problemas são frequentemente observados no cultivo de pimentas, relacionados ao manejo inadequado da irrigação e à utilização de sistemas de irrigação não apropriados, são: baixa eficiência no uso de água, de energia e de nutrientes, maior incidência de doenças fúngicas e bacterianas, baixa produtividade e redução na qualidade de pimentas (pungência, coloração, etc.).

A otimização da eficiência de uso da água (EUA) de forma a contribuir para a sustentabilidade dos recursos hídricos pode ser alcançada, aumentando-se o rendimento para uma mesma quantidade de água aplicada ou reduzindo-se a lâmina aplicada sem que ocorram perdas de maior magnitude no rendimento. Isso pode ser feito, por exemplo, através da diminuição da frequência e/ou da antecipação do corte da irrigação (COELHO et al., 2005).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido em ambiente protegido na área experimental do Setor de Olericultura, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco do *Campus* Barreiros (IFPE-Campus Barreiros) Figuras 1 e 2. O *Campus* Barreiros fica localizado no município de Barreiros-PE, à 110 km da capital do estado de Pernambuco, Recife, na Mesorregião da Mata Sul Pernambucana, cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 08° 49' 06" S; Longitude: 35° 11' 11" e Altitude: 22m.



**Figura 1.** Localização da área de estudo, Barreiros-PE.



**Figura 2.** Imagem de satélite da localização da área de estudo, IFPE Campus Barreiros.

A região possui clima Tropical úmido do tipo As' (pseudo tropical, segundo classificação climática de Köppen, com chuvas de outono-inverno. As precipitações são relativamente bem distribuídas ao longo do ano, sendo os meses de maio, junho e julho os mais chuvosos e outubro, novembro e dezembro os mais secos (ANDRADE, 1970). De acordo com os dados meteorológicos da SUDENE, o município apresenta as seguintes médias anuais: precipitação de 2.242,8 mm; temperatura máxima de 30,3°C e mínima de 20,6°C.

A série de dados meteorológicos da área experimental está contida na tabela 1, expressando o quantitativo mensal de precipitação, evapotranspiração de referência, temperaturas médias, máxima e mínima.

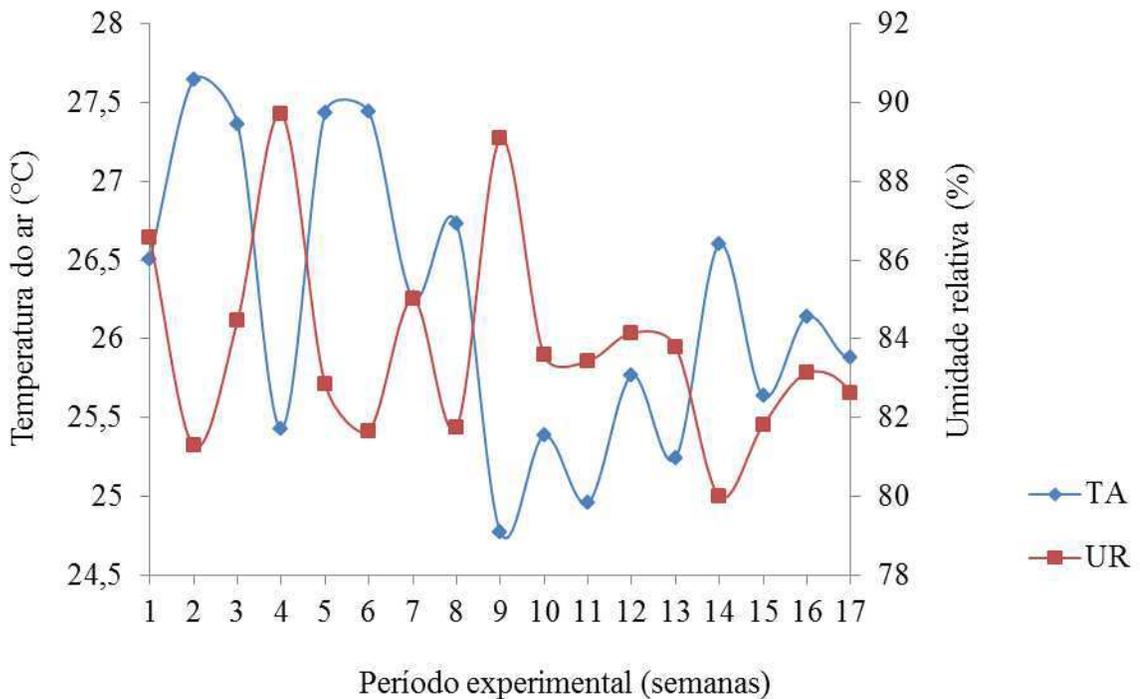
**Tabela 1.** Valores mensais médios, máximos e mínimos de temperatura (°C) e, precipitação e evapotranspiração de referência média (mm) no Município de Barreiros – PE.

Mês	Tmed (° C)	Tmax (° C)	Tmin (° C)	Prec (mm)
Jan	26,6	31,7	21,4	83,7
Fev	26,6	32	21,4	126,7
Mar	26,6	31,6	21,8	224,1
Abr	26,1	30,7	21,6	295,9
Mai	25	29,5	21,3	298,5
Jun	23,9	28,6	20,3	308,9
Jul	23,1	27,5	19,8	360,1
Ago	23,3	27,7	18,8	187,5
Set	24,1	29,3	19,3	122,2
Out	25,2	30,6	20	65,3
Nov	26,1	32,3	20,5	57,4
Dez	26,5	32,1	20,9	72,6
Média	25,3	30,3	20,6	72,6
Soma				2242,8

Fonte: SUDENE (1990).

Temperatura média (Tmed); Temperatura máxima (Tmax); Temperatura mínima (Tmin); Precipitação (Prec)

Os dados diários de temperatura e umidade relativa do ar, máxima, média e mínima, coletados no interior da casa de vegetação, referentes ao período de maio a setembro de 2017, época correspondente à condução do experimento, estão apresentados na Figura 3.



**Figura 3.** Temperatura do ar (TA, °C) e Umidade relativa do ar (UR, (%)) registradas durante o período de experimentação no ambiente protegido no município de Barreiros-PE.

O maior valor de temperatura foi de 40,3 °C, registrado no mês de junho e o menor de 18,1 °C no mês de agosto, sendo a média observada durante o cultivo experimental da pimenta Biquinho de 25,2 °C. As umidades relativas máximas e mínimas do ar observadas foram de 97,7 e 51,1 % nos meses de junho e julho, respectivamente, com média registrada durante o período de experimentação de 85,9 %.

A temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas através de um termohigrômetro, modelo HT-500, instalado no interior da casa de vegetação. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, tipo arco simples, coberto por filme de polietileno transparente aditivado contra raios ultravioleta, com 150 mm de espessura e laterais protegidas com telas de polipropileno preto (sombrite) com 30% de sombreamento (Figura 4), com orientação norte-sul e dimensões: 7 m de largura, 9 m de comprimento e com pé direito de 3,5 m, totalizando uma área de 54 m<sup>2</sup>.



**Figura 4.** Vista frontal do ambiente protegido.

### 3.2. Cultura utilizada

A cultura utilizada foi a pimenta (*Capsicum chinense*), cultivar BRS Moema pertencente ao grupo varietal popularmente conhecido como “biquinho”.



**Figura 5.** Pimenta Biquinho (*Capsicum chinense*).

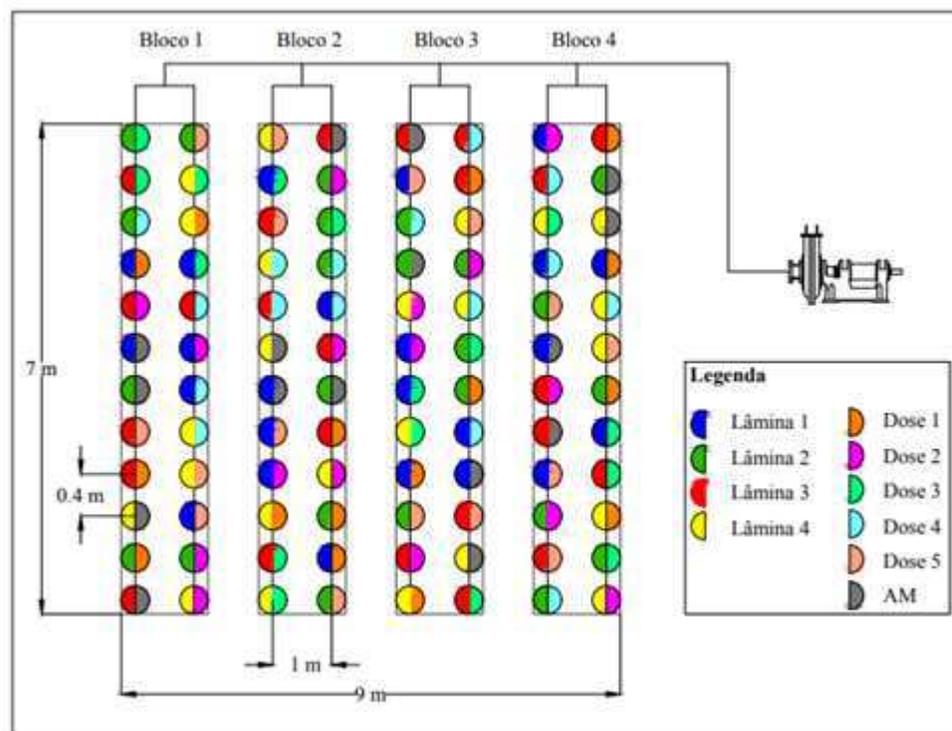
### 3.3. Tratamentos

Utilizou-se um delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial  $(4 \times 5) + 1$ , composto por quatro lâminas de irrigação, cinco doses de biofertilizante, mais quatro tratamentos adicionais

com adubação mineral convencional em substituição a adubação com biofertilizante, distribuídos em quatro blocos, resultando em noventa e seis unidades experimentais.

As lâminas de irrigação foram: L1 – 125% da lâmina controle aplicada pelo acionador automático, AAI; L2 - 100% da lâmina controle aplicada pelo AAI; L3 - 75% da lâmina controle aplicada pelo AAI; e L4 – 50 % da lâmina controle aplicada pelo AAI. As doses de biofertilizante foram: 0, 5, 10, 15 e 20  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , aplicadas a cada 15 dias, a partir do trigésimo dia após o transplante das mudas; correspondendo a 0, 200, 400, 600 e 800 ml por planta (D5, D4, D3, D2 e D1), resultando no total de oito aplicações durante todo o período de cultivo. A dose de referencia é a 10  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  baseada na recomendação de Schiedeck (SCHIEDECK et al., 2008).

O layout do sistema hidráulico e do croqui da área experimental, mostrando as suas dimensões, os espaçamentos e a distribuição dos tratamentos nas parcelas dentro dos blocos estão representados nas Figuras 6 e 7.



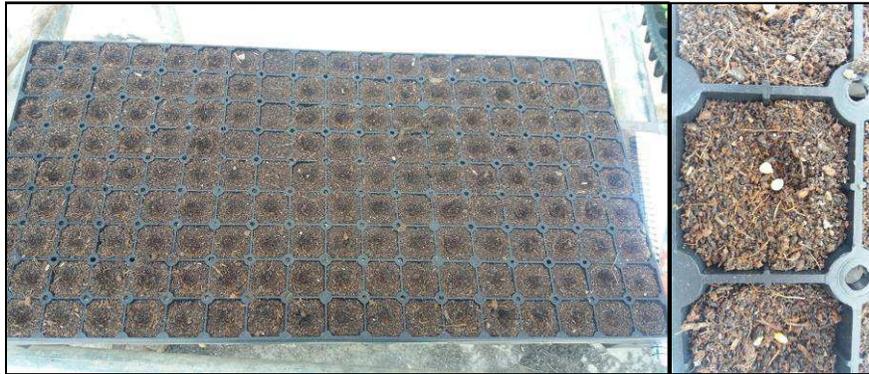
**Figura 6.** Layout do sistema hidráulico do experimento, Barreiros-PE.

BLOCO I				BLOCO II				BLOCO III				BLOCO IV			
PARCELA	TRATAMENTOS	PARCELA	TRATAMENTOS	PARCELA	TRATAMENTOS	PARCELA	TRATAMENTOS	PARCELA	TRATAMENTOS	PARCELA	TRATAMENTOS	PARCELA	TRATAMENTOS	PARCELA	TRATAMENTOS
1	L2D3	24	L2D5	25	L4D5	48	L3AM	49	L3AM	72	L3D4	73	L1D2	96	L3D1
2	L3D3	23	L4D3	26	L1D3	47	L2D2	50	L1D5	71	L3D1	74	L3D4	95	L2AM
3	L2D4	22	L4D1	27	L3D5	46	L2D3	51	L2D4	70	L4D5	75	L4D3	94	L4AM
4	L1D1	21	L1D3	28	L4D4	45	L2D4	52	L2AM	69	L2D2	76	L1D4	93	L1D1
5	L3D2	20	L3D4	29	L3D4	44	L1D4	53	L4D2	68	L4D4	77	L2D5	92	L4D4
6	L1AM	19	L1D2	30	L4AM	43	L3D2	54	L1D2	67	L2D3	78	L1AM	91	L4D5
7	L2AM	18	L1D4	31	L1AM	42	L2AM	55	L1D3	66	L2D1	79	L3D2	90	L2D1
8	L3D5	17	L4D4	32	L1D5	41	L3D1	56	L4D3	65	L1D4	80	L3AM	89	L1D3
9	L3D1	16	L4D5	33	L1D2	40	L4D2	57	L1D1	64	L1AM	81	L1D5	88	L3D3
10	L4AM	15	L1D5	34	L4D1	39	L2D1	58	L2D5	63	L3D5	82	L2D2	87	L4D1
11	L2D1	14	L2D2	35	L3D3	38	L1D1	59	L3D2	62	L4AM	83	L3D5	86	L2D3
12	L3AM	13	L4D2	36	L4D3	37	L2D5	60	L4D1	61	L3D3	84	L2D4	85	L4D2

**Figura 7.** Croqui da área experimental com distribuição das parcelas com suas respectivas lâminas irrigação e doses de biofertilizante.

### 3.4. Semeadura e Transplântio

A semeadura foi realizada em bandejas de plástico de 128 células medindo 68 x 34 cm cada, contendo um substrato constituído por uma mistura à base de pó de coco, húmus de minhoca e solo do local do experimento nas proporções 1:2:3, respectivamente (Figura 8).



**Figura 8.** Bandeja de plástico e células.

As características físicas do solo utilizado no substrato foram: 29,94% de argila, 12,29% de silte e 57,77% de areia, sendo classificado como um solo franco argilo arenoso. Sua densidade foi de 1,18 g/cm<sup>3</sup> e sua capacidade de campo, determinada aplicando a tensão de 0,1 atmosferas, de 24,54%. A análise granulométrica do substrato, constituindo 33% do volume do substrato, identificou 76% de areia e 24% de argila mais silte.

Na Tabela 2, é apresentada a análise química do substrato utilizado para preencher as bandejas das mudas e vasos. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos do Instituto de Pesquisas Agropecuárias (IPA), Recife-PE.

**Tabela 2.** Análise química da mistura do solo, húmus de minhoca e pó de coco.

Característica	Valor
pH	6,10
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	19,60
Ca <sup>2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	9,20
Mg <sup>2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,80
Na (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,45
Al <sup>3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	40,00

Fonte: Laboratório de Solo do Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA

As mudas foram produzidas e quando atingiram o estágio de três pares de folhas definitivas, foram transplantadas no local definitivo, aos 45 dias após a semeadura (DAS). Em vasos com volume de 14 litros cada, preenchido com o mesmo substrato utilizado na produção das mudas (Figura 9). Na parte inferior de cada vaso, foi colocada uma camada de brita de cinco centímetros de altura, coberta com uma manta bidim (manta geotêxtil), para facilitar a drenagem de água.



**Figura 9.** Transplântio das mudas aos 45 DAS para os vasos de 14 litros.

Os vasos com as mudas foram colocados no solo da casa de vegetação com um espaçamento entre os vasos de 1,0 m entre linhas e 0,4m entre plantas.

### **3.5. Tratos culturais**

Durante o cultivo, foram realizados os seguintes tratos culturais: controle manual das plantas invasoras nos vasos, catação de folhas com sintomas de ataque de fitopatógenos, semanalmente, pulverização da mistura de óleo de Neem a 1%, calda bordaleza e calda sulfocálcica a 1%, aplicadas de forma alternada, para manutenção da sanidade das culturas, e do inseticida biológico à base de *Bacillus thuringiensis* para controle de lagartas.

### **3.6. Irrigação**

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi o de gotejamento, com emissores autocompensantes da marca netafim (Figura 10) inseridos em tubos de polietileno de 16 mm

utilizando uma bomba de 1,0 cv, 3500 rpm e 60 Hz, modelo P11/3 Schneider (Figura 11) e cabeçal de controle contendo filtro de discos e manômetro (Figura 12).



Figura 10. Gotejadores autocompensantes.



Figura 11. Conjunto Motobomba de 1,0 cv, modelo P11/3



**Figura 12.** Cabeçal de controle com filtro de disco de 1”, manômetro de glicerina e válvula de retenção.

Antes do transplântio da pimenta, foram feitas medições direta da vazão em cada parcela experimental para quantificar a distribuição de água pelos gotejadores e a real intensidade de aplicação dos mesmos; foram calculados o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Distribuição (CUD) e a Eficiência de Irrigação ( $E_f$ ) para cada vazão de emissor (Equações 1, 2 e 3, respectivamente), conforme metodologia de Keller & Karmeli (1975). modificada por Denículi et al. (1980).

$$CUC = \left( 1 - \frac{\sum [X_i - \bar{X}]^2}{n \cdot \bar{X}^2} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

$$CUD = 100 \frac{q_{25\%}}{\bar{X}} \quad (2)$$

$$E_f = Tr \cdot CUC \quad (3)$$

em que:

$CUC$ - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%)

$CUD$ - Coeficiente de Uniformidade da Distribuição de água (%);

$E_f$  - eficiência de irrigação (%);

$X_i$  - vazão do coletor de ordem  $i$ ,  $\bar{X}$  média das vazões dos coletores ( $L h^{-1}$ );

$n$  - número de coletores;

$q_{25\%}$  - vazão média dos 25% menores valores de vazão dos gotejadores ( $L h^{-1}$ );

$Tr$  - Coeficiente de transmissividade (KELLER & KARMELI, 1975); utilizou-se o valor 0,95.

Para a avaliação do sistema de irrigação utilizado no experimento, foram utilizados uma proveta graduada de 500 mL, um cronômetro e recipientes plásticos. A duração do teste foi de dois minutos. O volume coletado de água foi medido com o auxílio de uma proveta, sendo posteriormente transformado em vazão do emissor. O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e o Coeficiente de Distribuição foram de 90 e 92%, respectivamente.

As lâminas de irrigação foram aplicadas a partir dos 30 dias após o transplântio (DAT), utilizando para isso gotejadores com diferentes vazões nominais (2,0 e 4,0 L h<sup>-1</sup>) e em diferentes arranjos (Tabela 3).

**Tabela 3.** Tratamentos de lâminas de irrigação e arranjos de gotejadores.

Lâminas de irrigação	Arranjo de gotejadores e vazões dos emissores
L1 – 125% do controle	1 gotejador de 2 L.h <sup>-1</sup> + 2 gotejador de 4 L.h <sup>-1</sup> = 10
L2 – 100% do controle	2 gotejador de 4 L.h <sup>-1</sup> = 8
L3 – 75% do controle	1 gotejador de 2 L.h <sup>-1</sup> + 1 gotejador de 4 L.h <sup>-1</sup> = 6
L4 – 50% do controle	1 gotejador de 4 L.h <sup>-1</sup> = 4

As características químicas da água utilizada na irrigação (tabela 4) indicaram ser uma água C1S1, de acordo com o modelo proposto pela UCCC (University of California Consultants Committee) apresentada por Ayers & Westcot (1985). As análises da água de irrigação foram conduzidas no Laboratório de Análise de Planta, Ração e Água do Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA.

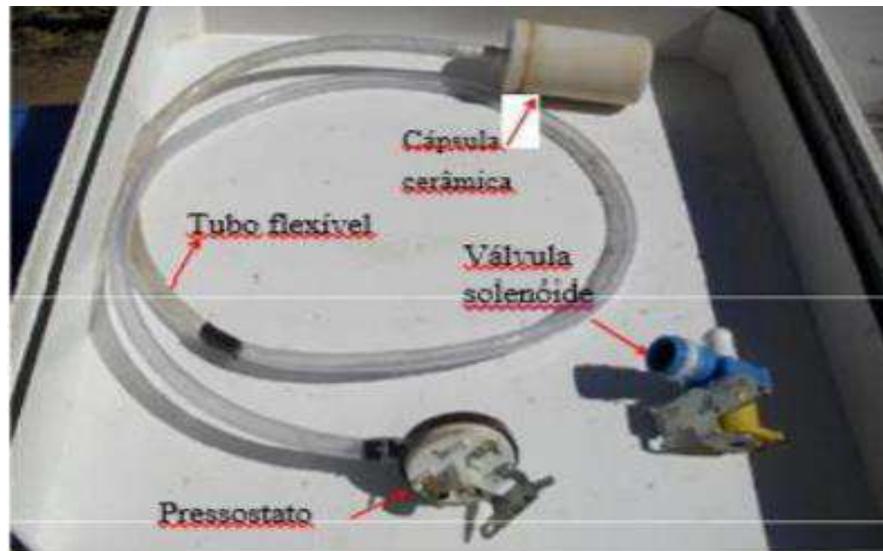
**Tabela 4.** Análise química da água de irrigação.

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	10,00
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	4,57
P (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
Nitrogênio Amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	2,43
K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	1,07
Ca <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,90
Mg <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	1,74
Ferro total (Fe <sup>2+</sup> ) (mg L <sup>-1</sup> )	0,07
Cu (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
Mn (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
Zn (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
Cor aparente (uH <sup>2</sup> )	0,00
Turbidez (uT)	1,40
Sedimento em suspensão (mg L <sup>-1</sup> )	33,00
CE (uS/cm a 25°C)	71,24
pH	5,70
CO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	10,00
<b>Classificação</b>	<b>C<sub>1</sub>S<sub>1</sub></b>

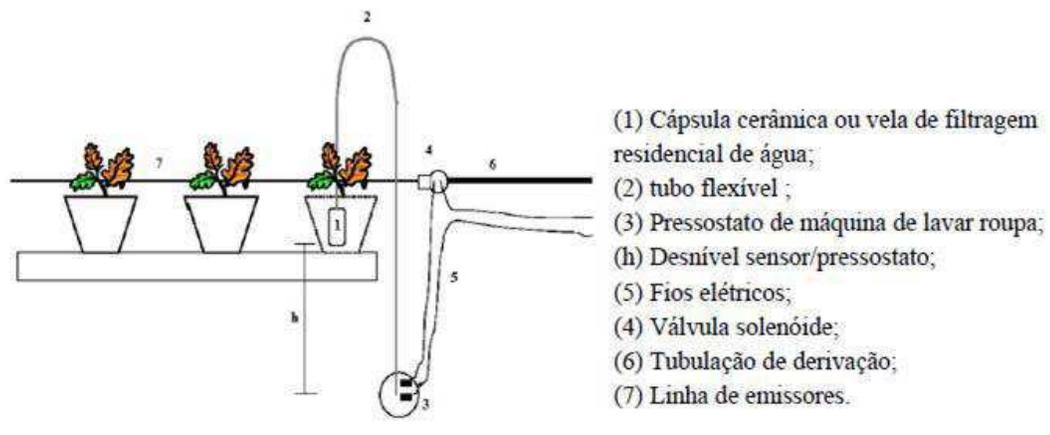
Fonte: Laboratório de Análise de Planta, Ração e Água do Instituto Agronômico de Pernambuco -IPA.

A aplicação de água à cultura foi controlada por meio de um acionador automático, constituído de uma cápsula de cerâmica (1), daquelas usadas em filtros residenciais de água, conectada por um tubo flexível (2) a um regulador de pressão ou pressostato (3) (Figura 13). O sistema era totalmente preenchido com água e a cápsula instalada no substrato na profundidade efetiva do sistema radicular da cultura, no presente experimento, 0,15 m (Figura 14). A ocorrência de um déficit de água no solo ocasionado pelo processo de evapotranspiração provoca uma tensão na cápsula que se transmite pelo tubo flexível até o pressostato. Quando atingida a pressão matricial desejada, o diafragma do pressostato aciona um controlador que estabelece a passagem de corrente elétrica através de fios elétricos (5), acionando a bomba hidráulica e a abertura de uma válvula solenóide (4), permitindo, dessa forma, a passagem de água da tubulação de derivação (6), para a linha de emissores (7). A água fornecida pela irrigação provoca o

molhamento do substrato e da cápsula, fazendo com que a tensão na cápsula diminua e se estabeleça uma pressão positiva no pressostato, o qual então irá interromper a corrente de alimentação do sistema de irrigação (bomba e válvula solenóide), suspendendo a irrigação. O sistema de automação utilizado para realização do processo de automação e manejo da irrigação é de fácil construção e baixo custo.



**Figura 13.** Componentes do acionador.



**Figura 14.** Esquema do acionador automático para irrigação.

Fonte: Medici et al. (2010).

A tensão de água, no solo em que se deseja trabalhar como limite máximo para acionamento do sistema de irrigação, é obtida com base na diferença de altura de instalação do pressostato e a cápsula de cerâmica (MEDICI et al., 2010), indicado por **h** na Figura 14; diferenças maiores implicam em maiores tensões e, portanto, em maiores intervalos entre

irrigações para diferenças menores, a tensão de trabalho também é menor e a irrigação mais frequente. Resultados obtidos por Medici et al. (2010) indicam que o uso do acionador simplificado de irrigação em substrato comercial, com alturas de instalação do pressostato variando de 0,30 a 0,90 m, obtém-se uma série de tensões que variam de -1 a -8 kPa , respectivamente.

Em cada parcela do tratamento L2 -100% (controle), foram instalados seis acionadores com um desnível entre a cápsula porosa e o pressostato de 0,90 m (Figura 15), resultando uma tensão de acionamento de -8,0 kPa (0,08 atm). Esta tensão é justificada pelo fato do substrato ter 76 % de areia, comparando-se ao conteúdo de um solo arenoso.



**Figura 15.** Cápsula de cerâmica e pressostato na parcela controle.

Na entrada de cada bloco, foi montado um conjunto contendo uma válvula solenóide (Figura 16), junto com um hidrômetro, a fim de permitir a quantificação diária do volume de água aplicado na irrigação. Ainda, foi instalado um manômetro e um registro de gaveta para garantir uma pressão uniforme no início da linha lateral. Entre os quatro blocos presentes na área experimental, os acionadores se encontravam ligados em paralelo, permitindo o funcionamento independente de cada bloco, garantindo, dessa forma, melhor uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação.

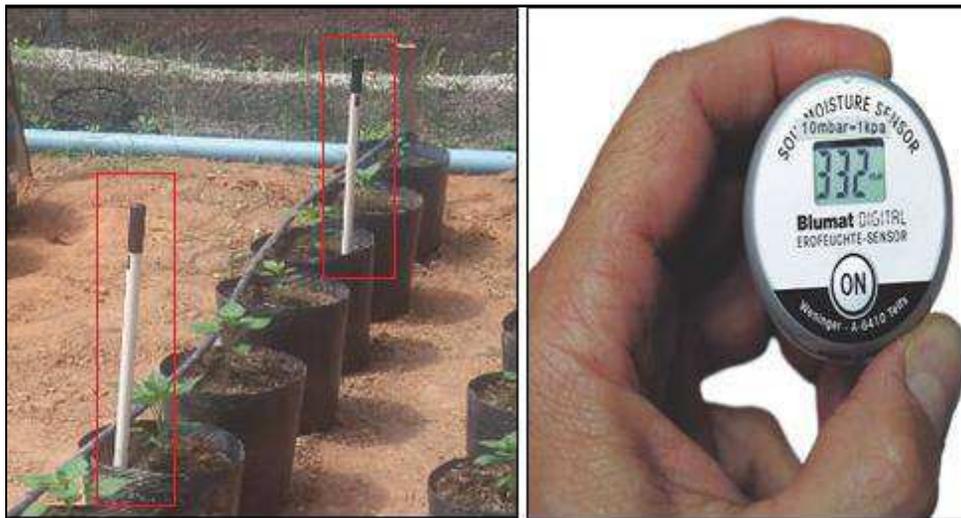
Ao lado da área experimental, foi instalado um reservatório de 5.000L, a uma altura de 5,0 m, permitindo o abastecimento de água por gravidade para outra caixa de 500L, na qual se encontrava instalada o sistema motobomba responsável pela pressurização do sistema de irrigação.



**Figura 16.** Conjunto com válvula solenóide, manômetro, registro de gaveta e hidrômetro, montado na entrada de cada bloco.

### 3.7. Monitoramento do potencial matricial do solo

O potencial matricial do substrato atingido durante o experimento foi monitorado através de tensiômetros de punção instalados a 0,15 m de profundidade (Figura 17).



**Figura 17.** Tensiômetros de punção instalados nos vasos e tensímetro digital para fazer as leituras das tensões.

### 3.8. Adubação

#### 3.8.1. Preparo do biofertilizante

O biofertilizante utilizado neste trabalho foi húmus líquido. Para seu preparo foi utilizado um recipiente plástico de 50 litros, húmus de minhoca no estado sólido e a água não clorada. Para o preparo do biofertilizante colocou-se 10 kg do húmus sólido no recipiente e completou-se com

água não clorada. Posteriormente, se fez necessário agitar vigorosamente a solução durante cerca de 1 minuto, pelo menos duas vezes ao dia, por um período de oito dias, tempo necessário para que ocorresse a liberação dos nutrientes para a água. Na Tabela 5, apresentam-se as características químicas do biofertilizante.

**Tabela 5.** Resultado da análise química do Biofertilizante líquido durante o experimento.

pH	N	P	K	Ca	Mg	Na	CE
	----- mg.L <sup>-1</sup> -----						---- mS.cm <sup>-1</sup> --
6,91	120	21	500	25	630	33	2,12

Fonte: Laboratório de Solo do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA

### 3.9. Adubação com biofertilizante

Nos tratamentos com aplicação de biofertilizante, inicialmente, foi feita uma adubação de fundação com um fertilizante mineral de baixa solubilidade, o fosfato natural de rocha, com 23% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na dosagem de 1,6 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por vaso, resultando no total 40 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

A adubação de cobertura com o biofertilizante líquido foi feita baseando-se na dosagem de 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> recomendada por Schiedeck (SCHIEDECK et al., 2008) para hortaliças de uma forma geral. A partir desta recomendação, foi testada uma dosagem menor (5 – 50% da recomendação) e duas maiores (15- 150% recomendação e 20 – 200% recomendação), sendo estas comparadas ao tratamento considerado como testemunha, sem biofertilizante (0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), resultando em cinco doses de biofertilizantes: 0, 5, 10, 15 e 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Para estimar a quantidade de N, P e K aplicada durante o experimento via biofertilizante líquido, multiplicou-se a quantidade de cada nutriente do biofertilizante (Tabela 5), pelo número de aplicações durante todo o ciclo (8 aplicações) e a dose aplicada em cada tratamento. Os resultados das quantidades de nutrientes aplicados em cobertura através da aplicação do biofertilizante, quanto do tratamento adicional (adubação mineral) se encontram na Tabela 6.

**Tabela 6.** Quantidades de nutrientes fornecidos em cada dose de biofertilizante e do tratamento adicional (adubação mineral), aplicados em adubação de cobertura durante o ciclo de produção da pimenta biquinho.

Doses de Biofertilizante (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
D1 (0)	0	0	0
D2 (5)	4,8	8,4	20
D3 (10)	9,6	16,8	40
D4 (15)	14,4	25,2	60
D5 (20)	19,2	33,6	80
Adubação mineral	120	-	40

### 3.9.1. Adubação mineral

A adubação mineral utilizada, no tratamento adicional, foi realizada em fundação e cobertura, com base na recomendação de Cavalcanti (2008). Na fundação 1,60 g de P através da fonte solúvel conhecida como Super Fosfato Simples, com 18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, resultando no total de 40 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Já a adubação em cobertura, foi de 4,8 g de N e 1,6 g de K<sub>2</sub>O, parcelada em quatro doses aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplântio (DAT). As adubações foram diluídas, antes de serem aplicadas nas parcelas, de modo a facilitar a absorção por parte das plantas resultando em 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N e 40 kg.ha<sup>-1</sup> de K.

### 3.10. Adubação foliar

Visando à suplementação de micronutrientes, a partir do trigésimo dia de semeadura, e a cada 15 dias, foi realizada uma adubação com o biofertilizante Agrobio na concentração de 1%, via foliar, com um pulverizador lateral com capacidade de 5L. em todos os tratamentos. O adubo foi preparado seguindo metodologia sugerida por Silva et al. (2007).

### 3.11. Variáveis biológicas analisadas

a) Diâmetro do caule (DC) aos 120 dias – medida em milímetros, a 5 cm do solo, com um paquímetro digital, em todas as plantas de cada parcela;

b) Altura de planta (AP) aos 120 dias – medida em centímetros, a partir do nível do solo até o ápice do broto terminal nas plantas de cada parcela;

c) Número de frutos por planta (NF) – número total de frutos por planta, obtido nas colheitas realizadas durante o período de condução do experimento;

d) Massa fresca e seca total de frutos por planta (MFT e MST) – avaliada em colheitas semanais, iniciando-se aos 90 DAT e finalizando aos 120 dias (Figura 18). Determinada numa balança digital, antes e após a secagem numa estufa a 60 °C.

e) Massa média por fruto (MF) - Corresponde à massa obtida, em gramas, a partir da relação entre a massa total dos frutos frescos e o número total dos frutos por parcela.



**Figura 18.** Determinação da massa fresca total (MFT).

### 3.12. Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada para cada nível de irrigação através da relação entre a produtividade da pimenta biquinho ( $\text{g.planta}^{-1}$ ) e o consumo hídrico da planta ( $\text{L.planta}^{-1}$ ) por parcela durante o ciclo da cultura (DOORENBOS & KASSAM, 1994; KIJINE et al., 2002) (Equação 04).

$$EUA = \frac{P}{V} \quad (04)$$

$MFT$  = massa fresca total de frutos por planta ( $\text{g.planta}^{-1}$ );

$V$  = consumo hídrico ( $\text{L.planta}^{-1}$ ).

O consumo hídrico da planta foi determinado a partir do balanço hídrico. Os componentes do balanço hídrico podem ser descritos conforme

$$\Delta\text{Arm} = P + I \pm R + AC - DP - \text{ETc} \quad (05)$$

em que:  $\Delta\text{Arm}$  - variação de armazenamento do solo, P - precipitação, I - irrigação, R - escoamento superficial, AC - ascensão capilar, DP - drenagem profunda e ETc - evapotranspiração real da cultura. Nas condições em que foi realizado o experimento, os termos  $\Delta\text{Arm}$ , P, R, AC e DP foram considerados nulos, uma vez que a cultura de pimenta foi cultivada em vasos, com irrigação frequente e, assim, o consumo hídrico da planta foi considerado igual a evapotranspiração da pimenta (ETc) e esta igual à água aplicada (I). Esta avaliação foi considerada para o tratamento controle com L2 (100% da aplicado pelo acionador).

### 3.13. Análises Estatísticas

As variáveis mensuradas no experimento foram submetidas à análise de variância (Teste F) seguindo o esquema da Tabela 7, quando foi observado *p-valores* significativos e sendo os tratamentos quantitativos e em mais de dois níveis para se considerar a análise completa se realizou análise de regressão com o objetivo de encontrar a equação de melhor comportamento ao ajuste entre as variáveis dependentes e independentes, conforme esquema da Tabela 8. Na plotagem das curvas de regressão foram calculados e inseridos graficamente barra de erro padrão para cada média, que segundo Campos (1984), dão uma perfeita ideia de precisão da média, isto é, quando menor for a barra, maior precisão terá a média. Por fim, se realizou uma análise complementar com teste de Tukey para avaliação dos resultados inerentes as duas fontes de adubação utilizada, orgânica e mineral. Todas às análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R versão 3.5.1.

**Tabela 7.** Esquema de análise de variância para o experimento em destaque.

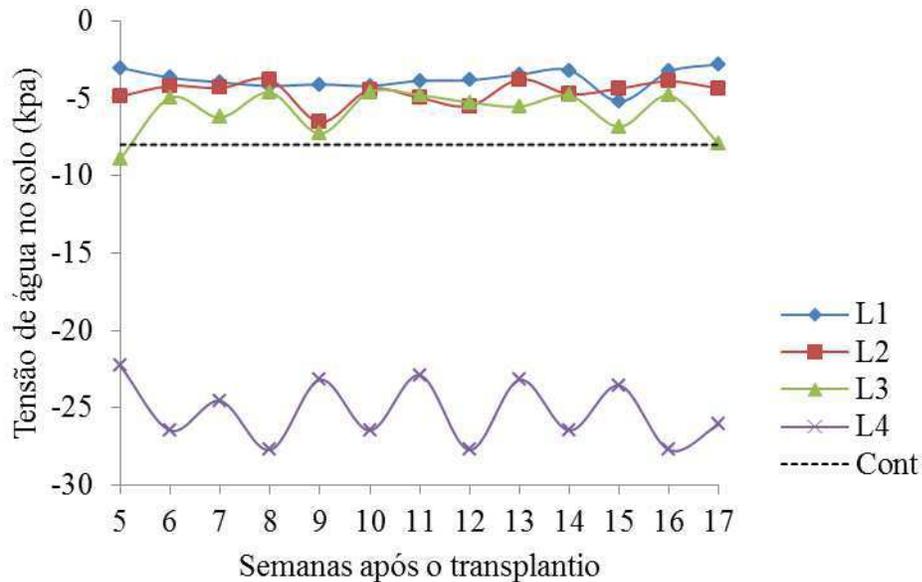
Causa de variação	GL
Bloco	3
Lâminas de irrigação	3
Adubação orgânica	4
Interação (Lâminas x Adubação)	12
Fatorial x adicional (Adubação mineral)	1
Erro	60
Total	83

**Tabela 8.** Esquema de análise de regressão na ANAVA para desdobramento dos graus de liberdade.

Causa de variação	GL
Efeito linear	1
Efeito quadrático	1
Desvio da regressão	1
Erro	60

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Potenciais matriciais do substrato



**Figura 19.** Potenciais matriciais observados durante o transcurso do experimento para os tratamentos de água L1, L2, L3, L4 e controle de tensão acionamento (Cont).

Observa-se que o tratamento L4, com a menor lâmina de irrigação (127,50mm) produziu potenciais médios de -24,51 kPa (Figura 19), muito menores que os -8,0kPa, considerado adequado para a irrigação em substratos por Medici (2010) e utilizado no presente experimento para acionar o acionador automático. Assim, teoricamente, esse tratamento teria produzido o efeito do tratamento planejado (50% da lâmina controle L2) e déficit de água.

O tratamento L3 com uma lâmina de 190,63 mm produziu potenciais matriciais médios de -7,01 kPa, próximos dos -8kPa, considerado adequado para a irrigação em substratos, não tendo produzido teoricamente um déficit de água para a planta.

Os tratamentos L2 e L1 produziram potenciais matriciais médios de -4,81 e -3,65 kPa, respectivamente, tensões bem abaixo dos -8,0 kPa estipulados pelos tratamentos de água e assim sem déficits hídricos. As lâminas de água aplicadas pelos tratamentos L2 e L1 foram 253,76 e 317,25 mm, respectivamente.

Com exceção do tratamento com a menor lâmina de irrigação (L4), os potenciais matriciais estabelecidos pelos tratamentos de irrigação L1, L2 e L3 foram sempre maiores que os -8kPa, recomendados por Medici et al. (2010), proporcionando assim um adequado suprimento de água para a pimenta.

## **4.2. Variáveis Avaliadas**

### **4.2.1. Variáveis de crescimento**

As variáveis de crescimento, diâmetro de caule (DC) e altura de planta (AP) não foram afetadas significativamente ( $p>0,05$ ) pelos tratamentos de lâmina de irrigação e doses de biofertilizante, assim como para interação entre os tratamentos e o tratamento adicional com o fatorial (Tabela 9). Uma possível razão da não significância no crescimento da pimenta biquinho com as lâminas de irrigação, pode ter se dado pelo fato de que, com exceção do tratamento mais seco (L4), os potenciais matriciais terem sido mantidos nos substratos sempre próximos ao ponto de capacidade de vaso ou acima dele (Figura 19), o que acabou por proporcionar uma manutenção adequada do conteúdo de água no substrato nos distintos tratamentos. Embora o tratamento L4 proporcionou potenciais matriciais menores, não houve efeito de déficit de água no substrato. No substrato usado no presente estudo, com 50% do solo franco argilo arenoso, 33,33% de húmus de minhoca e 16,66% de pó de coco, havia mais espaço disponível para água e ar do que em um mesmo volume de solo. Como a irrigação era suspensa, quando o substrato alcançava um potencial de -8 kPa, valor bem próximo do recomendado para o solo sem substrato, a retenção de água à “capacidade de vaso” era muito maior (45,54%), o que fez com que o substrato sempre se mantivesse com um conteúdo de água alto, inclusive no tratamento L4, com a menor lâmina de irrigação, e assim a diferença de água aplicada nos tratamentos de água não fossem suficientemente grande para provocar diferença significativa entre os tratamentos.

Por outro lado, embora o volume de água aplicado fosse diferente entre eles, a frequência das irrigações realizadas foi bastante divergente, fazendo com que os tratamentos com menores tensões se encontrassem muito próximos da capacidade de vaso, havendo assim irrigações frequentes mediante o consumo mínimo de água do substrato.

**Tabela 9.** Resumo da análise de variância para o diâmetro do caule e altura da planta de pimenta biquinho, submetida a quatro lâminas de irrigação, cinco doses de biofertilizante, mais o tratamento adicional com adubação mineral.

Fonte de variação	GL	Variáveis de Crescimento ( <i>p</i> -valor)	
		Diâmetro do caule	Altura da Planta
Blocos	3	0,000**	0,000**
Lâmina de Irrigação (L)	3	0,915 <sup>ns</sup>	0,166 <sup>ns</sup>
Dose de Biofertilizante (D)	4	0,422 <sup>ns</sup>	0,377 <sup>ns</sup>
Interação (L*D)	12	0,744 <sup>ns</sup>	0,888 <sup>ns</sup>
Adicional * Fatorial	1	0,113 <sup>ns</sup>	0,192 <sup>ns</sup>
CV %	-	14,260	3,250
Médias			
Lâminas de Irrigação (L)		Diâmetro do caule (mm)	Altura da Planta (cm)
L1 - 125%		16,752	66,550
L2 - 100%		16,994	71,100
L3 - 75%		17,269	69,900
L4 - 50%		17,281	66,650
Médias			
Doses de Biofertilizantes (D)		Diâmetro do caule (mm)	Altura da Planta (cm)
D1 - 200%		16,083	65,500
D2 - 150%		17,649	70,250
D3 - 100%		17,498	67,625
D4 - 50%		16,664	70,250
D5 - 0%		17,474	69,125
Médias			
Tratamento adicional (AM) *		Diâmetro do caule (mm)	Altura da Planta (cm)
Fatorial (F)			
Tratamento adicional (Adubação mineral)		19,313	73,813
Fatorial (Interação L x D)		17,074	68,550

(\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); (ns) não significativo ( $p \geq 0,05$ ); GL= grau de liberdade e CV = coeficiente de variação.

A principal diferença entre o cultivo em solo e em substratos orgânicos está na fase sólida, sendo esta muito inferior no substrato quando comparada ao solo, em consequência da elevada porosidade do substrato; isso indica que em um determinado volume de substrato haverá mais espaço disponível para água e ar do que em um mesmo volume de solo (MINER, 1994). Assim, o substrato orgânico torna-se um meio ideal para o desenvolvimento da planta no sistema de cultivo em vaso. De acordo com De Boodt (1974), em substratos orgânicos a água retida na

tensão de -1 kPa aproxima-se da capacidade de vaso ; entre -1 e -5 kPa corresponde à água facilmente disponível; de -5 a -10 kPa é considerada como água de reserva e também disponível para a planta e a tensões superiores a -10 kPa é tida como água dificilmente disponível. Para o solo usado, de textura média, o potencial matricial que se aproxima da capacidade de vaso é de aproximadamente -0,10 bar ou -10kPa, equivalente neste solo a 24,54% de água.

Bezerra et al.(2017) corroboram os resultados encontrados no presente estudo, quando trabalhando com a pimenta biquinho, verificou que não houve efeito significativo de lâminas de irrigação sobre o diâmetro do caule. De forma semelhante, Gomes (2012) trabalhando com o mesmo acionador para automação do processo de irrigação, nas culturas da alface e cenoura, obtiveram resultados semelhantes com relação ao efeito não significativo para diferentes lâminas de irrigação sobre as variáveis de crescimento mesmo com uma variação de mais 85% acima da lâmina controle, não sendo este suficiente para provocar diferenças significativas estatísticas no seu crescimento. Comportamento semelhante foi verificado por Fortuna (2017) testando diferentes lâminas de irrigação no cultivo de quiabeiro orgânico, com sistema de irrigação controlado pelo acionador automático de irrigação. Embora utilizando tomate, Soares et al. (2011) e Pulupol et al. (1996), trabalhando em vasos também não observaram efeito significativo das lâminas de irrigação sobre o diâmetro caulinar da cultura.

O efeito não significativo das diferentes doses de biofertilizante sobre o crescimento da pimenta está de acordo com o observado por Lima (2015) que concluiu que os biofertilizantes não influenciaram no crescimento de plantas de pimentão. Esse comportamento está de acordo também com o observado por Lima (2007), Aldrighi et al. (2002) e Souza (2000) ao concluírem que o biofertilizante não influenciou o crescimento de plantas de pimentão.

Através da análise da Tabela 9, podemos constatar que não houve efeito significativo para a interação entre os tratamentos (L \* D) e o tratamento adicional com o fatorial (AM \* F) com relação às variáveis de crescimento para a cultura da pimenta. Estes resultados podem estar relacionados à influência positiva da composição química do próprio substrato utilizado para preencher os vasos, onde o mesmo, independente das doses utilizadas de biofertilizante e do tipo de adubo (adubação mineral), poderia ser capaz de proporcionar os nutrientes necessários para suprir a demanda nutricional da cultura da pimenta biquinho, no que tange à questão de crescimento vegetativo, o mesmo não fora observado nos componentes da produção, discutidas adiante.

#### 4.2.2. Variáveis de Produção.

**Tabela 10.** Resumo da análise de variância dos componentes da produção da pimenta submetida a quatro lâminas de irrigação, cinco doses de biofertilizante e mais o tratamento adicional.

Fonte de variação	GL	Variáveis de Produção ( <i>p</i> -valor)			
		Número de Frutos	Massa média por fruto	Massa fresca Total	Massa Seca Total
Blocos	3	0,5705 <sup>ns</sup>	0,0023 <sup>ns</sup>	0,5590 <sup>ns</sup>	0,6201 <sup>ns</sup>
Lâmina de Irrigação (L)	3	0,1992 <sup>ns</sup>	0,0318*	0,2248 <sup>ns</sup>	0,0828 <sup>ns</sup>
Dose de Biofertilizante(D)	4	0,0000**	4,9790 <sup>ns</sup>	0,0066**	0,0011**
Regressão Linear	1	0,1614 <sup>ns</sup>	0,0062 <sup>ns</sup>	0,2185 <sup>ns</sup>	0,2442 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	0,0021*	0,2752 <sup>ns</sup>	0,0066**	0,0028**
Interação (L*D)	12	0,3695 <sup>ns</sup>	0,8600 <sup>ns</sup>	0,5115 <sup>ns</sup>	0,3248 <sup>ns</sup>
Adicional * Fatorial	1	0,0000**	0,3579 <sup>ns</sup>	0,0012**	0,0007**
CV %	-	2,86	10,59	3,28	9,85

Lâminas de Irrigação (L)	Médias			
	Número de Frutos (NF)	Massa média por fruto (g)	Massa fresca Total (g)	Massa Seca Total (g)
L1 - 125%	55,10	1,19	69,62	13,31
L2 - 100%	65,60	1,16	75,23	17,29
L3 - 75%	62,25	1,13	68,86	14,98
L4 - 50%	38,95	1,01	39,90	8,39

Doses de Biofertilizantes (D)	Médias			
	Número de Frutos (NF)	Massa média por fruto (g)	Massa fresca Total (g)	Massa Seca Total (g)
D1 - 200%	49,56	1,07	53,24	11,79
D2 - 150%	55,94	1,18	71,28	13,35
D3 - 100%	97,06	1,13	110	24,02
D4 - 50%	41,56	1,07	44,49	9,92
D5 - 0%	33,25	1,15	38,01	8,2

Tratamento adicional (AM) * Fatorial (F)	Médias			
	Número de Frutos (NF)	Massa média por fruto (g)	Massa fresca Total (g)	Massa Seca Total (g)
Tratamento adicional (Adubação mineral)	162,25a	1,02a	164,64a	33,28a
Fatorial (Interação L x D)	55,47b	1,11a	63,40b	13,41b

(\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); (ns) não significativo ( $p \geq 0,05$ ); GL= grau de liberdade e CV = coeficiente de variação; Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey;

Conforme o resumo da análise de variância apresentado na Tabela 10, observa-se que houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) do fator doses de biofertilizante sobre o número de frutos (NF), massa fresca total de frutos por planta (MFT), massa seca total de frutos por planta (MST) da pimenta biquinho. O fator lâmina de irrigação não afetou significativamente as variáveis de produção avaliadas, com exceção da variável massa média do fruto ( $p < 0,05$ ).

Essa falta de significância do fator de variação lâmina de irrigação, sobre as variáveis NF, MFT e MST, como já fora explicado para o caso do efeito da irrigação sobre o crescimento da pimenta, que fora influenciado pela baixa tensão utilizada pelo acionador automático para acionar a irrigação e produzir diferentes tensões de retenção de água no solo, de modo a produzir diferenças de conteúdo de água no substrato, importantes ao ponto de interferir nas variáveis de produção. Tais resultados podem ainda estar associados ao fato da fertilização mineral e à aplicação do biofertilizante na forma líquida, proporcionando uma quantidade extra de água ao substrato gerando um aumento do conteúdo de água do solo e, diminuindo o déficit hídrico.

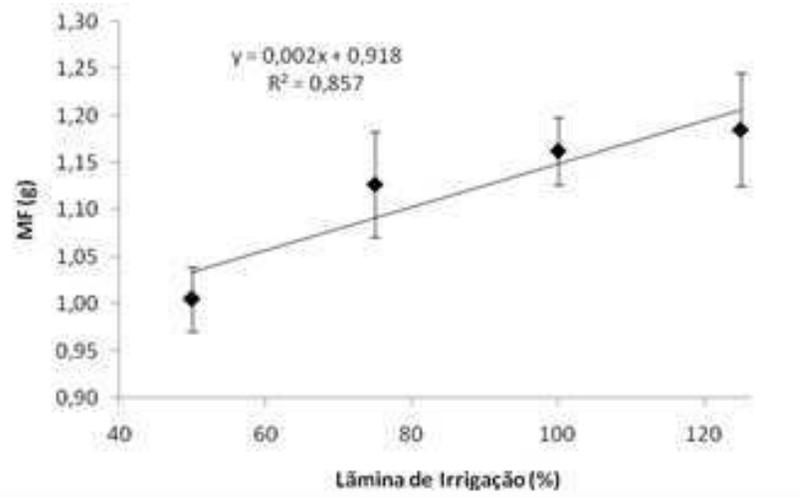
O efeito não significativo da lâmina de irrigação sobre a produção da pimenta biquinho também foi apontado por outros autores tais como Aragão (2005) e Gomes (2012), que trabalhando com diferentes lâminas também não obtiveram resposta significativa para essas variáveis. Lima et al. (2002), avaliando o efeito de diferentes lâminas de irrigação (70, 100 e 130% da ECA) sobre a cultura do pimentão, constataram efeito significativo para a massa de frutos, com as lâminas apresentando efeito linear crescente, não encontrando o ponto de máximo.

Embora a análise de variância (Tabela 10), não tenha apontado efeito significativo das lâminas de irrigação sobre as variáveis, número de frutos por planta, massa fresca total e massa seca total, mas considerando a relevância dos resultados em relação à produção, economia de água e valor comercial da pimenta, uma análise descritiva dos dados experimentais poderia ser conduzida, por se julgar que as diferenças obtidas nos valores absolutos encontrados para o tratamento L2 (100% da lâmina aplicada pelo acionador), como responsável pelos melhores resultados.

Já com relação à análise da interação entre o fatorial (L\*D) e o tratamento adicional (AM) houve interação significativa ( $p < 0,01$ ) para todas as variáveis de produção, com exceção para massa média por fruto (MF).

A partir da análise de regressão (Figura 20), verifica-se que a massa média por fruto (MF), foi a única a se ajustar ao modelo linear de regressão para as diferentes lâminas de irrigação. Esse

ajuste foi linear indicando que a massa média por fruto aumentou linearmente com as lâminas de irrigação, apresentando a lâmina L1 (125%), como o tratamento com melhor resposta para a variável massa média dos frutos, com valor médio 1,19 g, 17,82% superior ao valor obtido com a menor lâmina L4 (50%) com o respectivo valor de massa média por fruto 1,01g. Esses resultados corroboram com os alcançados por Azevedo et al. (2005), trabalhando com pimenta tabasco no município de Pentecoste-CE.

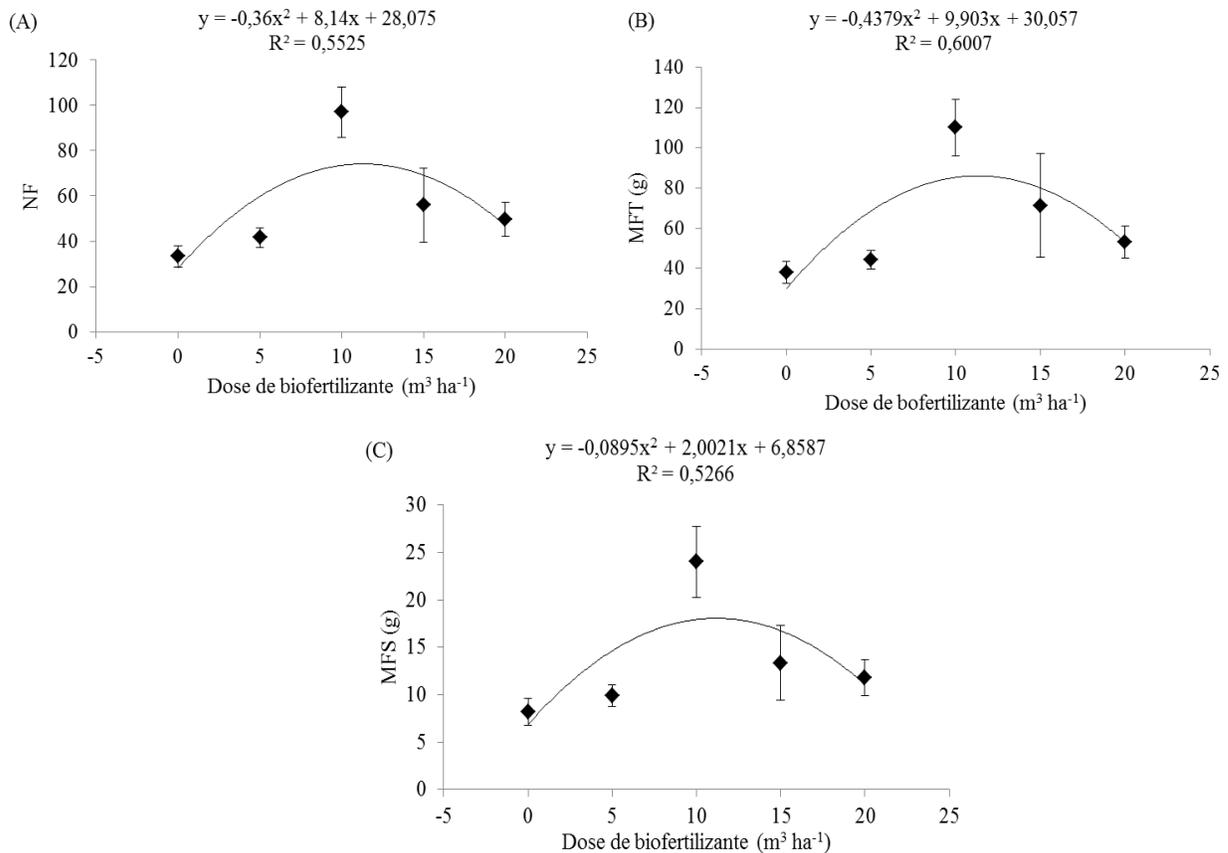


**Figura 20.** Massa média por fruto – MF, em função da aplicação das diferentes lâminas de irrigação.

Com relação ao efeito significativo ( $p < 0,01$ ) do fator doses de biofertilizante sobre o número de frutos (NF), massa fresca total de frutos por planta (MFT), massa seca total de frutos por planta (MST) da pimenta biquinho é apresentado através das suas regressões nas Figuras 21A, 21B e 22C. Todas as variáveis se ajustaram a modelos polinomiais quadráticos com respeito às diferentes doses de biofertilizante, indicando assim que os valores das variáveis aumentaram com as doses de biofertilizante.

Analisando os modelos quadráticos representados nas Figuras 21A, 21B e 21C, observa-se que a dose D3 ( $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) foi responsável pelos melhores resultados para as variáveis, número de frutos por planta (NF), massa fresca total de frutos por planta (MFT) e massa seca total de frutos por planta (MST), com os respectivos valores, 73,48 frutos (NF), uma produtividade de 85,36 g (MFT) e 17,93 g (MST), indicando uma influência positiva até determinado ponto das doses de biofertilizante. No entanto, os resultados foram inferiores aos obtidos por Almeida et al.

(2017) que obtiveram médias de número de frutos igual a 550, massa fresca total de 755,15g e massa seca total de frutos por planta de 125,95 g, em sistema convencional de produção.



**Figura 21.** (A) Número de frutos por planta – NF; (B) Massa fresca total de frutos por planta – MFT; (C) Massa seca total de frutos por planta – MFS, em função da aplicação das diferentes doses de biofertilizante.

Com a aplicação da dose D3 ( $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) do biofertilizante, ocorreu um forte incremento nas respectivas variáveis de produção, número de frutos (NF), massa fresca total de frutos por planta (MFT) e massa seca total de frutos por planta (MST), correspondendo a um aumento de aproximadamente 190% em relação aos valores observados nas plantas que não receberam o biofertilizante, tratamento D5 ( $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ).

O comportamento da curva de resposta para as variáveis NF, MFT E MST, pode ser explicado pela lei dos incrementos decrescentes, proposta por Mitscherlich (1930), a qual diz que a aplicação de doses crescentes de determinado nutriente ao solo, cuja produtividade da cultura seja limitada por ele, proporcionará aumento de produtividade com a aplicação da primeira dose. Com aplicações sucessivas do nutriente, os incrementos de produção são cada vez menores, até

que a produção não aumenta mais, mesmo com a aplicação de grande quantidade de nutriente, de modo que, as quantidades ficam tão elevadas, que ocorre efeito negativo do nutriente e a produção começa a diminuir.

Os aumentos verificados até a dosagem ótima podem ainda estar condicionados à melhoria das características químicas e biológicas do solo, com o decorrer do tempo (SANTOS, 1992; DAMATTO JUNIOR et al., 2006). As reduções verificadas nas dosagens acima do limite ótimo podem estar associadas ao aumento acentuado da população de microrganismos no solo com o incremento da dosagem de biofertilizante, com aumento consequente do consumo de nutrientes, havendo, em consequência disso, redução da disponibilidade destes para as plantas (MALAVOLTA et al., 1997). Segundo Marschner (1988), a aplicação de adubos no solo não garante o aproveitamento dos nutrientes pela cultura, uma vez que os elementos estão sujeitos a processos de perdas, ou podem assumir formas indisponíveis às plantas ou, ainda, interagir em processos de inibição e sinergismo.

Hara (1990), trabalhando com hortaliças, corrobora com os resultados do presente estudo indicando que doses intermediárias de nutrientes proporcionam melhores resultados de produtividade. Silva et al. (2000), analisaram o desenvolvimento da cultura da alface sob diferentes doses de adubo orgânico e constataram que doses elevadas do adubo podem causar desbalanço nutricional e, conseqüentemente, redução da produtividade da cultura. De acordo com Primavesi (1989), o equilíbrio entre os elementos nutritivos proporciona maiores produtividades que maiores quantidades de macronutrientes isoladamente.

Comparando o tratamento adicional (adubação mineral unicamente) com o fatorial (lamina de irrigação x doses de biofertilizante) encontrado na Tabela 10, pode-se observar através da condução do Teste de Tukey a 1%, exceto para a massa média por fruto (MF) que para todas as variáveis de produção houve uma diferença significativa entre as médias, mostrando que a utilização do biofertilizante independente da dosagem, não superou a adubação mineral. O número de frutos, a massa fresca e a massa seca total dos frutos foram respectivamente, 3,0; 2,6 e 2,5 vezes maior no solo fertilizado com adubação mineral do que com o biofertilizante.

Esses resultados demonstram que a aplicação de biofertilizante via solo é uma alternativa que traz benefícios para o desenvolvimento das plantas, porém, cada cultura pode responder de forma distinta, dependendo da sua necessidade nutricional. Deve-se, ainda, tomar cuidado ao se realizar substituição total de adubos minerais por orgânicos, uma vez que os minerais oferecem

nutrientes prontamente disponíveis às plantas, enquanto os orgânicos são de liberação gradual, o que pode ser benéfico ou não, dependendo do caso estudado. Nas condições desse experimento as plantas de pimenta fertilizadas com biofertilizante líquido à base de húmus de minhoca, embora possa ser utilizado como alternativa parcial na adubação da cultura da pimenta biquinho, se faz necessário a complementação com outros fertilizantes, sejam eles de origem mineral ou orgânica a fim de se alcançar o máximo de produtividade.

### 4.3. Eficiência do uso da água

**Tabela 11.** Resumo da análise de variância para eficiência do uso da água da pimenta biquinho submetida a quatro lâminas de irrigação, cinco doses de biofertilizante, mais o tratamento adicional com adubação mineral.

Fonte de variação	GL	Eficiência do uso da água ( <i>p</i> -valor)
Blocos	3	0,0001**
Lâmina de Irrigação (L)	3	0,6007 <sup>ns</sup>
Dose de Biofertilizante (D)	4	0,0048**
Regressão Linear	1	0,1651 <sup>ns</sup>
Regressão Quadrática	1	0,0099**
Interação (L*D)	12	0,2558 <sup>ns</sup>
Adicional * Fatorial	1	0,0013**
CV %	-	12,98
Lâminas de Irrigação (L)		Médias (g L <sup>-1</sup> )
L1 - 125%		0,94
L2 - 100%		1,03
L3 - 75%		0,95
L4 - 50%		1,16
Doses de Biofertilizantes (D)		Médias (g L <sup>-1</sup> )
D1 - 200%		0,77
D2 - 150%		0,89
D3 - 100%		1,45
D4 - 50%		0,59
D5 - 0%		0,52
Tratamento adicional (AM) * Fatorial (F)		Médias (g L <sup>-1</sup> )
Tratamento adicional (Adubação Mineral)		2,10a
Fatorial (Interação L * D)		0,85b

(\*\*) significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); (\*) significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); (ns) não significativo ( $p \geq 0,05$ ); GL= grau de liberdade e CV = coeficiente de variação; Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey;

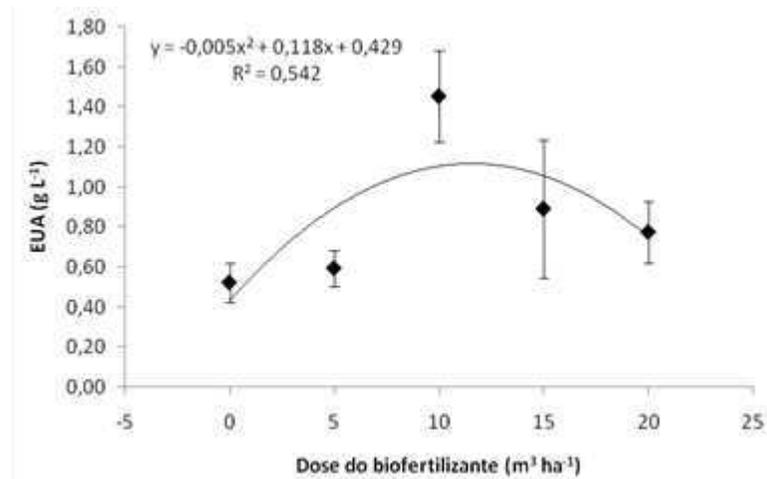
Analisando a variância apresentada na Tabela 11, observa-se que o fator lâmina de irrigação não afetou significativamente ( $p>0,05$ ) a variável eficiência do uso da água (EUA) da pimenta biquinho; já com relação ao fator dose de biofertilizante (D), houve efeito significativo ( $p<0,01$ ). A interação entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante (L\*D), também não teve efeito significativo sobre eficiência do uso de água. Observa-se ainda a ocorrência de interação significativa ( $p<0,01$ ) entre o fatorial (L\*D) e o tratamento adicional (adubação mineral).

A não significância estatística do fator de variação lâmina de irrigação (L) na variável eficiência do uso da água (EUA), assim como na maior parte das variáveis avaliadas neste trabalho, deve-se, provavelmente, à falta de déficit hídrico entre os tratamentos. Os resultados, no entanto corroboram os resultados obtidos por Azevedo et al. (2005) e Marinho (2011), que trabalhando com a pimenta Tabasco não encontraram efeitos significativos da irrigação na eficiência do uso da água.

Neste estudo, obtiveram-se os valores médios da EUA variando de 0,94 (L1) a 1,16 g L<sup>-1</sup> (L4) com um valor médio de 1,02 g L<sup>-1</sup> para o tratamento lâmina de irrigação.

Azevedo et al. (2005), trabalhando com pimenta ‘Tabasco’, em Pentecoste-CE, com diferenciações de lâminas de irrigação (40, 60, 80, 100 e 120 % da evaporação do Tanque Classe A) obtiveram o maior valor de eficiência de uso da água de 1,85 g L<sup>-1</sup>, com a lâmina de 60% . Os valores encontrados no presente experimento também foram inferiores aos valores indicados por Doorenbos & Kassam (2000), para o gênero *Capsicum* (1,5 a 3,0 g L<sup>-1</sup>), 1,85 e aos obtidos por Almeida et al. (2017) , que encontraram um valor 12,95, bem acima dos encontrados neste trabalho. Paula (2008), em condições de ambiente protegido no sudeste brasileiro, obteve valores de eficiência de uso de água variando de 0,99 a 1,2 g L<sup>-1</sup> ao avaliar o efeito da aplicação de CO<sub>2</sub> no rendimento da pimenta cv. Tabasco McIlhenny, enquanto Chaves (2008) encontrou valores de 1,99 a 2,14 g L<sup>-1</sup>, para mesma pimenta, sob diferentes frequências de irrigação, também em condições de ambiente protegido.

A partir da análise de regressão (Figura 22), verifica-se que a variável eficiência do uso da água se ajustou ao modelo polinomial quadrático com respeito às diferentes doses de biofertilizante.



**Figura 22.** Eficiência do uso da água (EUA), em função da aplicação das diferentes doses de biofertilizante.

Analisando a regressão apresentada na Figura 22, observa-se que a dose de biofertilizante D3 (10 m³ ha⁻¹) foi a responsável pelo melhor resultado para a EUA, com um valor de 1,11 g L⁻¹, 158,74 % superior ao tratamento que não recebeu a aplicação de biofertilizante (D5), com um valor de 0,52 g L⁻¹. Isso, provavelmente, resultou do fato de que a dose D3 de biofertilizante provocou um forte incremento na massa fresca do fruto, o que influenciou diretamente o resultado da variável EUA, uma vez que a lâmina de irrigação, neste estudo, não teve efeito significativo. O comportamento da curva resposta da EUA acompanha as variáveis de produção (NF, MFT e MST), como já esclarecido anteriormente, demonstrando um comportamento padrão baseado na lei dos incrementos não proporcionais, proposta por Mitscherlich, 1930.

## 5. CONCLUSÕES

- As variáveis de crescimento avaliadas não foram afetadas significativamente pelas lâminas de irrigação e doses de biofertilizante, da mesma forma para a interação entre os tratamentos e o tratamento adicional.
- Com exceção da massa média por fruto, não houve efeito significativo das lâminas de irrigação sobre as variáveis de produção. Para a massa média por fruto, a regressão significativa foi linear, sendo a lâmina L1 (125%), a que apresentou a melhor resposta.
- Houve efeito significativo das doses de biofertilizante sobre o número de frutos, e massa fresca e seca total de frutos por planta, onde a dose de  $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  foi a responsável pelos melhores resultados, mostrando o efeito positivo destas, até um determinado nível de biofertilização.
- Comparando o tratamento adicional com o fatorial lâmina de irrigação \* fertilização com biofertilizante, observou-se que todas as variáveis de produção foram superiores quando se utilizou adubação mineral.
- A Eficiência do uso da água foi afetada significativamente pelas doses de fertilizante, não sendo pelas lâminas de irrigação e nem pela interação (L \* D). O comparativo com o tratamento adicional mostrou que a eficiência do uso da água foi significativamente maior quando se utilizou fertilização mineral que quando se usou biofertilizante.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, F. A. D.; RIBEIRO, C. S. D. Solos e adubação, In: RIBEIRO, C. S. D. C. Pimentas Capsicum, Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. v. 1, cap. 8, p. 81-94.

ALDRIGHI, C. B.; ABREU, C. M.; PAGLIA, A. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; FERNANDES, H. S. Efeito da aplicação de biofertilizante e urina de vaca em mudas de tomateiro. Horticultura Brasileira, v. 20, n. 2, Suplemento 2, 2002.

ALENCAR, C. A. B.; CUNHA, F. F.; RAMOS, M. M.; SOARES, A. A.; PIZZILOLO, T.A.; OLIVEIRA, R. A. Análise da automação em um sistema de irrigação convencional fixo por miniaspersão. Engenharia na Agricultura, v.15, n. 2, p. 109-118, 2007.

ALMEIDA, W. F.; JESUS, A. P. C.; JESUS, A. R.; SILVA, J. S.; PAZ, V. P. S.; SANTOS, M. M. M. Produção de frutos de pimenta biquinho em função do gotejamento por pulsos. In: IV INOVAGRI International Meeting, 4, e Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 26, 2017. Resumos... Fortaleza: SBS, 2017.

ALVES, A. N.; DAMASCENO, K. A.; RIBEIRO, L. M. P.; CUNHA, M. F.; GONÇALVES, R. M. S.; GONÇALVES, C. A. A. Antepasto de pimenta biquinho. Uberaba: Boletim Cartilha Técnica, 2016. n. 2, p. 06-09.

ANDRADE, Gilberto Osório de (1970). Os climas do Nordeste. Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco.

ANTONY, E.; SINGANDHUPE, R. B. Impact of drip and surface irrigation on growth, yield and WUE of capsicum (*Capsicum annuum* L.). Agricultural Water Management v. 65, p.121-132. 2004.

ARAGÃO, V. F. Produção de Pimentão (*Capsicum annuum*) em Diferentes Níveis de Nitrogênio e Lâminas de Irrigação. Campina Grande: UFCG, 2005. Dissertação Mestrado.

ARAÚJO E. N.; OLIVEIRA A. P.; CAVALCANTE L. F.; PEREIRA W. E.; BRITO N. M.; NEVES, C. M, L.; SILVA, E. E. S. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e

biofertilizante. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, n. 5, p. 466-470, 2007.

AZEVEDO, B. M. de; CHAVES, S. W. P.; MEDEIROS, J. F.; AQUINO, B. F.; BEZERRA, F. M. L.; VIANA, T. V. A. Rendimento da pimenteira em função de lâminas de irrigação. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 36, n. 3, p. 268-273, 2005.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

BALAKRISNAN, K. Studies on nutrients deficiency symptoms in chilli (*Capsicum annum* L.). Indian Journal of Physiology, v. 4, n. 3, p. 229-231, 1999.

BRASIL. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura (Redação dada pelo Decreto nº 8.384, de 2014). Diário Oficial, Brasília, DF, 14 jan. 2004. Seção 1, p. 1.

BENTO, C. S.; SUDRE, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; PEREIRA, M. G. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimentas, Scientia Agraria, v. 8, n. 2, p. 149-156, 2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 7.ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 611p.

BEZERRA, C. V. C.; SILVA, V.F.; NASCIMENTO, E. C. S.; SILVA, F. M. B. S.; ANDRADE, L. O. Crescimento de pimenteiras malaguetas sob doses de esterco bovino e níveis de irrigação com água residuária. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1, 2017. Resumos... Campina Grande: CONIDS, 2017.

BARBOSA, J.G.; MUNIZ, M.A.; MESQUITA, D.Z.; COTA, F.O.; BARBOSA, J.M.; MAPELI, A.M.; PINTO, C.M.F.; FINGER, F.L. Doses de solução nutritiva para fertirrigação de pimentas ornamentais cultivadas em vasos. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental, v.17, n.1, p.29-36, 2011.

BORGUINI, R. G.; SILVA, M. V. O conteúdo nutricional de tomates obtidos por cultivo orgânico e convencional. *Higiene Alimentar*, v. 21, n. 149, p. 41-45, mar, 2007.

CAIXETA, F.; VON PINHO, E. V. R.; GUIMARÃES, R. M.; PEREIRA, P. H. A. R.; CATÃO, H.C.R.M. Physiological and biochemical alterations during germination and storage of habanero pepper seeds. *African Journal of Agricultural Research*, v. 9, n. 6, p.627-635, 2014.

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C. Irrigas: novo sistema para o controle da irrigação, In: Congresso Nacional DE Irrigação E Drenagem, 11, 2001, Fortaleza, Anais., Fortaleza: ABID, p.177-182, 2001.

CARDENAS-LAILHACAR. B. Sensor-based automation of irrigation of Bermuda grass. Gainesville: University of Florida, 2006. 224p. (M.S. Thesis).

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada. Viçosa, MG: UFV, 2012. 240p.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; BUSTAMANTE, P. G.; SILVA, D. B. Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.) da Embrapa Hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2003, Documentos n. 49, 49p.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B. Botânica. Embrapa hortaliças: versão eletrônica, 2004.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI L. B.; RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A. Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 27p.

CASALI, V. W. D.; FONTES, P. C. R. Pimentão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 201p.

CAVALCANTI, F. J. A. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. 3.ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, 2008. 212p.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. *Bahia Agrícola*, v.7, n.1, p. 57-60, 2005.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPKI, G. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, v. 86, p. 247-260, 2000.

CHAVES, S. W. P. Efeito da alta frequência de irrigação e do “mulching” plástico na produção de pimenta ‘Tabasco’ fertirrigada por gotejamento. Piracicaba: ESALQ, 2008. 154 p. Tese Doutorado.

CHAVES, S. W. P.; AZEVEDO, B. M.; AQUINO, B. F.; VIANA, T. V. A.; MORAIS, N. B. Rendimento da pimenteira em função de doses de nitrogênio. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, p.19-24, 2006.

DAMATTO JÚNIOR, E. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEONEL, S.; FERNANDES, D. M. Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 28, p. 546-549, 2006.

DEDINI, G. F. A. Adubação verde em cultivo consorciado para produção de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) em sistema orgânico. São Carlos: UFSCar, 2012, 80p. Dissertação Mestrado.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 2000. 221 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DE BOODT M; VERDONCK O. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae* v. 26, p. 37-44, 1972.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. *Revista Ceres*, Viçosa, v.27, n.50, p.155-162, 1980.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DORJI, K.; BEHBOUDIAN, M. H.; ZEGBE-DOMINGUEZ, J. A. Water relations, growth, yield and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial root zone drying, *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 105, p. 138–149, 2005.

FAQUIN V; ANDRADE AT. 2004. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE. 88p.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, El estado de la seguridad alimentaria en el mundo, Roma: FAO, 2003.

FARINA, E. M. M, Q.; REZENDE, C. L. Changing competition patterns in a weak regulatory environment: the case of organic products in Brazil, In: Symposium International Food And Agribusiness Management Association, Sidney, 2001, Anais eletrônicos.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo Manual de Olericultura – Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças, Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; GRAÇA, R. N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. *Horticultura Brasileira*, v. 23, p. 275-280, 2005.

GARCIA, A. J. V. El aji (*Capsicum chinense* Jacq.) - Patrimônio cultural y filogenético de las culturas Amazonicas. *Colombia Amazonica*, Bogotá, v. 5, n. 1, p. 161-185, 1991.

GOMES, D. P. Desempenho do consórcio de alface e cenoura, sob manejo orgânico com irrigação automatizada. Seropédica: UFRRJ, 2012. 64p. Dissertação Mestrado.

GONZÁLEZ-DUGO, V.; ORGAZ, F.; FERERES, E. Responses of pepper to deficit irrigation for paprika a production. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 114, p. 77-82, 2007.

HARA, T. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium in culture solution on the head yield and free sugar composition of cabbage. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, v. 58, p. 595-599. In *Hort, Abst.*, v. 60, n. 12, p.1125. 1990.

KÄMPF, A.N. Produção comercial de plantas ornamentais. Agropecuária Guaíba, 2000, 254p.

KARATAS, B. S.; AKKUZU, E.; UNAL, H. B.; ASIK, S.; AVCI, M. Using satellite remote sensing to assess irrigation performance in water user associations in the Lower Gediz Basin, Turkey. *Agricultural Water Management*, v. 96, p. 982-990, 2009.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.

KIJINE, J. W.; TUONG, T. P.; BENNETT, J.; BOUMAN, B.; OWEIS, T. Ensuring food security via improvement in crop water productivity. Challenge Program on Water and Food Background Paper 1, 2002.

LIMA, K. da S. Rejeito de águas de dessalinizadores utilizados via hidropônia na irrigação do pimentão sob fertilização orgânica e mineral. Fortaleza: UFCE, 2015. 63p. Dissertação Mestrado.

LIMA, L. M. L.; FERNANDES, D. L.; SOUZA, M. W. R.; MELO, P. C.; MENDONÇA, F. C.; TEODORO, R. E. F.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, H. P. Utilização de diferentes lâminas de irrigação e substratos orgânicos na produção de pimentão. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 42, Uberlândia-MG, Anais..., Uberlândia, 2002. 1 CD-ROM.

LIMA, P. A. et al. Efeito do manejo da irrigação com água moderadamente salina na produção de pimentão. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária) Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, v. 1, n. 1, p. 73-80, 2007.

LOPES M. C.; STRIPARI P. C. A cultura do tomateiro, In: GOTO R; TIVELLI S. W. (ed). *Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais*. São Paulo: UNESP, 1998, p. 257-319.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.

MARCUSSI, F. F. N. et al. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 62- 68, jan./fev, 2004.

MARCUSSI, F. F. N.; VILLAS BÔAS, R. L.; GODOY, L. J. G. de; GOTO, R. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 62-68, Jan./Fev 2004.

MARINHO, L. B. Irrigação plena e com déficit em pimenta cv. Tabasco em ambiente protegido. Piracicaba: ESALQ, 2011. 102 p. Tese Doutorado.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. Irrigação da pimenteira, Brasília: EMBRAPA/CNPH, 2007. 14 p. (Circular Técnica, 51).

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. Irrigação. In: *Pimentas Capsicum*, Brasília: EMBRAPA/CNPH, 2008. Cap. 9, p. 95-108.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. London: Academicpress, 1988. 889p.

MAZZOLENI E. M.; NOGUEIRA J. M. Agricultura orgânica: características básicas do seu produtor. *Revista de Economia e Sociedade Rural*, v. 44 (2), p. 263-293, 2006.

MEDICI, L. O. Simplified automatic controller for irrigation systems. *Revista da Propriedade Industrial*, v. 55, p.1973 (in Portuguese), 2008.

MEDICI, L. O. et al. Automatic controller to water plants. *ScientiaAgricola*, v. 67, n. 6, p.727-730, 2010. Disponível em: Acesso em: 22 ago. 2013. doi: S0103-90162010000600016.

MINER, J. A. Sustratos: propiedades y caracterización. Barcelona: Mundi-Prensa, 1994, 172p.

MITSCHERLICH, Eilh. Alfred - Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. Paul Parey. Berlim. 3a. edição. 1930.

MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; RIBEIRO, C. S. C. Espécies e variedades de pimenta. *Informe Agropecuário*, v. 27, n. 235, p. 16-29, 2006.

NUEZ VIÑALS, F.; GIL ORTEGA, R.; COSTA GARCIA, J. El cultivo de pimientos,

chiles y ajies. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 607p.

PAES, L. S. O. P. Biofertilizantes e defensivos naturais na agricultura orgânica, 2015.

PAULA, F. L. M. Aplicação de CO<sub>2</sub> via irrigação na pimenta Tabasco cultivada em ambiente protegido. Piracicaba: ESALQ, 2008. 133 p. Tese Doutorado.

PENTEADO, S. R. Defensivos alternativos e naturais: para uma agricultura saudável, Campinas: Buena Mendes Gráfica e Editora, 1999. 79p.

PENTEADO, S. R. Introdução à agricultura orgânica. Campinas: Grafimagem, 2000. 110p.

PINHEIRO, S.; BARRETO, S. B. MB-4 - Agricultura sustentável: trofobiose e biofertilizantes, Alagoas: MIBASA, 2000. 273p.

PINTO, M. F. et al. Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenteira, Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 27, n. 235, p. 40-49, nov/dez, 2006.

PINTO, C. M. F.; SALGADO, L. T.; LIMA, P. C.; PICANÇO, M.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; MOURA, W. M.; BROMMONSCHENKEL, S. H. A cultura da pimenta *Capsicum* sp. Belo Horizonte: EPAMIG, 1999. 39p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 56).

PINTO, N.; GOMES B. L.; SILVA, T. H. S.; PENHA, M. F. A.; ALVEZ, V. C. C.; GARRUTI, D. S. 2010. Análise de compostos do aroma da pimenta biquinho laranja (*C. chinense*) por CGEM e CG-olfatometria. In: Simpósio Brasileiro de Cromatografia e Técnicas Afins, 4. Resumos... São Carlos: Instituto Internacional de Cromatografia. CD-Rom.

PULUPOL, L.U.;BEHBOUDIAN, M. H.;FISHER, K. J. Growth, yield and postharvest attributes of glasshouse tomatoes produced under water deficit. Hort Science 31, p. 926–929, 1996.

PRIMAVESI, A. Manejo biológico do solo: A agricultura em regiões tropicais. 8.ed. São Paulo: Nobel, 1989. 541p.

QUEIROZ, T. M. Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central. Piracicaba: ESALQ, 2007. 141 p. Tese doutorado.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RESTREPO, J.R.. Manual de Agricultura Orgânica: Curso teórico-prático do ABC da Agricultura Orgânica: Remineralização e Recuperação da Saúde dos Solos; Microbiologia dos Solos e Técnica da Cromatografia de Pfeifferpanes. Atalanta, Brasil, 2014.

RESTREPO, J.R.; HENSEL, J. ABC da Agricultura Orgânica: panes de piedra. CALI, Colômbia, 2007 Ed.

REICHARDT, K.; TIMM L. C.; Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, processos e aplicações. Barueri : Manole, p.323-340, 2004.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; RIBEIRO, C. S. D. Cultivo In: RIBEIRO, C. S. D. Pimentas Capsicum. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. Cap. 1, p. 11-14.

RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Pimentas Capsicum. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008 (eds). 200p.

ROCHA, M. C.; SILVA, D. A. G. da.; FERNANDES, M. do C. A.; CARMO, M. G. F.do. Efeito de cultivar e de pulverizações com produtos químicos e biológicos sobre produtividade e qualidade de frutos de pimentão. Horticultura Brasileira, Brasília, v.21, n. 2, 2003.

RUFINO, J. L. S.; PENTEADO, D. C. S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. Informe Agropecuário, v. 27, n. 235, p. 7-15, 2006.

SANTOS, A. C. V. dos. Biofertilizante líquido, o defensivo da natureza. Niterói: EMATER, 1992. 16p. Agropecuária Fluminense, 8.

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

SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J. E.; GONÇALVES, M. M.; SCHIAVON, G. A. Preparo e uso de húmus líquido: opção para adubação orgânica em hortaliças. 2008.

SEZEN, S.M.; YAZAR, A.; EKER, O. S. Efeitos de regimes de irrigação no rendimento e qualidade em campo de pimenta. *Agricultural Water Management*, v.18, n.1, p.115- 131, 2006.

SILVA, A. F., PINTO, J. M., FRANÇA, C. R. R. S., FERNANDES, S. C., GOMES, T. C de A., SILVA, M. S. L. da e MATOS, A. N. B. Preparo e Uso de Biofertilizantes Líquidos. EMBRAPA, (Comunicado Técnico da Embrapa Semi-Árido, 130), 2007.

SILVA, A. O.; FRANÇA, E. F.; KLAR, A. E. Eficiência de uso da água em cultivares de beterraba submetidas a diferentes tensões da água no solo. *Water Resources and Irrigation Management*, v. 2, p. 27-36, Jan.-Abr 2013.

SILVA, F. N.; MAIA, S. S. S.; OLIVEIRA, de M. Doses de matéria orgânica na produtividade da cultura da alface em solo eutrófico na região de Mossoró, RN. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, 2000.

SILVA, M. A. G.; BOARETTO, A. E.; FERNANDES, H. G.; BOARETTO, R. M.; MELO, A. M. T.; SCIVITTARO, W. B. Características químicas de um latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. *Scientia Agrícola*, v. 58, p.561-566, 2001.

SILVA, M. C. L. da.; FILHO, H. P. L.; SÁ, V. A. de L.; SANTOS, V. F. dos.; FIGUÊREDO, A. de C. Fertilização orgânica e controle alternativo de pragas e doenças em hortaliças. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 2, 2003.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; ARAÚJO, T. T.; SÁ, F. V. S. Taxas de crescimento do tomateiro sob lâminas de irrigação em ambiente protegido. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 210-217, 2011.

SONNENBERG, P. E. Olericultura especial – II. 3.ed. Goiânia: UFG – EAV, 1985, 149p.

SOUZA, F. Irrigação, desenvolvimento e tecnologia. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2000. 94p

SOUZA, J. A. de. Estimação de parâmetros genéticos em um dialelo de pimenta (*Capsicum chinese* Jacq.). Lavras: UFLA, 1998. 91p. Tese Doutorado.

SOUZA, J. L. de. Nutrição orgânica com biofertilizantes foliares na cultura do pimentão em sistema orgânico. Horticultura Brasileira, Brasília: SOB, v. 18. P. 828-829, 2000.

SUDENE. Dados pluviométricos mensais do Nordeste. Recife, 1990. (Série Pluviometria 1 a 10).

YAMAMOTO, S.; NAWATA, E. *Capsicum frutescens* L, in southeast and east Asia, and its dispersal routes into Japan. Economic Botany, v. 59, n. 1, p. 18-28, 2005.