

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

BRUNO DE LIMA SANTORO

**ESTUDO DA DINÂMICA DA SOLUÇÃO DO SOLO PARA O MANEJO
DA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DO
PIMENTÃO**

**ARARAS
2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

BRUNO DE LIMA SANTORO

**ESTUDO DA DINÂMICA DA SOLUÇÃO DO SOLO PARA O MANEJO
DA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DO
PIMENTÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Agricultura e Ambiente, como
requisito para a obtenção do título de **Mestre
em Agricultura e Ambiente.**

ORIENTADOR: Prof. Dr. CLAUDINEI FONSECA SOUZA

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSÉ GEANINI PERES

ARARAS

2011

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S237ed

Santoro, Bruno de Lima.

Estudo da dinâmica da solução do solo para o manejo da fertirrigação por gotejamento na cultura do pimentão / Bruno de Lima Santoro. -- São Carlos : UFSCar, 2011.
46 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Irrigação por gotejamento. 2. Reflectometria no domínio do tempo. 3. Solução do solo. I. Título.

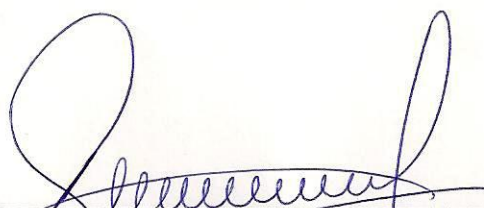
CDD: 631.587 (20ª)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE

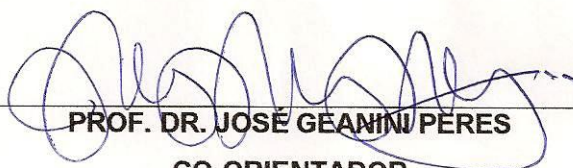
BRUNO DE LIMA SANTORO

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
E AMBIENTE, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS EM 15 DE
JULHO DE 2011.

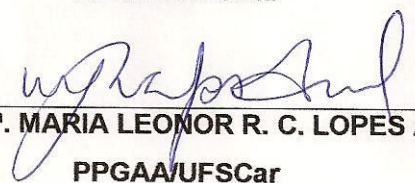
BANCA EXAMINADORA:



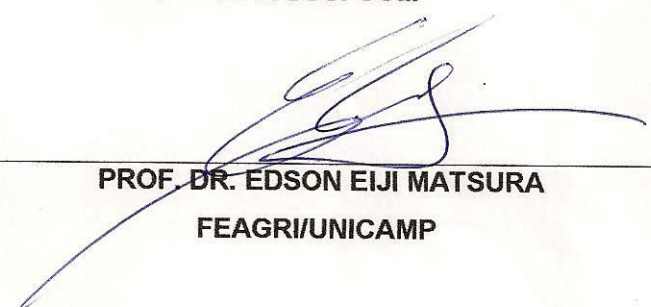
PROF. DR. CLAUDINEI FONSECA SOUZA
ORIENTADOR
PPGAA/UFSCar



PROF. DR. JOSÉ GEANINI PERES
CO-ORIENTADOR
PPGAA/UFSCar



PROF.ª DR.ª. MARIA LEONOR R. C. LOPES ASSAD
PPGAA/UFSCar



PROF. DR. EDSON EIJI MATSURA
FEAGRI/UNICAMP

*Aos meus pais, **Mauro e Dalva**,
cujo amor e carinho nunca me deixaram faltar,
pelo exemplo de vida que eles são...*

*...**DEDICO***

*Ao meu irmão, **Rodrigo**,
uma pessoa, que em muitos momentos
da minha vida, me inspirei...*

*...**OFEREÇO***

*Aos meus familiares e amigos,
que direta ou indiretamente participaram
comigo desta jornada...*

*... A minha **HOMENAGEM**.*

AGRADECIMENTOS

- A Deus, por me dar à vida, e me guiar nos caminhos mais difíceis, sem me abandonar um só segundo nesta luta;
- Ao Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza, pela confiança, dedicação, competência e excelente orientação prestada durante o período de elaboração deste trabalho;
- A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa concedida e apoio financeiro ao projeto;
- Ao Programa de Pós Graduação em Agricultura e Ambiente pela oportunidade oferecida;
- Ao Prof. Dr. José Geanini Peres, pelo conhecimento passado e pelo apoio, que foram indispensáveis para este trabalho;
- Aos colegas do curso de mestrado, que contribuíram muito para meu crescimento pessoal e profissional;
- Aos amigos Lucas Sato, João Paulo Brunhara e Rodolfo Bonilha pela colaboração durante a realização desta pesquisa;
- Aos funcionários do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos;
- A todos que contribuíram para a concretização deste trabalho e me auxiliaram durante a Pós-Graduação.

RESUMO

ESTUDO DA DINÂMICA DA SOLUÇÃO DO SOLO PARA O MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA CULTURA DO PIMENTÃO

Dentre os vários sistemas, a irrigação por gotejamento tem sido crescentemente utilizada, principalmente pela sua maior eficiência no uso da água. O objetivo deste trabalho foi estudar a dinâmica da solução do solo caracterizando a distribuição, armazenamento e absorção de nutrientes pela planta de pimentão através do manejo da fertirrigação por gotejamento, em função de duas vazões. O ensaio foi realizado em uma casa de vegetação localizado no Departamento de Ciências Agrárias da Unitaú. O solo do local do estudo é um Latossolo Vermelho Amarelo de textura média. O ciclo da cultura durou 120 dias. A partir das leituras das sondas de TDR foi possível estimar a umidade e a concentração da solução do solo. Assim, a distribuição da solução no solo foi monitorada e contabilizada em camadas de 0,1 m até 0,6 m. A avaliação do sistema radicular mostrou que o tratamento de 4L h⁻¹ apresentou uma área de 69,31 cm² enquanto o tratamento de 2 L h⁻¹ apresentou uma área de 45,21 cm². A produtividade observada foi de 0,19 kg m⁻² e 0,27 kg m⁻² para 2 e 4 L h⁻¹, reforçando os resultados vistos na distribuição de nutrientes, desenvolvimento do sistema radicular. Verificou-se que para o tratamento com vazão de 2 L h⁻¹ houve uma tendência de perda de nutrientes por percolação, potencializando possíveis contaminações do lençol freático. O gotejador com vazão de 4 L h⁻¹ mostrou-se mais eficiente na distribuição e armazenamento de água e nutrientes em um perfil do solo, o que favoreceu o rendimento da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Reflectometria no domínio do tempo. Solução do solo. Irrigação por gotejamento.

ABSTRACT**STUDY OF DYNAMICS OF SOIL SOLUTION FOR THE DRIP FERTIGATION
MANAGEMENT IN CULTURE OF PEPPER**

Among various systems, the drip irrigation has been increasingly used, mainly because of its greater efficiency in water use. This work aimed to study the dynamics of soil solution, characterizing the distribution and storage of nutrients in the soil solution, and their absorption by pepper through the management of drip fertigation with two flows rates. The experiment was conducted in a greenhouse located in the Department of Agricultural Science, Unitaú. The soil of study is an Oxisol Yellow, medium texture. The crop cycle lasted 120 days. From the readings of TDR probes were possible to estimate water content and soil solution concentration. Thus, the distribution of soil solution was monitored and counted in layers of 0,1m to 0,6 m. The evaluation of root system showed that the treatment of 4 L h⁻¹ had an area of 69,31 cm², while the treatment of 2 L h⁻¹ had an area of 45,21 cm². The productivity was 0,19 kg m⁻² and 0,27 kg m⁻² for 2 Lh⁻¹ and 4 L h⁻¹, respectively, what reinforces the results of nutrients distribution and root system development. It was found that for treatment with the flow rate of 2 L h⁻¹ there was a trend of nutrient loss by percolation, increasing possible contamination of groundwater. The dripper with a flow rate of 4 L h⁻¹ was more efficient at distributing and storing water and nutrients in a soil profile, which improved crop yield.

KEYWORDS: Time domain reflectometry. Soil solution. drip irrigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Casa de Vegetação.	14
Figura 2. Esquema do sistema de irrigação por gotejamento.	16
Figura 3. Distribuição das sondas de TDR no perfil do solo.	16
Figura 4. Distribuição das sondas no perfil do solo (A) e estação de monitoramento (B)	17
Figura 5. Temperatura média e umidade relativa no interior da estufa.	21
Figura 6. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo na camada I para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	22
Figura 7. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo na camada II para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	22
Figura 8. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo na camada III para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	23
Figura 9. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo na camada IV para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	23
Figura 10. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo camada V para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	24
Figura 11. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo na camada VI para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	24
Figura 12. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada I para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	26
Figura 13. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada II para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	27
Figura 14. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada III para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	27
Figura 15. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada IV para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	28
Figura 16. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada V para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	28
Figura 17. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada VI para as vazões de 2 L h ⁻¹ e 4 L h ⁻¹	29
Figura 18. Imagem digital do sistema radicular para o tratamento de 4 L h ⁻¹ (A) e 2 L h ⁻¹ (B).	31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Características físicas e químicas do solo na camada de 0-0,60 m.....	15
TABELA 2. Vazão e uniformidade de emissão para os dois tratamentos.	20
TABELA 3. Valores médios de água e nutrientes nas diferentes camadas para os diferentes tratamentos.....	30
TABELA 4. Análise foliar para os tratamentos, 2 e 4 L h ⁻¹	31
TABELA 5. Teste de Tukey a 5% para a produtividade encontrada.	32
TABELA 6. Valores de absorção de nutrientes e consumo de água.	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO.....	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Irrigação por gotejamento.....	5
3.2 Fertirrigação por gotejamento.....	7
3.3 Dinâmica da solução do solo	8
3.4 A técnica da TDR.....	10
3.5 A cultura do pimentão em ambientes protegidos	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1 Uniformidade de distribuição da irrigação	20
5.2 Monitoramento da temperatura e umidade do ar no interior da casa de vegetação ...	20
5.3 Distribuição da Solução no Solo	21
5.4 Armazenamento da Solução no Solo.....	26
6 CONCLUSÕES.....	34
7 REFERÊNCIAS	35
8 ANEXOS	43
ANEXO A – Valores de CE_{TDR} medida durante o ciclo da cultura.....	43
ANEXO B – Valores de umidade do solo medidos durante o ciclo da cultura.....	45

1 INTRODUÇÃO

O setor agrícola constitui uma opção importante para o desenvolvimento brasileiro, visto que poderá contribuir para o abastecimento de alimentos, combustíveis, e fibras, além de gerar excedentes exportáveis. Entretanto, a instabilidade climática é um dos fatores determinantes para que a produtividade esteja sempre aquém da desejada. Portanto, se faz necessária a otimização da produção através do uso de inovação tecnológica.

Uma técnica bastante utilizada para suprir a demanda de água pelas culturas é a prática da irrigação, que possibilita a incorporação de áreas previamente consideradas impróprias para o cultivo, pela ocorrência de déficits hídricos. Além de proporcionar o aumento da produtividade, pode contribuir para melhoria da qualidade e se constituir também em fator estabilizador da produção. IBGE (2007) mostram que o método de irrigação por aspersão é o mais utilizado no Brasil, com cerca de 2,4 milhões de ha (53%), principalmente para irrigação por aspersão convencional, enquanto a irrigação por superfície prevalece nas regiões Norte e Sul (30%). A irrigação localizada representa a menor área, com 328 mil ha, e esta em fase de crescimento, especialmente nas regiões Nordeste e Sudeste. O uso da irrigação localizada com enfoque na redução do uso da água no setor agrícola e, em especial na agricultura irrigada, tem sido recomendado pelos Comitês de Bacia Hidrográfica no país.

A agricultura irrigada moderna busca mais do que simplesmente o aumento de produção de alimento. É necessário que seja sustentada no meio ambiente primando pelo bom manejo dos recursos naturais. Desta forma, surge o principal desafio: implantar esta tecnologia com base em dados econômicos e sem prejuízos ao meio ambiente. O ponto de partida, porém, é fazer uma análise completa e específica das condições da propriedade rural e em seguida escolher, dimensionar e manejar adequadamente o sistema de irrigação.

Dentre os vários sistemas, a irrigação por gotejamento tem sido crescentemente utilizada, principalmente pela sua maior eficiência no uso da água. A água é aplicada ao solo em pequenas quantidades, porém com alta frequência, na região radicular da planta, mantendo a umidade do solo, nessa região, próximo à capacidade de campo. A estimativa adequada da forma e dimensões do bulbo molhado é de fundamental importância para a determinação do número de emissores por planta e da sua localização em relação à planta ou fileira de plantas (SOUZA et al., 2009). A superestimativa da porcentagem de solo molhado reduz a eficiência do sistema onerando-o desde o super dimensionamento da estrutura hidráulica ao desperdício

de água, energia e fertilizantes; enquanto que a subestimativa poderá acarretar riscos de estresse à cultura e promover a má distribuição do sistema radicular.

Testes em campo são sugeridos para gerar informações capazes de auxiliar na estimativa do dimensionamento do sistema de irrigação por gotejamento. Geralmente não são realizados devido ao tempo necessário, trabalho árduo, recursos e cuidados experimentais envolvidos, além de ser necessária a abertura de trincheiras (SOUZA et al., 2009). Assim, a prática se adianta à investigação científica e com isso surgem os problemas. Infelizmente, este fato tem implicado em prejuízos de produtividade e desestímulo ao uso da técnica do gotejamento por parte de alguns agricultores.

A fertirrigação se dá pela aplicação de fertilizantes através da água de irrigação, possibilitando a otimização dos adubos em diferentes culturas, obtendo-se assim resultados notáveis tanto na produtividade quanto na qualidade dos produtos. A técnica pode ser mais bem vista em sistemas de irrigação por gotejamento (OLIVEIRA & VILLAS BÔAS, 2008).

Segundo Marcussi (2005) na fertirrigação os nutrientes são absorvidos facilmente por estarem prontamente disponíveis na solução do solo, sendo isso uma das vantagens mais significativas desta técnica.

Porém, mesmo diante das vantagens vistas pela técnica da fertirrigação aplicado por gotejamento, existe uma escassez de conhecimentos sobre a dinâmica da água e dos solutos no perfil do solo (SOUZA & FOLEGATTI, 2010). A eficiência da fertirrigação como forma de reduzir possíveis contaminações do lençol freático através da lixiviação de nutrientes se dá por meio do manejo, conhecendo-se o movimento do nutriente no solo, a profundidade máxima do sistema radicular, que muitas vezes concentra-se em 0,2m de profundidade (ZONTA et al., 2006).

Para medidas precisas de umidade do solo e condutividade elétrica em laboratório e em campo existe uma tendência de utilização da técnica de TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo), onde se recomenda o levantamento de uma curva de calibração para cada tipo de solo, um inconveniente normalmente aceitável comparado com as vantagens que apresenta em relação a outras técnicas.

As vantagens inerentes da técnica de TDR como a precisão, método não destrutivo, a não utilização de radiação ionizante, possibilidade de automação e acoplamento a dispositivos multiplicadores de leituras, pouca influência da textura, densidade e salinidade são justificativas fortes para a adoção cada vez maior da técnica, em substituição a outros métodos

(TOPP et al. 1980; COELHO & OR, 1996). Sua principal desvantagem tem sido o custo, ainda alto para os padrões da agricultura nacional.

Conhecendo-se o potencial da irrigação por gotejamento, considerando a falta de trabalhos realizados em solos brasileiros para aquisições de informações sobre o movimento dos nutrientes no solo aliados à tendência da utilização da TDR em campo, acredita-se que com a técnica é possível adquirir informações que possam contribuir e determinar critérios para o manejo da fertirrigação por gotejamento, principalmente em casos onde há necessidade de rápidas tomadas de decisões, com a finalidade do aumento de produção juntamente com a preservação dos recursos hídricos.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi estudar a dinâmica da solução do solo caracterizando a distribuição, o armazenamento e a absorção de nutrientes pela planta de pimentão através do manejo da fertirrigação por gotejamento, em função de duas vazões.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Irrigação por gotejamento

Segundo Dasberg & Or (1999) compreende-se irrigação por gotejamento a aplicação de pequenos volumes de água diretamente no sistema radicular da planta através de gotejadores na superfície do solo ou enterrados onde o sistema funciona com pressões variando entre 20 a 200 kPa e com vazões de 1 a 30 L h⁻¹. Assim, o volume de água aplicado se propaga em uma forma tridimensional, formando o bulbo molhado ou bulbo úmido.

Este sistema é usualmente constituído por um cabeçal de controle, linha principal, linhas laterais, podendo haver ou não linhas secundárias. As linhas laterais, onde são acoplados os gotejadores são fabricados com polietileno, flexíveis e preto evitando o desenvolvimento de algas no interior da linha. A linha secundária e principal pode ser de PVC ou metal, e normalmente enterradas. O cabeçal de controle tem a função de fornecer água e pressão suficiente aos gotejadores, sendo composto por moto bomba, filtro de tela, filtro de areia, válvulas e registro (KELLER & BLIESNER, 1990).

Nascimento & Soares (1988) afirmaram que ao dimensionar sistemas de irrigação por gotejamento utilizam-se dados tabelados por não haver equipamentos que proporcionem medidas reais do bulbo molhado e Keller & Bliesner (1990) recomenda para o manejo da irrigação deste tipo de sistema, conhecer o volume de solo molhado evitando assim a sobreposição de bulbo, aumentando a eficiência da aplicação de água e em alguns casos de fertilizantes, destacando os solos arenosos por apresentarem uma maior taxa de infiltração. Com relação ao volume de água aplicado no solo, com o aumento deste volume ocorre também um aumento da frente de molhamento, e ao mesmo tempo uma diminuição da profundidade do bulbo molhado (SOUZA & MATSURA, 2004).

Desta forma, conhecer o comportamento do bulbo molhado em função da vazão do gotejador, tipo de solo, tempo de funcionamento do sistema podem ser usados no planejamento e execução do sistema de irrigação por gotejamento de tal modo que a partir do tamanho do sistema radicular pode-se ter uma maior precisão da lâmina de água aplicada, evitando perdas por percolação e lixiviação de nutrientes (MAIA, 2010).

Devido à tendência da falta de água de boa qualidade para irrigação em razão da expansão das áreas urbanas combinado com a competição industrial, a agricultura moderna

vem recomendando a irrigação por gotejamento como nova tecnologia tomando por partida o seu potencial para a economia dos recursos hídricos (RIVERA, 2008).

Scaloppi (1986) afirma que a irrigação por gotejamento trás alternativas que podem superar dificuldades em áreas onde há uma significativa variabilidade espacial em suas características físicas, químicas, morfológicas do solo. Pois este sistema permite mudanças operacionais e dimensionais que podem atender tais variações, o que seria muito difícil de conseguir com outros sistemas de irrigação: aspersão, pivô central, superfície, auto propelido, deslocamento linear.

Segundo Souza, L. et al (2006) avalia-se um sistema de irrigação pela uniformidade de aplicação que água, pois a baixa uniformidade resulta em baixa produção. A irrigação por gotejamento destaca-se também pela alta uniformidade de aplicação, conseqüentemente alta eficiência de aplicação, assim este alto desempenho propicia a aplicação de insumos agrícolas junto a água de irrigação (quimigação). Wu & Gitlin (1975) concluíram que uma eficiência de aplicação de 90 % pode ser facilmente alcançada na irrigação por gotejamento quando comparada com a aspersão que varia entre 60% a 70%. Alguns gotejadores modernos possibilitam coeficiente de variação menor que 5 %, resultado em um coeficiente de uniformidade maior que 96 %.

A irrigação por gotejamento ainda possui custos elevados, e comumente utilizado em culturas com alta rentabilidade, exige um alto investimento e mão de obra especializada, assim sua adoção deve ser criteriosamente analisada e estudada, avaliando seu custo benefício (SILVA, A. 2003). Também, o monitoramento da distribuição de água no perfil do solo, permite determinar com maior precisão o momento da irrigação, assim como o momento da irrigação. (COELHO & OR, 1999).

Assim sendo, as oportunidades oferecidas por um sistema de irrigação por gotejamento, tais como: aumento da produtividade e qualidade da colheita, eficiência no uso da água, aplicação conjunta de água e fertilizantes de forma mais racional, além da facilidade de instalação, medição das vazões do gotejadores, mudança de posições de linhas e possibilidades de monitoramento da umidade na superfície do solo (NOGUEIRA et al., 2000), fazem com que este sistema seja cada vez mais utilizado entre os agricultores, somando as conseqüências positivas ao meio ambiente.

3.2 Fertirrigação por gotejamento

Existe uma tendência em substituir a adubação tradicional pela aplicação de fertilizantes junto a água de irrigação, conhecida como fertirrigação. O nutriente é provido juntamente com a água, sendo isso essencial para sua absorção, além de uma melhor distribuição no campo (DUENHAS et al., 2002).

Ao comentar sobre agricultura intensiva, Bar-Yosef (1999) salienta que a irrigação e a adubação são ferramentas primordiais para essa prática e acrescenta que para o controle do desenvolvimento das plantas, rendimento e qualidade dos frutos são necessários manejo da irrigação e fertilização.

Segundo Burt et al. (1995) ao se comparar a fertirrigação por gotejamento com a aplicação de fertilizantes por métodos convencionais, há um maior aproveitamento no primeiro método, observando economia de 20 a 50% menos fertilizantes em relação ao método convencional.

Na fertirrigação as doses recomendadas para cada cultura podem ser fracionadas de acordo com as necessidades nutricionais. A técnica otimiza o uso dos insumos de maneira que a eficiência de absorção é aumentada, além disso há uma redução da mão de obra, custos com operação de máquinas agrícolas e uma flexibilidade na aplicação (MELO et al., 2009).

No entanto esse manejo deve avaliar os impactos que possam ocorrer no solo, influenciando assim no desenvolvimento das plantas. Comumente faz-se o monitoramento da solução injetada na linha, e da solução na saída do emissor, bem como cálculos de uniformidade de aplicação em toda área (SOUSA & COELHO, 2001).

Existe ainda a problemática das variações espaciais e temporais dos elementos químicos aplicados via água de irrigação, podendo variar sua distribuição dentro do perfil do solo (MMOLAWA & OR, 2000). Assim, entender o movimento do soluto no solo em duas ou três dimensões, partindo do ponto de saída dos emissores é importante no desenvolvimento do manejo, dimensionamento e operação da prática da fertirrigação. (CLOTHIER, 1988).

Em aplicações de água insuficiente, os sais podem se concentrar em camadas mais superficiais do solo ocorrendo um menor desenvolvimento do sistema radicular que vem a explorar um menor volume de solo, e conseqüentemente acarreta uma menor produtividade. Porém quando se aplica lâmina excessiva, esses nutrientes ficam disponibilizados em uma camada do solo onde não há presença de raízes, promovendo a lixiviação de nutrientes que podem alcançar lençóis freáticos ocasionando contaminações ambientais. (DONAGEMMA et al., 2008). Os autores ainda revelam que são poucos os trabalhos em solos tropicais que

mostram a influência dos nutrientes na fração da lâmina de água aplicada, bem como estratégias de parcelamento da fertirrigação como meio de aumentar a produtividade sem causar carregamento de nutrientes para águas subterrâneas.

Os nutrientes se movem dentro do volume de água aplicado e são regidos pelo fluxo desta água, assim sabendo que as características químicas dos fertilizantes diferem, são também diferentes suas distribuições no solo quando aplicados via irrigação por gotejamento (PAPADOPOULOS, 1985).

A lixiviação de nitrato é o modo dominante pelo qual é perdido no sistema solo-planta, e em casos onde o solo já contém quantidades significativas de nitrogênio, essa perda é maior (BOSWELL et al., 1985). O autor reporta ainda que os nitratos se movem junto com outros sais solúveis para frente de molhamento do bulbo molhado. Assim, conhecer os fatos que levam a mobilidade do ânion no solo e controlar as taxas de nitrogênio são necessários para prevenir a poluição de águas subterrâneas.

Já o potássio aplicado via fertirrigação tende a se mover para baixo e lateralmente dentro do bulbo molhado, o que resulta em uma distribuição mais uniforme. (PAPADOPOULOS, 2001).

Em maior parte a salinização dos solos atualmente é devido a aplicação de fertilizantes em excesso na água de irrigação, principalmente em ambientes protegidos. A estratégia de controle como a aplicação de lâminas de lixiviação, recomendadas por Hoorn & Alphen (1981) não seria adequada hoje em dia, visto que os sais seriam lixiviados, além de um investimento de capital perdido (Silva, E. et al., 1999).

Porém para Burgueño, 1996, seria mais racional o controle por meio do monitoramento da condutividade elétrica do solo e da concentração de íons presentes, assim é possível controlar valores tolerantes pela cultura sem a queda do rendimento.

3.3 Dinâmica da solução do solo

Rocha et al. (1998) afirma que a redistribuição de água no perfil do solo após a irrigação ocorre de maneira tridimensional e de grande importância nas relações água-solo-planta, porém muitos pesquisadores têm avaliado somente a distribuição na superfície do solo.

Conhecer esse volume molhado no perfil do solo pode ser feito com a abertura de trincheiras ou modo indireto, com o emprego de modelos matemáticos que simulam tais condições. Devido às características particulares de cada solo, o uso de tabelas e modelos nem

sempre são recomendados, fazendo com que o estudo na área seja fundamental. (BARROS et al., 2009).

Segundo Machado & Coelho (2000) entender as zonas de influência do sistema radicular no perfil do solo ajuda a instalação e posicionar sensores para medição de teor de água no solo, além de entender melhor as interações que ocorre durante as épocas de adubação e o desenvolvimento da cultura. Desta maneira, maneira Santos et al. (2005), conhecer a absorção da solução do solo pela cultura, torna-se uma ferramenta importante para subsidiar tomadas de decisões dentro do manejo da irrigação localizada.

De acordo com Olson (1984) a disponibilidade de água é fundamental para que a cultura responda aplicações de nitrogênio, e por outro lado a sua nutrição com nitrogênio faz com ela a planta absorva água com mais eficácia. Já o potássio, afirmam Thomas e Bertsch (1985) que sua disponibilidade esta em função do fluxo de massa e difusão, que também estão em função da umidade do solo. Assim, a dinâmica do nitrogênio e do potássio no perfil do solo está diretamente relacionada com a água disponível (HAVLIN et al., 2005).

Em experimentos utilizando o potássio como fertilizantes na irrigação por gotejamento Zanini (1991) constatou que este íon se distribuiu no bulbo molhado juntamente com a distribuição de água, acompanhando a frente de molhamento.

Os efeitos da concentração da solução do solo em resposta a melhores rendimentos da cultura esta relacionado com a diminuição do potencial osmótico, este, em função da disponibilidade de água para a cultura. Assim podem ocorrer efeitos específicos como, por exemplo, a salinização, alterando o processo fisiológico da planta (BRESLER et al., 1982).

Ainda segundo o mesmo autor, para controlar a salinidade tolerável dentro do sistema radicular é preciso monitorar a qualidade da água, a fração lixiviada, a frequência de irrigação, a absorção pela cultura combinados com o dimensionamento do sistema de irrigação.

Segundo Medeiros (2001), estes monitoramentos podem ser realizados medindo a salinidade de amostras obtidas, e determinando a condutividade elétrica do extrato de saturação, ou mesmo utilizando extratos diluídos. Neste ultimo um inconveniente seria realizar calibrações para a conversão do extrato de saturação como medida padrão de salinidade do solo.

De acordo com Souza et al. (2006) o uso de extratores tem sido largamente utilizado em pesquisas para a determinação da salinidade, pois oferecem precisão nos resultados com baixo custo de aquisição de equipamentos, porém para medidas em campo, as instalações dos extratores trazem resultados poucos precisos, além de alterar o local de estudo onde há

repetição de ensaios em uma mesma área. Os autores propõem que o para medidas precisas de umidade e condutividade elétrica do solo, tanto para estudos em laboratório como em campo, o uso da técnica da TDR (Time Domain Reflectometry), recomendando uma curva de calibração para cada tipo de solo estudado, uma desvantagem aceitável quando comparado a outros métodos.

As vantagens da técnica da TDR como: precisão, método não destrutivo, não utilização de radiação ionizante, automação de leituras, multiplicação de leituras pontuais e pouca influencia da textura, densidade e salinidade são justificativas cada vez maiores para a sua adoção, substituindo outros métodos (TOPP et al., 1980). Ainda sua principal desvantagem tem sido o custo elevado para os padrões da agricultura brasileira, sendo somente utilizados em pesquisas científicas da área.

Para estudos da dinâmica da solução do solo, monitorando ao longo do tempo a umidade e a condutividade elétrica do solo, recomenda-se o uso da técnica da TDR (MMOLAWA & OR, 2000).

3.4 A técnica da TDR

Determinar o conteúdo de água do solo, ou umidade do solo é de fundamental importância para entender os processos físicos, químicos e biológicos que neles ocorrem. Os métodos de medição de umidade do solo são classificados em diretos ou indiretos. Este primeiro consiste em remover a água presente na matriz do solo, e assim medi-las diretamente, o que pode ser obtida por meio de aquecimento, utilização de solventes ou reação química (MANIERI et al., 2007). Já nos métodos indiretos a umidade do solo é relacionada com alguma propriedade física ou química, podendo ser a constante dielétrica, a condutividade elétrica, a capacidade térmica, susceptibilidade magnética, entre outros (Topp & Ferré, 2002).

A sonda de nêutrons tem como vantagem apresentar um método não destrutivo de leituras de umidade em determinadas profundidades, porém por emitir radiação, sua utilização desperta preocupação entre os usuários da técnica, pois se deve ater para a normas e regulamentações para o uso deste tipo de equipamento, o que implica em uma grande desvantagem da técnica (TEIXEIRA et al., 2005).

Segundo Cichota & Jong Van Lier (2004) a técnica da TDR (Time Domain Reflectometry) tem despertado interesse entre os pesquisadores por realizar leituras em

tempo real e automática, com equipamentos de fácil manuseio, mas ainda com um custo elevado e com necessidades de calibração para o solo em estudo.

Conforme Noborio (2001) a partir do conteúdo de água no solo relaciona-se a velocidade de propagação da onda eletromagnética neste meio, através de cabos condutores. Este fenômeno ocorre porque há uma diferença nas constantes dielétricas (K) dos materiais: água, ar e solo, sendo que na matriz do solo, os valores de K variam entre 1 e 81. De acordo com Conciani et al. (1996) o cálculo da constante dielétrica da matriz do solo (K_a) é feita partindo do valor do tempo que o sinal leva para percorrer o meio, em função do comprimento da sonda, descrito na equação (1). O fator multiplicador dois na equação é em razão de que o sinal faz um caminho de ida e volta.

$$K_a = \left(\frac{ct}{2L} \right)^2 \quad (1)$$

em que,

c = Velocidade da luz ($0,30 \text{ m ns}^{-1}$)

t = tempo gasto para percorrer a sonda (ns)

L = comprimento da sonda (m)

Topp et al. (1980) completam que conhecendo esta variável pode-se determinar a umidade volumétrica do solo utilizando calibrações e mostram ainda que a relação entre a umidade e a constante dielétrica do solo é muito pouco influenciada pela textura, salinidade e temperatura, o que fez propor uma equação (2) geral de calibração.

$$\theta = 0,0000043Ka^3 - 0,00055Ka^2 + 0,029Ka - 0,053 \quad (2)$$

A autor ainda mostra que com a técnica é possível também a determinação da condutividade elétrica do solo. De modo direto, condutividade elétrica do solo é medida utilizando um condutímetro, a partir de uma amostra de solo deformada misturada com uma certa quantidade padrão de água (pasta saturada) com posterior extração da solução da amostra por centrifugação ou filtragem (EMBRAPA, 1997).

A técnica da reflectometria no domínio do tempo mede então, a condutividade elétrica aparente (CE_{TDR}), onde o valor varia com a umidade do solo. Rhodes et al (1976) e Heimovaara et al. (1995) encontraram formas de correlacionar os valores de condutividade

elétrica (pasta saturada) com a CE_{TDR} , através de modelos do fator geométrico de tortuosidade da transmissão das ondas eletromagnéticas da sonda de TDR.

Herrmann (1993) e Tommaselli (1997) desenvolveram os primeiros trabalhos com TDR no Brasil, criando equipamentos de transmissão de ondas eletromagnéticas para a determinação da umidade, estudaram a calibração da TDR para cinco tipos de solos.

Atualmente são diversos os trabalhos utilizando a técnica da TDR. Gonçalves et al. (2010) estudou a variabilidade espacial e a estabilidade temporal do armazenamento de água em solo tropical cultivado. Silva, A. J. et al. (2009) avaliou a eficiência da aplicação de água em bananeira com diferentes sistemas de gotejamento.

3.5 A cultura do pimentão em ambientes protegidos

O pimentão (*Capsicum Annun L.*) vem sendo cultivado em todo território nacional, com grande importância econômica no mercado nacional, tanto em valor quando em quantidade comercializado, esta cultura pertence à família das Solanáceas (ECHER et al., 2002).

Segundo Cunha & Escobedo (2003), o cultivo em ambientes protegidos aumenta o conforto térmico das plantas favorecendo a produção da cultura quando comparada ao cultivo em campo, pode-se alongar o tempo de colheitas e antecipar datas de plantio. Ainda é possível um maior controle de pragas, proteção de chuvas intensivas e geadas.

Com relação ao cultivo protegido, o pimentão é uma das cinco culturas com maior área, devido à grande produção e qualidade de frutos alcançada com esta ferramenta, entretanto é necessária uma atenção especial ao manejo dentro do ambiente protegido, principalmente em relação ao fornecimento de água baseada em critérios técnicos (LORENTZ et al., 2002).

Albuquerque et al. (2011) avaliaram o crescimento e rendimento da cultura do pimentão fertirrigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio e observaram que o crescimento e o rendimento da cultura foram influenciados de maneiras diferentes pelas doses de potássio e lâminas de irrigação aplicadas, o que mostrou uma interação do efeito da água com o nutriente nas respostas das variáveis. Resultados distintos foram encontrados por Araújo et al. (2009) onde verificaram uma linearidade de produção de frutos de pimentão em ambiente protegido em função de doses crescentes de nitrogênio.

Sendo um dos nutrientes mais extraídos pela planta de pimentão, o nitrogênio em sua falta ou excesso causa desequilíbrio entre a parte aérea e o sistema radicular, aborto de flores, prolonga o ciclo vegetativo e susceptibilidade a doenças, assim as altas doses são parceladas durante o ciclo o que também ajuda a reduzir riscos de perda por lixiviação. (LOCASCIO et al., 1981).

Com relação a produção de frutos de pimentão em ambientes protegidos encontram-se na literatura uma variação de valores, sabendo que nessas condições o ciclo pode se estendido. Silva, M. et al. (1999) obtiveram uma produtividade de 61 t ha^{-1} de frutos verdes em um ciclo de 303 dias, enquanto Teodoro et al. (1993) alcançou dentro de 87 dias após o transplântio uma produção total de $17,63 \text{ t há}^{-1}$. Cunha et al. (2001) conseguiram em um ciclo de 193 dias e um espaçamento de $1,0 \times 0,3 \text{ m}$ uma produção do híbrido Eliza de $92,9 \text{ t ha}^{-1}$.

Marcussi (2005) relata os poucos trabalhos encontrados com informações constando as concentrações de macronutrientes em plantas de pimentão. Segundo o autor tais elementos são subsídios para avaliar o estado nutricional da planta, sabendo que quanto maior a capacidade da parte da planta em acumular um nutriente, maiores são as diferenças na concentração desse nutriente em resposta a taxas variáveis de adubação. Estudando o uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão, o autor verificou que a planta de pimentão possui maior concentração de macronutrientes sob fertirrigação nas folhas, portanto, devendo ser recomenda para análise de teor de macronutrientes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento consistiu em avaliar a absorção de nutriente pela planta de pimentão (*Capsicum annum*, L) em um ciclo de cultivo de 120 dias, conduzido na estação de inverno e primavera, entre os meses julho e novembro de 2009. O ensaio foi realizado em uma casa de vegetação do tipo arco-simples de dimensões 6,40 x 20 m e altura de três metros (Figura 1), instalada em uma área experimental do Departamento de Ciências Agrárias, da Universidade de Taubaté (coordenadas geográficas: latitude 23°01'55,25'' Sul; longitude 43°30'39,74'' Oeste e altitude de 571 metros.), localizada no município de Taubaté, Estado de São Paulo.



Figura 1. Casa de Vegetação.

O solo do local do estudo é um Latossolo Vermelho Amarelo de textura média cujas características físicas e químicas foram determinadas no Laboratório de Análise de Solos da UNITAU antes do experimento e estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Características físicas e químicas do solo na camada de 0-0,60 m.

Físicas										
Profundidade	CC	PMP	p	Ds	Dp	VIB	Areia	Silte	Argila	
cm	m ³ m ⁻³			g cm ⁻³		mm h ⁻¹	(%)			
00 - 20	0,28	0,21	0,51	1,30	2,70	13,20	59	13	28	
20 - 40	0,28	0,21	0,50	1,35	2,70	9,40	57	13	30	
40 - 60	0,28	0,20	0,49	1,39	2,70	9,50	58	13	29	

Químicas										
Profundidade	pH	P	MO	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
cm	CaCl ₂	mg dm ⁻³	(%)	mmol dm ⁻³						
00 - 20	5,00	12	7	23	1,40	23	12	36,40	59,40	61
20 - 40	4,30	2	6	34	0,70	7	4	11,70	45,70	26
40 - 60	4,50	3	5	22	1,30	10	7	18,30	40,30	45

CC = Capacidade de Campo; PMP = Ponto de Murcha Permanente; p = Porosidade; Ds = Densidade de solo; Dp = Densidade de Partícula; VIB = Velocidade de Infiltração Básica; pH = Potencial de Hidrogênio; P = Fósforo; MO = Matéria Orgânica; H+ Al = Acidez Potencial; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; SB = Soma de Bases; CTC = Capacidade de Troca Catiônica; V = Saturação de Bases

Com base na análise do solo, foi realizada a adubação de fundação conforme recomendação IAC (1998) para a cultura do pimentão, onde se aplicou 40 kg ha⁻¹ de N, 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de 4-14-8. Foram aplicados também 25 kg ha⁻¹ de esterco bovino.

Para o provimento de água e nutrientes via fertirrigação para as plantas de pimentão foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento, dividido em dois setores independentes, cada um deles possuindo três unidades. O controle de cada unidade se dava por um painel de comando. Observa-se pela Figura 2 que a unidade V2₁, V1₂ e V2₃ receberam água e nutrientes preparados no reservatório R1, e que V1₁, V2₂ e V1₃ receberam os mesmos suprimentos preparados no reservatório R2, ambos com capacidade para 500 litros. As unidades de irrigação V2 foram compostas por gotejadores de 4 L h⁻¹ e, em V1, gotejadores de 2 L h⁻¹, em suas linhas laterais.

As linhas laterais, em cada unidade, estavam espaçadas 1,0m entre si, e possuíam 2,4m de comprimento. Em cada linha lateral foram acoplados seis emissores distando 0,40m, totalizando 24 gotejadores do tipo autocompensante por unidade.

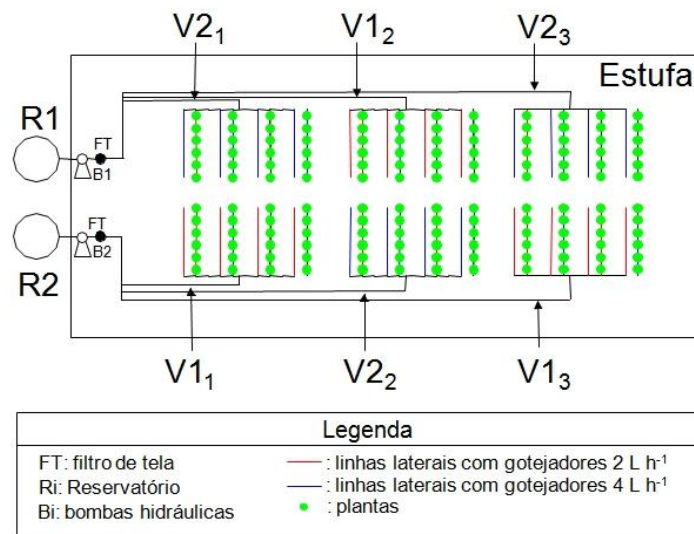


Figura 2. Esquema do sistema de irrigação por gotejamento.

O sistema de irrigação por gotejamento possuía ainda, para cada setor, bomba hidráulica centrífuga, hidrômetros para monitoramento de vazão, reguladores de pressão de 15 psi e filtro de tela 120 mesh para a remoção de impurezas.

Nas unidades experimentais V1₂, V2₃, V2₂ e V1₃ foram montadas estações de monitoramento, utilizando-se sondas de TDR, para a estimativa da umidade e condutividade elétrica do solo durante todo o ciclo da cultura. A Figura 3 mostra a disposição das sondas de TDR no perfil do solo. Os sensores espaçados 0,1m entre si formaram um arranjo de 48 sondas. Para cada unidade, monitorou-se uma linha lateral, preservando as linhas de borda.

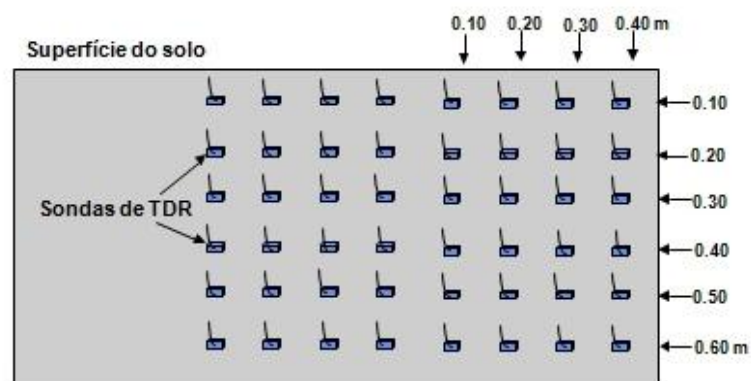


Figura 3. Distribuição das sondas de TDR no perfil do solo.

Os canteiros foram construídos manualmente em cada unidade experimental, e em seguida foram transplantadas as mudas de pimentão, da variedade “Magda”, frutos de forma retangular, com espessura de polpa de 6 a 8mm e cor verde entre 100 e 120 dias. Para cada

unidade foram transplantadas 24 mudas, sendo que cada gotejador foi responsável por suprir a demanda hídrica e de nutrientes de cada planta.

Para que se pudesse caracterizar a distribuição e o armazenamento de nutriente no solo via fertirrigação por gotejamento, a irrigação foi manejada da seguinte forma: era realizada uma leitura em cada estação de monitoramento (Figura 4), onde se obtinham os valores pontuais de umidade e condutividade elétrica do solo em cada sonda de TDR e assim podia-se caracterizar o perfil do solo naquele momento.

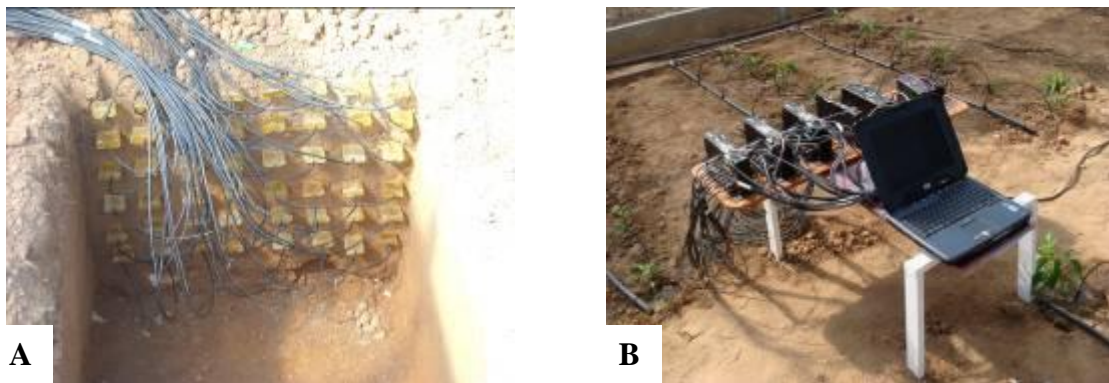


Figura 4. Distribuição das sondas no perfil do solo (A) e estação de monitoramento (B)

A irrigação era feita sempre que os valores médios de umidade do solo fossem inferiores a 15% da capacidade de campo. Com os valores médios de umidade do solo na camada onde se encontrava a zona radicular efetiva (0,25m) da planta de pimentão, calculava-se o volume de água a ser aplicado. Após a irrigação, era feita uma nova leitura em cada estação, coletando novos valores de umidade e condutividade elétrica do solo. O tempo de leitura de todas as estações de monitoramento, irrigação e novas leituras após a irrigação era de aproximadamente 180 minutos.

A fertirrigação foi realizada segundo recomendações do IAC (1998), onde a adubação mineral de cobertura foi parcelada em cinco vezes com a aplicação de 120 kg ha^{-1} de N e de 80 kg ha^{-1} de K_2O , na forma de nitrato de potássio (KNO_3).

A casa de vegetação possuía cortinas móveis que permaneceram suspensas durante todo o experimento. Semanalmente era realizado o controle fitossanitário de pragas e doenças, pulverizando as plantas preventivamente com produtos registrados para a cultura do pimentão (acaricida, fungicida), além de tratos culturais e capinas manuais no interior da casa de vegetação, feitas semanalmente.

Durante o ensaio foram feitos três testes de vazão dos gotejadores, no início do experimento, aos 60 dias após o transplante e no encerramento, com a finalidade de obter a uniformidade de distribuição de água de irrigação, seguindo-se a metodologia apresentada por Barros et al., (2010), por meio da equação (3). Também foram monitoradas as temperaturas e umidade relativa do ar durante todo o ciclo da cultura, através de um termo-higrógrafo instalado no interior da casa de vegetação.

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{\bar{X}N} \right] \quad (3)$$

em que,

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%)

X_i = Vazão medida ($L h^{-1}$); \bar{X} = Vazão média ($L h^{-1}$)

N = Número de emissores

A técnica da TDR é um método indireto para a estimativa da umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo. Almeida et al. (2007) propuseram uma equação de calibração para o mesmo solo e local do estudo, para a conversão da constante dielétrica aparente (K_a) em umidade volumétrica, sendo a seguinte equação (4):

$$\theta = 9.10^{-05} K_a^3 - 0,0038 K_a^2 + 0,0577 K_a - 0,0484 \quad (4)$$

em que,

θ = Umidade volumétrica do solo, ($m^3 m^{-3}$)

K_a = Constante dielétrica aparente

Para encontrar a relação entre CE_{TDR} e CE_s utilizou-se a equação (5) descrita abaixo por Souza et al. (2006), onde a concentração da solução do solo deve ser estimada como função da umidade volumétrica do solo, o que possibilita a relação entre a condutividade elétrica medida (CE_{TDR}) e a condutividade elétrica da solução do solo (CE_s).

$$CE_s = \frac{CE_{TDR} - 0,04}{(2,608\theta - 0,165)\theta} \quad (5)$$

em que,

CE_s = Condutividade elétrica da solução do solo, (dS m⁻¹)

CE_{TDR} = Condutividade elétrica medida pelo TDR, (dS m⁻¹)

θ = Umidade volumétrica do solo, (m³ m⁻³)

Através dos valores obtidos com o monitoramento da umidade volumétrica e da condutividade elétrica do solo, foi possível calcular o armazenamento de água e da solução. Segundo Souza et al. (2006), a equação (6) que relaciona concentração de KNO₃ e CE_s é a seguinte:

$$C = \left[\frac{CE_s}{0,173} \right]^{0,916} \quad (6)$$

em que:

C = concentração da solução do solo, em mmol L⁻¹

CE_s = Condutividade elétrica da solução do solo, (dS m⁻¹)

Para avaliar os teores de macronutrientes das plantas dos diferentes tratamentos realizaram-se amostragens das folhas seguindo as recomendações do Boletim IAC 100. Foram colhidas folhas recém desenvolvidas, do florescimento à metade do ciclo, totalizando 25 folhas por tratamento. Após a terceira colheita foram escolhidas plantas aleatórias para a análise de raízes. A avaliação da distribuição do sistema radicular foi feita através de imagens digitais geradas por meio do programa Spring, versão 5.1.2. Utilizou-se uma quadrícula com células de 6,25 cm² para auxiliar na conversão da área do sistema radicular analisado.

O ensaio finalizou-se com 120 dias, com um total de 100 leituras para cada estação de monitoramento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Uniformidade de distribuição da irrigação

Os ensaios de uniformidade de distribuição da irrigação foram realizados para os dois tipos de gotejadores, separadamente para cada tratamento após um tempo de funcionamento de seis minutos. Com os dados coletados puderam-se obter os coeficientes de uniformidade de distribuição e as vazões médias para cada tipo de gotejador em cada repetição (Tabela 2).

TABELA 2. Vazão e uniformidade de emissão para os dois tratamentos.

Valores médios	Gotejador		Uniformidade (%)	
	2 L h ⁻¹	4 L h ⁻¹	2 L h ⁻¹	4 L h ⁻¹
1ª ensaio	2,00	4,02	92,6	93,8
2ª ensaio	2,02	4,08	93,7	93,3
3ª ensaio	2,04	4,03	95,0	95,2

5.2 Monitoramento da temperatura e umidade do ar no interior da casa de vegetação

O pimentão é uma planta exigente em calor, sensível a baixas temperaturas e intolerante a geadas, assim deve ser cultivada preferencialmente nos meses de temperaturas com a média das mínimas de 18°C e das máximas de 35°C, condição que favorece a germinação, o desenvolvimento e a frutificação, obtendo assim, uma maior produção (RYLSKI & SPIGELMAN, 1982). Segundo Sganzerla (1995) os valores de umidade relativa do ar deve se situar entre 50% a 70%.

Através do monitoramento dos parâmetros temperatura e umidade relativa do ar pode-se observar que os mesmos não influenciaram na movimentação da água e dos solutos no solo. Provavelmente, por se tratar de um ambiente protegido das alterações climáticas e, também, devido ao pequeno número de parâmetros monitorados.

As variações de temperatura e umidade relativa do ar, observadas interior da casa de vegetação durante a condução do experimento, são apresentadas na Figura 5.

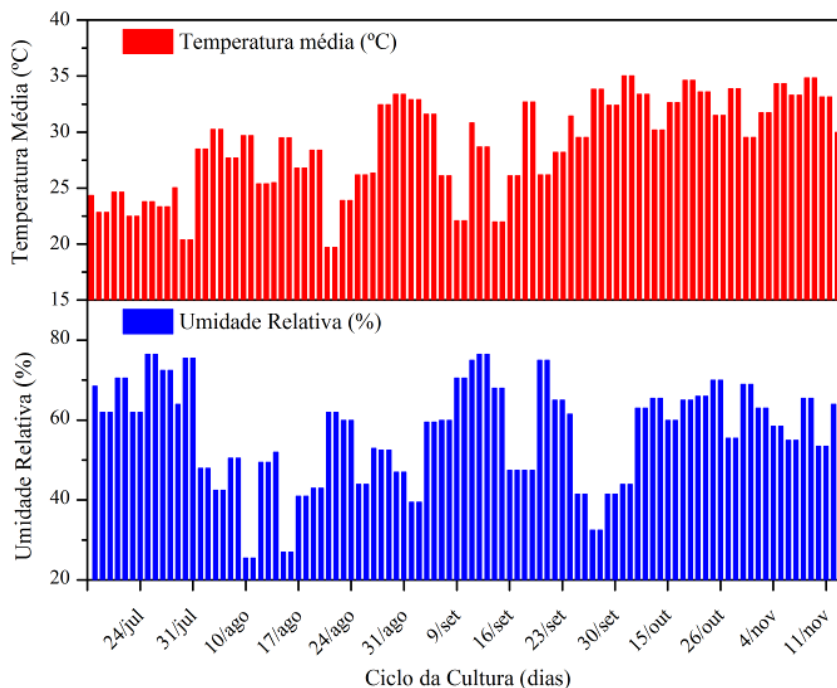


Figura 5. Temperatura média e umidade relativa no interior da estufa.

5.3 Distribuição da Solução no Solo

A partir das leituras pontuais das sondas de TDR foi possível estimar a umidade e a condutividade elétrica da solução do solo. Assim, a distribuição da solução no solo foi monitorada e contabilizada em camadas de 0,1 m. Para facilitar a discussão dos resultados, nomeou-se camada I a profundidade correspondente a 0-0,1 m, camada II a profundidade correspondente a 0,1-0,2 m, camada III a profundidade correspondente a 0,2-0,3 m, camada IV a profundidade correspondente a 0,3-0,4 m, camada V a profundidade correspondente a 0,4-0,5 m e camada VI a profundidade correspondente a 0,5-0,6 m

Os valores de umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo na camada I, II, III, IV, V e VI medidos durante o ciclo da cultura estão apresentados nas Figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11 respectivamente, para os tratamentos de 2 L h^{-1} e 4 L h^{-1} .

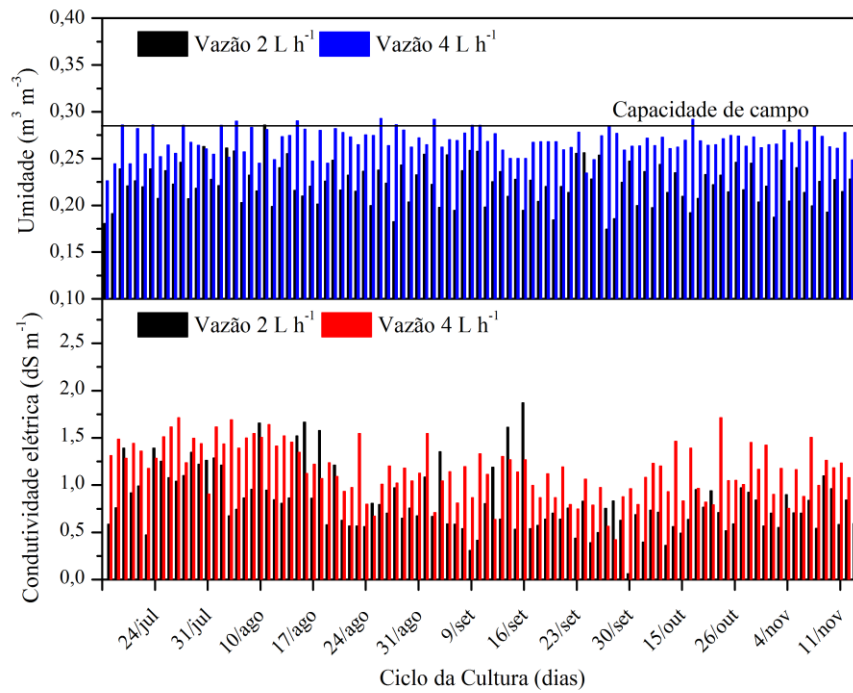


Figura 6. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo na camada I para as vazões de 2 L h⁻¹ e 4 L h⁻¹.

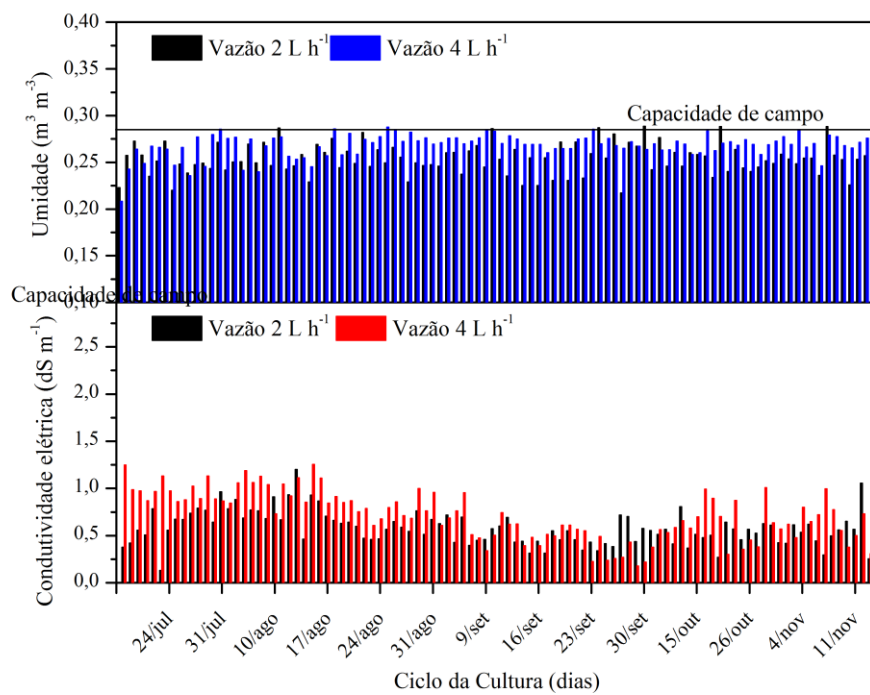


Figura 7. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo na camada II para as vazões de 2 L h⁻¹ e 4 L h⁻¹.

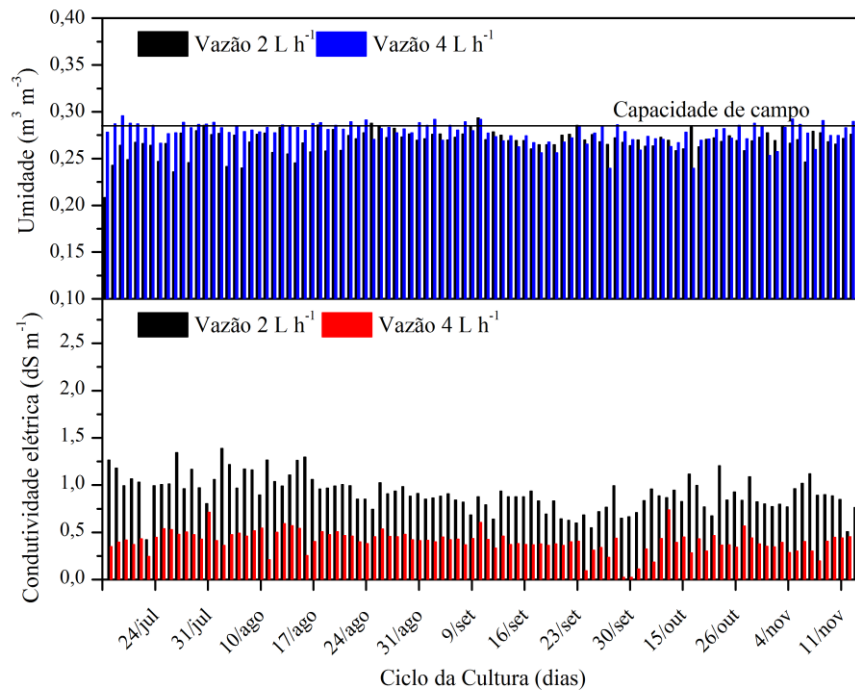


Figura 8. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo na camada III para as vazões de 2 L h^{-1} e 4 L h^{-1} .

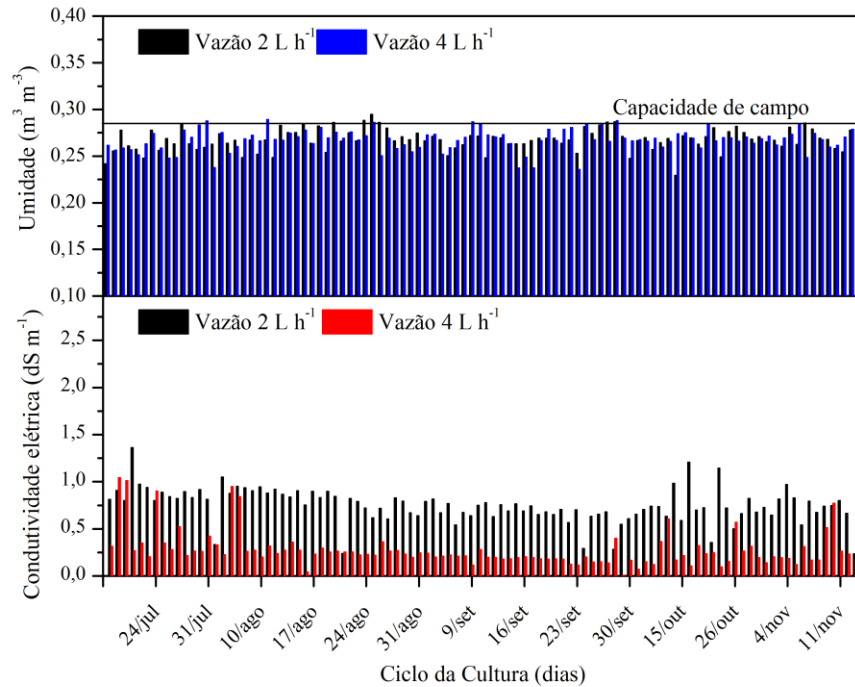


Figura 9. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo na camada IV para as vazões de 2 L h^{-1} e 4 L h^{-1} .

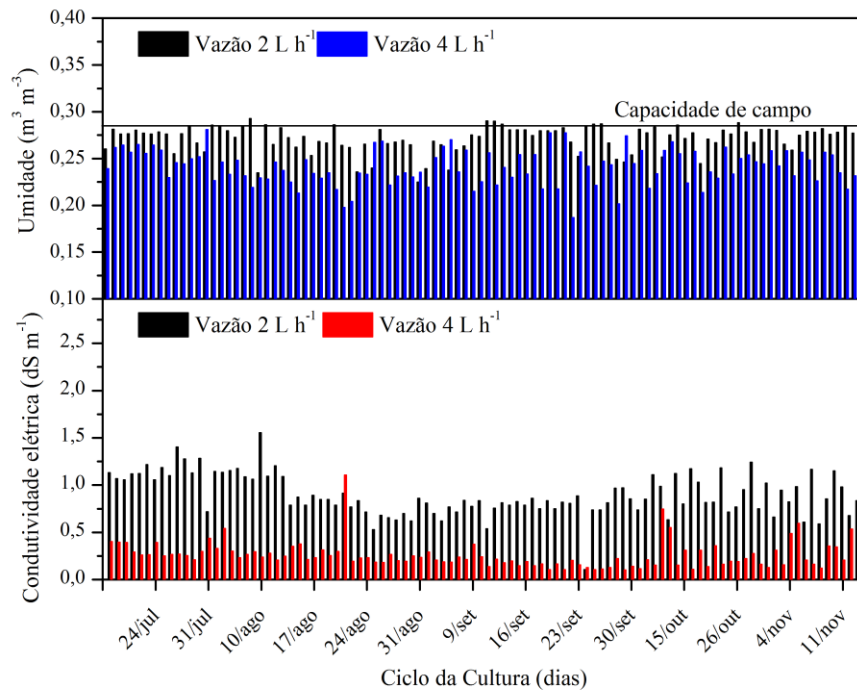


Figura 10. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo camada V para as vazões de 2 L h^{-1} e 4 L h^{-1} .

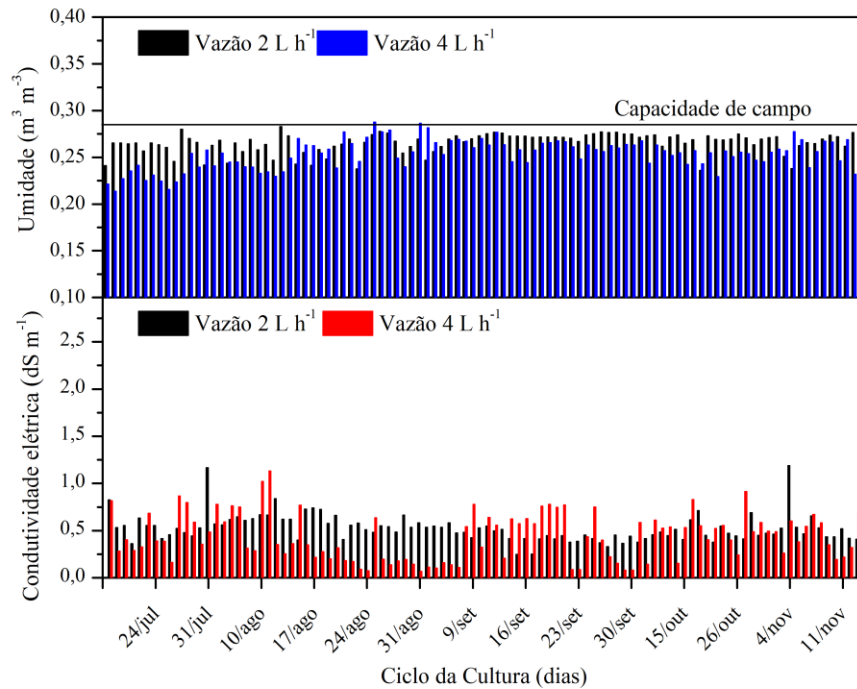


Figura 11. Umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo na camada VI para as vazões de 2 L h^{-1} e 4 L h^{-1} .

A umidade volumétrica e condutividade elétrica do solo para o tratamento com vazão de 4 L h^{-1} se mostraram maiores em relação ao tratamento com vazão de 2 L h^{-1} na camada I e II. Na camada III e IV os valores de condutividade elétrica se mostraram superiores no tratamento com vazão de 2 L h^{-1} indicando existir uma lixiviação de nutrientes, já os valores de umidade para ambos os tratamentos nesta camada são aproximados. Na camada V e VI, os valores de umidade volumétrica para o tratamento de 2 L h^{-1} são superiores os valores do tratamento de 4 L h^{-1} , observando que há uma tendência da vazão de 2 L h^{-1} atingir uma maior profundidade. Houve também uma superioridade nos valores de condutividade elétrica para o tratamento de 2 L h^{-1} .

Em um experimento para a caracterização da distribuição da água no solo para a irrigação por gotejamento, no mesmo local de estudo, Lopes et al. (2010) observaram uma maior evolução vertical em relação a horizontal do bulbo molhado para a vazão de um gotejador de 2 L h^{-1} , atingindo 0,40 m de profundidade. Observaram ainda que a aplicação do dobro da vazão proporciona maiores dimensões do bulbo molhado na horizontal juntamente com uma diminuição no sentido vertical.

A percentagem de área molhada depende de fatores relacionados ao espaçamento, vazão dos gotejadores e propriedades físicas do solo. Para este último, Souza et al. (2006) indica haver uma forte correlação entre área superficial molhada e o disco saturado para solos arenosos. A partir de estimativas da área superficial molhada no solo, os autores verificaram uma expansão desta condizente com a evolução do disco saturado para as diferentes vazões estudadas, 2, 4 e 8 L h^{-1} .

O disco saturado (poça d'água que permanece sobre o solo durante o processo de infiltração) foi alterado em consequência das duas vazões utilizadas, o que consequentemente alterou a formação do bulbo molhado. Este fenômeno é devido ao ajuste realizado na área do disco saturado para respeitar a capacidade de infiltração determinada pelas propriedades físicas do solo. Desta forma, aumentando a taxa de aplicação, a área superficial de infiltração foi proporcionalmente aumentada, atingindo seus ápices em $0,0011 \text{ m}^2$ e $0,0025 \text{ m}^2$, respectivamente para as vazões de 2 e 4 L h^{-1} .

De modo geral, observou-se que o tratamento de 4 L h^{-1} foi mais eficiente na distribuição do soluto na camada de maior densidade do sistema radicular da cultura. Maiores valores de condutividade elétrica nas camadas III, IV, V e VI evidenciam que a vazão de 2 L h^{-1} potencializa a perda de nutrientes pela lixiviação, para este tipo de solo. Esta constatação reforça a importância de se conhecer a distribuição da solução no solo, através de diferentes combinações de vazões de gotejadores.

5.4 Armazenamento da Solução no Solo

Os valores de armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada I, II, III, IV, V e VI estão apresentados nas Figuras 12, 13, 14, 15, 16, e 17 simultaneamente, para os tratamentos de 2 e 4 L h⁻¹.

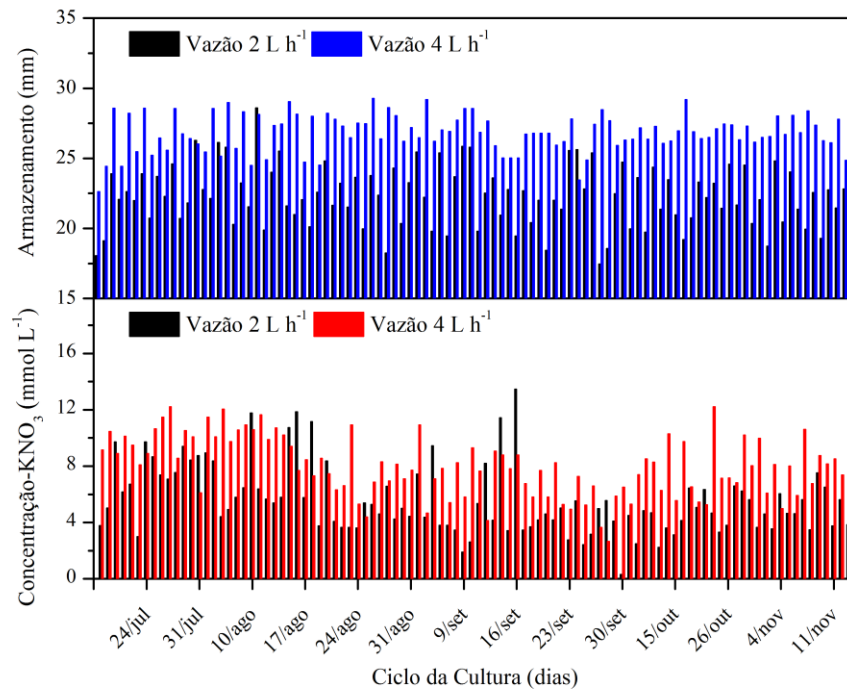


Figura 12. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada I para as vazões de 2 L h⁻¹ e 4 L h⁻¹.

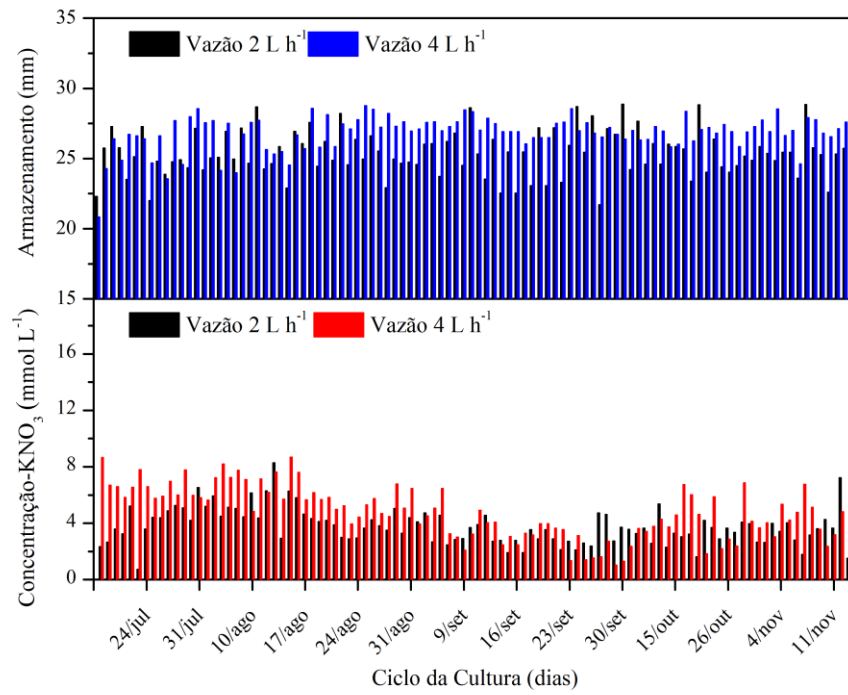


Figura 13. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada II para as vazões de 2 L h⁻¹ e 4 L h⁻¹.

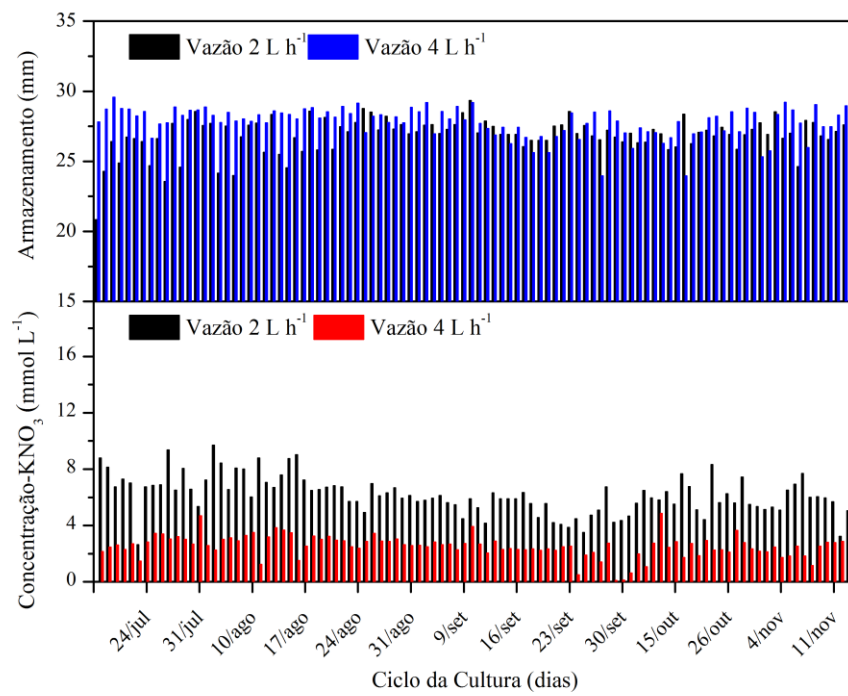


Figura 14. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada III para as vazões de 2 L h⁻¹ e 4 L h⁻¹.

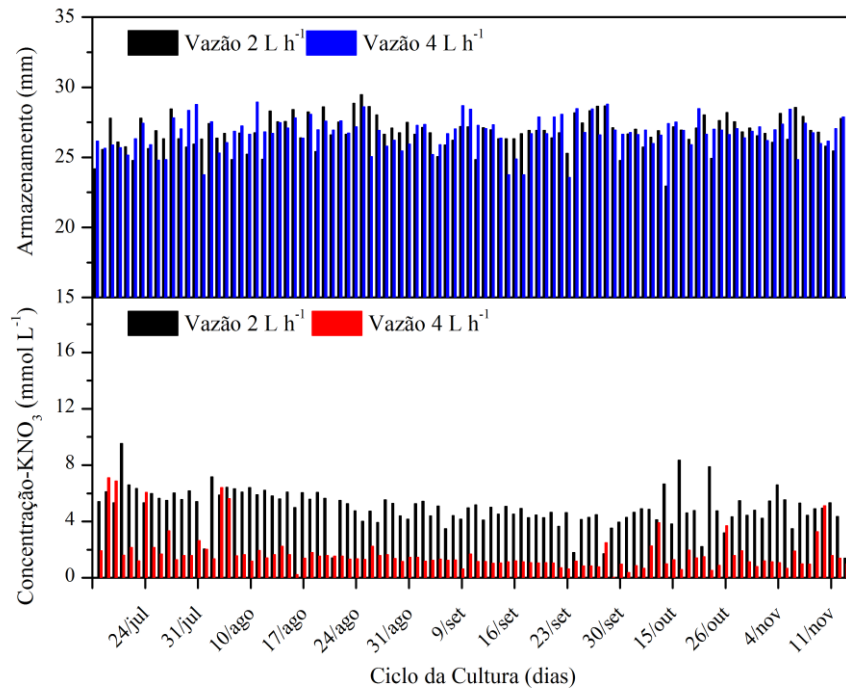


Figura 15. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada IV para as vazões de 2 L h⁻¹ e 4 L h⁻¹.

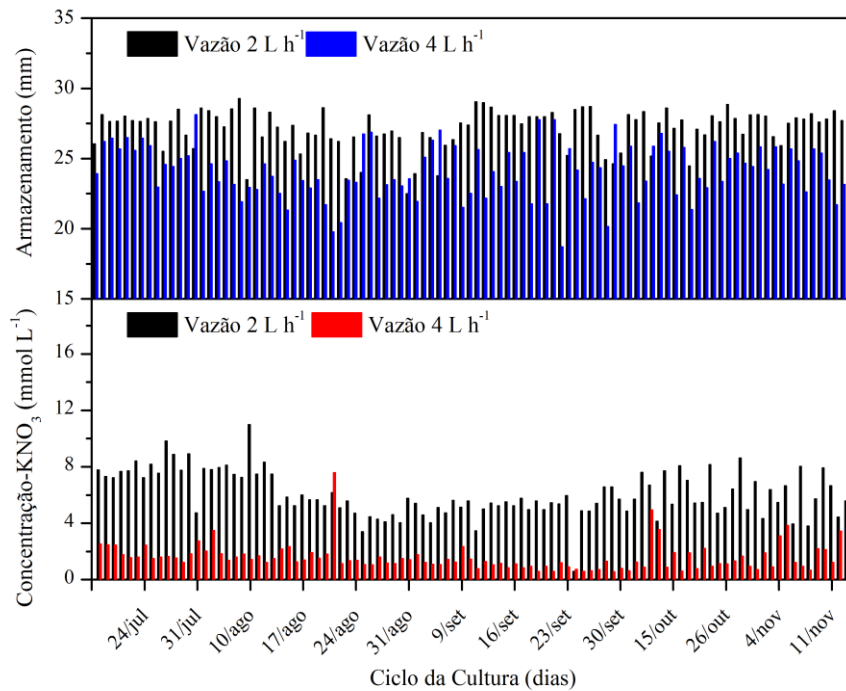


Figura 16. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada V para as vazões de 2 L h⁻¹ e 4 L h⁻¹.

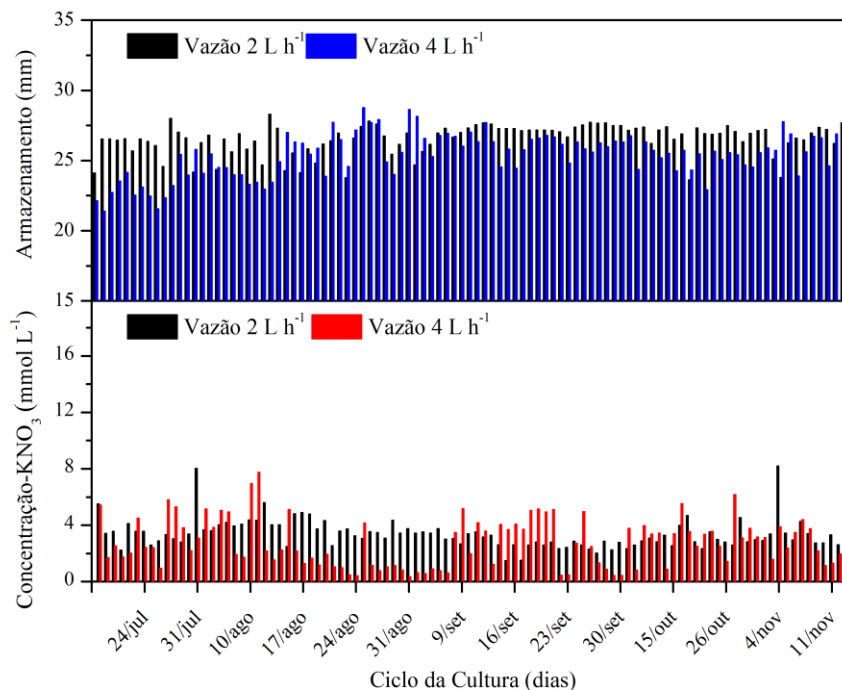


Figura 17. Armazenamento de água e concentração da solução do solo na camada VI para as vazões de 2 L h^{-1} e 4 L h^{-1} .

A oscilação dos valores de concentração da solução esta baseada na CTC do solo (RIVERA et al., 2008), ou seja, o potássio da solução do solo interagiu com o complexo de troca de cátions, sendo, portanto este elemento retido no solo na região mais próxima ao ponto de aplicação, de forma que a solução que se deslocou para as regiões mais extremas do bulbo molhado possuía uma concentração menor.

Observando os gráficos nota-se que houve um maior armazenamento da solução nas camadas I e II para o tratamento de 4 L h^{-1} . Para as camadas III e IV o armazenamento da solução de nitrato de potássio foi superior para o tratamento de 2 L h^{-1} mostrando que os nutrientes foram disponibilizados em uma camada inferior do perfil do solo quando comparado ao tratamento de 4 L h^{-1} . Já o armazenamento de água para estas camadas se mantém similares. Conforme Blanco & Follegati (2001), os sais movimentam-se de maneira mais lenta no solo em relação a frente de molhamento (fluxo de massa), proporcionando uma distribuição mais heterogênea da concentração destes.

LOPES et al. (2010) verificaram em um mesmo tipo de solo que na vazão de 4 L h^{-1} a solução não atingiu a camada de 0,30-0,40 m, demonstrando que o armazenamento do volume da solução manteve-se nas camadas superiores do perfil do solo. Em contrapartida, na vazão de 2 L h^{-1} , a solução de nitrato de potássio atingiu a camada de 0,4-0,5 m.

De acordo com os valores de armazenamento para ambos os tratamentos nas camadas V e VI nota-se que houve uma movimentação maior de nutrientes quando se utilizou vazão de 2 L h⁻¹. Com o manejo da irrigação, esta vazão para este tipo de solo pode potencializar a contaminação de corpos d'água através da lixiviação de nutrientes, além de apresentar uma relação direta com o custo da atividade agrícola. A Tabela 3 mostra os valores médios de água e nutriente armazenado em cada camada para cada os distintos tratamentos. A diferença encontrada de armazenamento de água e nutriente nas diferentes camadas para os diferentes tratamentos foram obtidos através de análise de regressão linear dos valores lidos durante todo o ciclo da cultura.

TABELA 3. Valores médios de água e nutrientes nas diferentes camadas para os diferentes tratamentos.

Armazenamento no perfil do solo						
Camadas	Água (mm)			Nutriente (mmol)		
	2 L h ⁻¹	4 L h ⁻¹	Diferença	2 L h ⁻¹	4 L h ⁻¹	Diferença
I	22,2	26,6	19%	98,1	168,9	51%
II	25,2	26,5	4%	75,9	100,3	25%
III	26,5	27,5	3%	130,1	55,9	58%
IV	26,8	26,9	0%	106,5	36,6	68%
V	26,9	24,2	11%	130,7	30,3	78%
VI	26,5	25,3	5%	71,2	56,6	23%

Os valores médios de nutrientes armazenados em cada camada comprovam que o tratamento de 2 L h⁻¹ disponibilizou nutrientes em camadas abaixo da região do sistema radicular, mesmo em camadas onde não houve diferença no armazenamento de água, assim, entende-se que esta taxa de aplicação foi a variável predominante para lixiviação de nutrientes.

Para entender as conseqüências da lixiviação em função da disponibilidade de nutrientes no sistema radicular, entendeu-se ser importante conhecer o conteúdo de nutrientes das plantas, dimensões do sistema radicular e produção de frutos para poder avaliar a remoção de nutrientes da área de cultivo. Para a cultura do pimentão são recomendadas segundo Boletim IAC 100 as faixas de teores adequados de macronutrientes em folhas.

Os resultados da análise foliar realizada no Laboratório de Análises de Solos e Plantas do Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4. Análise foliar para os tratamentos, 2 e 4 L h⁻¹.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Valores recomendados	30-60	3-7	40-60	10-35	3-12	-
2 L h⁻¹	48,3	2,5	50,2	16,5	6,2	3,4
4 L h⁻¹	45,5	2,3	50,7	16,3	6,3	3,4

Os resultados da análise foliar estão dentro da faixa de teores adequados de macronutrientes para ambos os tratamentos, 2 e 4 L h⁻¹. Analisando a Tabela 4, nota-se que não há diferença entre os diferentes tratamentos, entretanto, a contagem de folhas durante o experimento mostrou que o tratamento de 4 L h⁻¹ possui em média 50 folhas por planta a mais que o de 2 L h⁻¹.

A Figura 18 apresenta imagens digitais obtidas a partir do sistema radicular de uma planta coletada aleatoriamente para cada tratamento no final do ciclo do cultivo do pimentão.

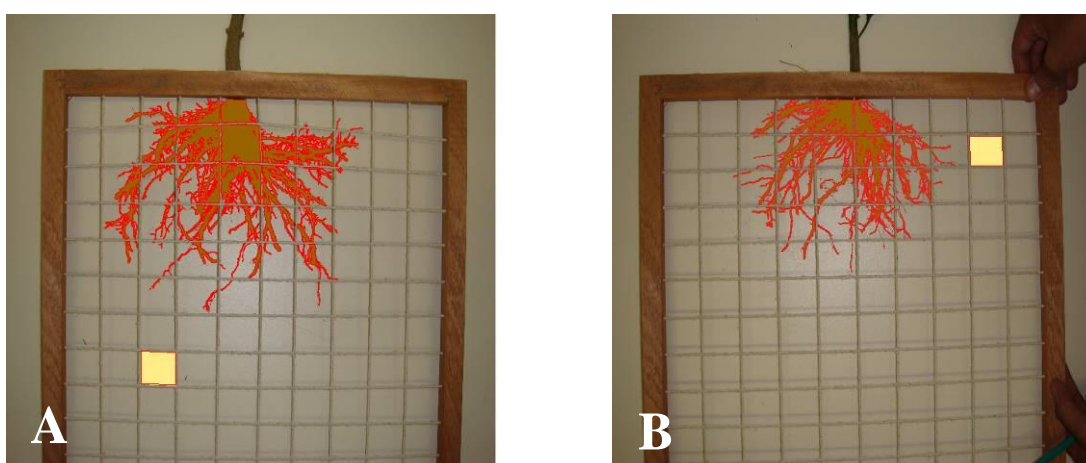


Figura 18 – Imagem digital do sistema radicular para o tratamento de 4 L h⁻¹ (A) e 2 L h⁻¹ (B).

A avaliação do sistema radicular mostrou que o tratamento de 4 L h⁻¹ apresentou uma área de 69,31 cm² enquanto o tratamento de 2 L h⁻¹ apresentou uma área de 45,21 cm². O tratamento de 4 L h⁻¹ disponibilizou um maior volume de água e nutrientes na camada I, profundidade onde se encontrava o sistema radicular efetivo, corroborando com o maior desenvolvimento das plantas. Segundo DOORENBOS & KASSAM (1994), a profundidade das raízes atingem em torno de 1 m, entretanto, em condições irrigadas, elas concentram-se principalmente na camada superior do solo de 0,3 m de profundidade.

A produtividade média por tratamento observada foi $0,19 \text{ kg m}^{-2}$ e $0,27 \text{ kg m}^{-2}$ para 2 e 4 L h^{-1} , respectivamente. Aplicando-se o Teste de Tukey, conforme Tabela 5, verificou-se que estes resultados diferem estatisticamente entre si, e reforça as observações dos resultados da distribuição de nutrientes, contagem de folhas e desenvolvimento do sistema radicular da planta de pimentão.

TABELA 5. Teste de Tukey a 5% para a produtividade encontrada.

Tratamentos	Canteiros	Colheitas (kg m^{-2})			Médias (kg m^{-2})
		1	2	3	
4 L h^{-1}	A	0,18	0,2	0,32	0,27 a
	B	0,20	0,25	0,35	
	C	0,25	0,3	0,35	
2 L h^{-1}	D	0,10	0,14	0,16	0,19 b
	E	0,15	0,19	0,21	
	F	0,19	0,26	0,30	

Obs.: Letras iguais indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

Na Tabela 6 são apresentados os valores de consumo de água e nutrientes durante o ciclo da cultura, os quais foram divididos em cinco períodos que correspondem as parcelas de fertirrigação. Para contabilizar essa absorção utilizaram-se as profundidades de 0,1 m para o tratamento de 2 L h^{-1} e 0,15 m para tratamento de 4 L h^{-1} , conforme a análise do sistema radicular realizado pela imagem digital.

TABELA 6. Valores de absorção de nutrientes e consumo de água.

Dias após o transplântio*	Absorção de K^+ e NO_3^- (mg/planta/dia)		Consumo de água (L/planta/dia)	
	2 L h^{-1}	4 L h^{-1}	2 L h^{-1}	4 L h^{-1}
15-28	149	170	0,72	0,99
28-42	147	168	0,58	0,81
42-56	141	165	0,54	0,66
56-70	128	160	0,43	0,64
70-120	91	79	0,38	0,34

*os dias após transplântio acima correspondem ao mesmo período de fertirrigação

Os valores se mostraram maiores nos consumos de água e nutriente para o tratamento de 4 L h^{-1} , o que reforça os resultados vistos na produção de frutos e contagem de número de folhas por planta. O resultado se deve pelo modo em que se desenvolveu o sistema radicular

de cada tratamento, sendo este possível consequência da disponibilidade da solução do solo, em função das diferentes vazões de gotejadores utilizados.

Conforme demonstrado anteriormente na distribuição da solução do solo, observou-se uma relação desta com o maior consumo de água pelas plantas no tratamento de 4 L h^{-1} , o que possibilitou uma maior absorção de nutrientes. Segundo Souza et. al (2007) uma hipótese para este fenômeno pode ser baseada no fato de que os íons acompanham a frente de avanço da água, sendo que esta se movimenta um pouco a frente dos sais, em direção ao sistema radicular.

Os resultados de distribuição da solução do solo permitiram encontrar critérios para o manejo da irrigação e fertirrigação. Para este tipo de solo, o gotejador de 4 L h^{-1} mostrou-se mais eficiente, distribuindo água e nutrientes e no perfil do solo onde se encontrava um maior volume de raízes, gerando assim uma maior produtividade, além de uma diminuição do tempo de operação do sistema de irrigação. Em suma os resultados podem auxiliar a prática da fertirrigação reduzindo gastos com desperdício de fertilizantes e diminuindo a relação custo/benefício desta atividade.

O monitoramento da concentração da solução do solo através da condutividade elétrica na fertirrigação pode levar a tomadas de decisões rápidas, permitindo modificar o número de parcelas de fertirrigação evitando a movimentação de nutrientes para camadas onde não há atividade do sistema radicular.

A metodologia utilizada para caracterizar o armazenamento da solução do solo aplicado via fertirrigação mostrou que a vazão do gotejador influencia diretamente na disponibilidade de água e nutrientes para a planta. Sendo assim o conhecimento do comportamento dos gotejadores congregado com o tipo de solo é de extrema importância para um gerenciamento desta prática, visto que foi notada uma relação de armazenamento e produção da cultura.

6 CONCLUSÕES

A metodologia utilizada proporcionou a caracterização da distribuição, do armazenamento e a absorção da solução do solo durante o ciclo da cultura do pimentão, o que na prática pode favorecer a tomada de decisões levando a estratégias de aumento ou diminuição de parcelas de fertirrigação.

Desta forma, pode-se verificar que para o tratamento com vazão de 2 L h^{-1} houve uma tendência de perda de nutrientes por lixiviação, potencializando possíveis contaminações do lençol freático, sendo este tipo de gotejador, não recomendado para este tipo de solo.

O gotejador com vazão de 4 L h^{-1} promoveu uma maior concentração de água e nutrientes dentro do volume ocupado pelo sistema radicular, o que favoreceu o rendimento da cultura, sendo também o gotejador que exige um menor tempo de funcionamento do sistema trazendo uma redução do custo de operação.

7 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F. S. et al. Crescimento e rendimento de pimentão fertirrigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 686-684, Jul. 2011.

ALMEIDA, B. P. et al. Calibração da Técnica da TDR para a estimativa da umidade do solo. In: XII Mostra de Iniciação Científica, 2007, Taubaté. **Anais...** Universidade de Taubaté, ENIC, 2007. p.52.

ARAÚJO, J. S. et al. Cultivo do pimentão em condições protegidas sob diferentes doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.5, p.559-565, Jan. 2009.

BARROS, A. C. et al. Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 700-707, Dez. 2009 .

BARROS, A. C. et al. Distribuição da solução no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.4, p.361-372, Out-Dez. 2010.

BAR-YOSEF, B. **Advances in fertigation**. In: SPARKS, D.L. (Ed.). *Advances in Agronomy*. New York: Academic Press, 1999. p.1-77.

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Recuperação de um solo salinizado após cultivo em um ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.76-80, 2001.

BRESLER, E.; MCNEAL, B.L.; CARTER, D.L. *Saline and sodic soils: principles – dynamics - modeling*. Berlin: **Springer-Verlag**, 1982, 236p.

BOSWELL, F.C.; MEISINGER, J.J.; CASE, N.L. Production, marketing, and use of nitrogen fertilizers. In: *Fertilizer Technology and Use*. Ed. N L Case. **Soil Sci. Soc. Am.**, Madison, Wisconsin, 1985.

BURGUENÑO, H. La fertirrigación en cultivos hortícolas com acolchado plástico. **Culiacán: BURSAR**, v.1, p.45, 1996.

BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 1995.

CICHOTA, R.; JONG VAN LIER, Q. Avaliação no campo de um TDR segmentado para estimativa da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, Abr. 2004.

CLOTHIER, B.E.; SAUER, T.J. Nitrogen transport during drip fertigation with urea. **Soil Science Society. Am. J.**, v.52, p.345-349, 1988.

COELHO, E. F.; OR, D. Modelo de distribuição de água e de potencial matricial no solo sob gotejamento com extração de água por raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 225-234, Fev. 1999.

COELHO, E.F.; OR, D. Flow and uptake patterns affecting soil water sensor placement for drip irrigation management. **Trans. of the ASAE.**, v.39, p.2007-2016, 1996.

CONCIANI, W. et al. O uso da técnica de reflectometria no domínio do tempo (TDR) para determinação da umidade do solo in situ. **Revista Solos e Rochas**, v.19, p.189-199, 1996.

CUNHA, A.R. et al. Características de produtividade e classificação de frutos de pimentão híbrido Elisa em condições de ambiente protegido e de campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, CD-ROM, julho, 2001.

CUNHA, A.R.; ESCOBEDO, J.F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, n.1, p.15-26, 2003.

DASBERG, S.; OR, D. **Drip Irrigation**. Berlin: Springer, 1999, 162p.

DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Trad. de H.R. Gheyi; A.A. Sousa; F.A.V. Damasceno; J.F. Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p.

DONAGEMMA, G. K. et al. Distribuição do amônio, nitrato, potássio e fósforo em colunas de latossolos fertirrigados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p.2493-2504, Dez. 2008.

DUENHAS, L.H. et al. Fertirrigação com diferentes doses de N P K e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n.1, p. 214-218, 2002.

ECHER, M. M. et al . Avaliação de genótipos de *Capsicum* para resistência a ácaro branco. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.217-221, 2002.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**, 2a edição. Embrapa-CNPS, Rio de Janeiro, p.27-36, 1997.

GONCALVES, A. C. A. et al . Spatial variability and temporal stability of water storage in a cultivated tropical soil. **Bragantia**, Campinas, v.69, p.153-162, 2011 .

HAVLIN, J.L. et al. **Soil fertility and fertilizers**. 7th ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2005. 515p.

HEIMOVAARA, T.J. et al . Assessing temporal variations in soil water composition with time domain reflectometry. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.59, p.689-698, 1995.

HERRMANN, P.S.P. **Construção de um equipamento para medida de umidade do solo através de técnica de microondas**.1993. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - São Carlos: EEESC – USP, São Carlos, 1993

HOORN, J.W.; ALPHEN, J.G. Salt movement, leaching efficiency and leaching requirement. **Agricultural and Water Management**, Amsterdam, v.4, n.2 p.409-428, 1981.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário – 2006**. Rio de Janeiro, 2007. 145p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC. **Boletim Técnico n° 100**, 1998.

KELLER, J.; BLIESNER, R. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Chapman and Hall, 1990, 652p.

LOCASCIO, S. J.; Fiskell, J. G. A.; Martin, F. G. Responses of bell pepper to nitrogen sources. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.106, p.628-632, 1981.

LOPES, L.N.; SOUZA, C.F.; SANTORO, B.L. Utilização da TDR para monitoramento da solução de nitrato de potássio em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 932-947, 2010.

LORENTZ, L. H. et al. Estimativa da amostragem para pimentão em estufa plástica. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, 4p, 2002.

MACHADO, C.C.; COELHO, R.D. Estudo da distribuição espacial do sistema radicular do limão "Cravo" enxertado com lima ácida "Tahiti". **Laranja**, Cordeirópolis, v.21, n.2, p.359-380, 2000.

MAIA, C. E. Aplicação de modelos matemáticos na estimativa do volume de bulbo molhado por gotejamento superficial em diferentes tipos de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, Nov. 2010 .

MANIERI, J. M.; VAZ, C. M. P.; DE MARIA, I. C.. Sonda espiral de TDR para a medida da umidade no perfil do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa , v. 31, n.2, Abr. 2007 .

MARCUSSI, F.F.N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p.642-650, 2005.

MEDEIROS, J.F. Salinização em áreas fertirrigadas: Manejo e Controle. In: FOLEGATTI, M. V. et al. Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças, Guaíba: **Agropecuária**, p.201-240, 2001

MELO, A.S. et al. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.733-741, 2009.

MMOLAWA, K.; OR, D. Root zone solute dynamics under drip irrigation: A review. **Plant and Soil**, v.222, p.163-190, 2000.

NASCIMENTO, T.; SOARES, J.M. Bulbo Infiltrômetro. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 7, 1988, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABIRD, 1988. p. 1207-1218.

NOBORIO, K. Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry: a review. **Comp. and Elec. in Agr.**, v.31, p.213-237, 2001.

NOGUEIRA, C. C. P.; COELHO, E. F.; LEAO, M. C. S. Características e dimensões do volume de um solo molhado sob gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, Dez. 2000 .

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BÔAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.95-103, 2008.

OLSON, R.A. Nitrogen use in dryland farming under semiarid conditions. In: HAUCK, R.D. (Ed.). **Nitrogen in crop production**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1984. p.335-347.

PAPADOPOULOS, I. Constant feeding of field-grown tomatoes irrigated with sulphate water. **Plant and Soil**, v.88, p.231-236, 1985.

PAPADOPOULOS, I. Tendências da fertirrigação: Processos de transição da fertilização convencional para a fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V.et al. Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças, Guaíba: **Agropecuária**, 2001, p. 9-69.

RIVERA, R. N. C. et al. Modelo aplicado à dinâmica da água e do potássio no solo sob irrigação por gotejamento: análise de sensibilidade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, Set. 2008 .

ROCHA, E.M.M. et al. Uniformidade e eficiência de aplicação de água de irrigação por aspersão convencional na superfície e perfil do solo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998, p.286-8.

RYLSKI, I.; SPIGELMAM, M. Effect of night temperature on shape and size of sweet pepper. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, V.98, p.149-152, 1982

SANTOS, D. B.; COELHO, E. F.; AZEVEDO, C. A. V. Absorção de água pelas raízes do limoeiro sob distintas frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, Set. 2005.

SCALOPPI, E.J. Critérios básicos para seleção de sistemas de irrigação. **Informe Agropecuário**, v.12, p. 54 – 65, 1986.

SGANZERLA, E. Nova Agricultura: a fascinante arte de cultivar com plástico, 5ª ed, Guaíba: **Agropecuária**, 342p., 1995.

SILVA, A. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, Abr. 2003 .

SILVA, A. J. P. et al. Estimating water application efficiency for drip irrigation emitter patterns on banana. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 44, n. 7, Jul 2009 .

SILVA, E. F. F; DUARTE, S.N.; COELHO, R.D. Salinização dos solos cultivados sob ambiente protegidos no Estado de São Paulo. In: Folegatti, M.V. Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças. Guaíba: **Agropecuária**, 1999. p.267-277.

SILVA, M. A. G. et al. Rendimento e qualidade de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados em cobertura. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.1199-1207, 1999.

SOUZA, C.F.; Matsura, E.E. Distribuição da água no solo para o dimensionamento da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, p. 7-15, 2004.

SOUZA, C. F. et al. Calibração da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) para a estimativa da concentração da solução no solo. **Engenharia Agrícola** , Jaboticabal, v. 26, n. 1, Abr. 2006.

SOUZA, C.F.; FOLEGATTI, M.V.; OR, D. Distribution and storage characterization of soil solution for drip irrigation. **Irrigation Science**, New York, v.27, n.4, p.277-288, 2009.

SOUZA, C.F.; FOLEGATTI, M.V. Spatial and temporal characterization of water and solute distribution patterns. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.67, n.1, p.9-15, 2010.

SOUZA, C.F. et al. Uso da reflectometria no domínio do tempo (TDR) para avaliar a distribuição do nitrato no volume molhado do solo sob fertirrigação. **Magistra**, Cruz das Almas, v.19, p.112-122, 2007.

SOUZA, L. O. C. et al. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, Set. 2006.

SOUZA, V.F.; COELHO, E.F. Manejo da fertirrigação em fruteiras. In: FOLEGATTI, M. V. et al. Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: **Agropecuária**, 2001. p.289-317.

TEIXEIRA, C. F. A.; MORAES, S. O.; SIMONETE, M. A.. Desempenho do tensiômetro, TDR e sonda de nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa , v. 29, n. 2, Apr. 2005 .

TEODORO, R.E.F., OLIVEIRA, A.S., MINAMI, K. Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa-de-vegetação. **Scientia Agrícola**, v.50, n.2, p.237-243, 1993.

THOMAS, G.W.; BERTSCH, P.M. **Potassium status of temperate region soils**. In: MUNSON, R.D. (Ed.). Potassium in agriculture. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1985. p.131-162.

TOMMASELLI, J.T.G. Influência de algumas características do solo sobre a calibração de um aparelho de TDR (Time Domain Reflectometry).1997. 167p. Tese(Doutorado em Irrigação e Drenagem) Piracicaba: ESALQ-USP, 1997.

TOPP, G.C.; DAVIS, J.L.; ANNAN, A.P. Electromagnetic determination of soil water content: mensuarements in coaxial transmission lines. **Water Res. Res.**, v.16, p.574-582, 1980.

TOPP, G.C.; FERRÉ, P.A. The soil solution phase. In: DANE, J.H. & TOPP, G.C., eds. Methods of soil analysis. Wisconsin, **Soil Science Society of America**, p.417-1071, 2002

WU, I.P.; GITLIN, H.M. Irrigations efficiencies of surface, sprinkler and drip irrigation. Proc. 2º World Congr. On Water Resource Water for human needs, New Delhi, India, p.191-199, 1975.

ZANINI, J.R. Distribuição de água e de íon potássio no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento. Formação do bulbo molhado. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, v.45, n.1, p.13-24, 1991.

ZONTA, E. et al. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M.S., ed. Nutrição mineral de plantas. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa p.8-28, 2006

8 ANEXOS

ANEXO A – Valores de CE_{TDR} medida durante o ciclo da cultura.

Ciclo	2Lh ⁻¹	4Lh ⁻¹	2Lh ⁻¹	4Lh ⁻¹	2Lh ⁻¹	4Lh ⁻¹	2Lh ⁻¹	4Lh ⁻¹	2Lh ⁻¹	4Lh ⁻¹	2Lh ⁻¹	4Lh ⁻¹
Camada	I	I	II	II	III	III	IV	IV	V	V	VI	VI
16/jul	0,090	0,216	0,089	0,182	0,184	0,111	0,164	0,096	0,241	0,101	0,166	0,145
20/jul	0,113	0,272	0,113	0,193	0,222	0,126	0,195	0,219	0,261	0,111	0,138	0,074
20/jul	0,248	0,314	0,148	0,218	0,221	0,136	0,202	0,217	0,251	0,112	0,143	0,095
22/jul	0,157	0,265	0,128	0,181	0,213	0,121	0,283	0,086	0,264	0,091	0,106	0,082
22/jul	0,173	0,323	0,153	0,221	0,233	0,133	0,209	0,098	0,271	0,088	0,157	0,090
24/jul	0,100	0,239	0,062	0,250	0,118	0,092	0,191	0,078	0,284	0,086	0,136	0,131
24/jul	0,248	0,314	0,148	0,218	0,221	0,136	0,202	0,217	0,251	0,112	0,143	0,095
27/jul	0,181	0,291	0,125	0,178	0,201	0,140	0,193	0,102	0,281	0,084	0,116	0,091
27/jul	0,199	0,336	0,148	0,203	0,228	0,146	0,199	0,085	0,259	0,077	0,121	0,060
29/jul	0,175	0,333	0,150	0,189	0,235	0,137	0,189	0,124	0,279	0,083	0,123	0,153
29/jul	0,214	0,303	0,167	0,219	0,233	0,150	0,229	0,084	0,296	0,080	0,138	0,153
30/jul	0,191	0,319	0,165	0,219	0,224	0,139	0,191	0,091	0,280	0,074	0,125	0,140
31/jul	0,192	0,302	0,140	0,222	0,239	0,132	0,199	0,095	0,279	0,090	0,138	0,094
31/jul	0,268	0,201	0,226	0,225	0,211	0,193	0,183	0,131	0,164	0,131	0,218	0,124
3/ago	0,214	0,314	0,160	0,208	0,250	0,130	0,101	0,089	0,285	0,084	0,143	0,158
3/ago	0,195	0,346	0,185	0,253	0,318	0,116	0,246	0,085	0,279	0,126	0,146	0,141
5/ago	0,161	0,319	0,153	0,221	0,226	0,136	0,199	0,199	0,276	0,083	0,136	0,160
5/ago	0,169	0,346	0,187	0,250	0,231	0,144	0,218	0,189	0,269	0,078	0,159	0,158
7/ago	0,133	0,299	0,164	0,210	0,216	0,134	0,191	0,089	0,272	0,078	0,144	0,088
7/ago	0,175	0,364	0,171	0,235	0,258	0,146	0,209	0,093	0,278	0,078	0,159	0,083
10/ago	0,241	0,276	0,185	0,186	0,218	0,151	0,198	0,078	0,264	0,073	0,156	0,185
10/ago	0,242	0,379	0,184	0,251	0,294	0,084	0,204	0,110	0,274	0,078	0,161	0,203
12/ago	0,128	0,269	0,184	0,198	0,218	0,141	0,189	0,085	0,262	0,073	0,174	0,089
12/ago	0,162	0,337	0,231	0,227	0,248	0,167	0,221	0,091	0,269	0,077	0,170	0,077
13/ago	0,187	0,326	0,121	0,185	0,228	0,161	0,206	0,111	0,193	0,087	0,161	0,099
14/ago	0,226	0,337	0,168	0,238	0,239	0,154	0,219	0,093	0,197	0,085	0,102	0,187
14/ago	0,232	0,273	0,204	0,246	0,281	0,093	0,199	0,049	0,194	0,075	0,164	0,104
17/ago	0,149	0,235	0,166	0,186	0,223	0,128	0,204	0,083	0,190	0,074	0,153	0,079
17/ago	0,207	0,259	0,172	0,236	0,245	0,151	0,214	0,101	0,199	0,083	0,167	0,087
19/ago	0,118	0,234	0,139	0,188	0,209	0,138	0,192	0,089	0,198	0,077	0,133	0,076
19/ago	0,235	0,267	0,156	0,220	0,245	0,148	0,221	0,093	0,209	0,077	0,159	0,088
21/ago	0,117	0,229	0,137	0,172	0,216	0,137	0,084	0,089	0,207	0,153	0,114	0,077
21/ago	0,120	0,230	0,139	0,196	0,236	0,141	0,203	0,091	0,178	0,061	0,146	0,072
24/ago	0,109	0,323	0,113	0,157	0,204	0,124	0,187	0,082	0,161	0,073	0,126	0,054
24/ago	0,122	0,198	0,125	0,177	0,212	0,125	0,197	0,084	0,172	0,073	0,134	0,055
26/ago	0,124	0,173	0,133	0,213	0,201	0,127	0,181	0,088	0,120	0,075	0,135	0,178
26/ago	0,158	0,266	0,161	0,223	0,258	0,152	0,194	0,099	0,181	0,074	0,152	0,080
27/ago	0,132	0,259	0,141	0,178	0,216	0,136	0,164	0,090	0,161	0,074	0,148	0,068
28/ago	0,124	0,259	0,115	0,183	0,235	0,132	0,194	0,088	0,158	0,068	0,131	0,069
28/ago	0,141	0,283	0,164	0,235	0,232	0,139	0,193	0,082	0,173	0,068	0,153	0,069
31/ago	0,122	0,228	0,122	0,193	0,216	0,125	0,166	0,074	0,154	0,075	0,136	0,065
31/ago	0,136	0,258	0,148	0,222	0,213	0,130	0,166	0,083	0,154	0,074	0,151	0,055
2/set	0,224	0,323	0,139	0,157	0,204	0,129	0,187	0,088	0,161	0,077	0,126	0,064
2/set	0,126	0,198	0,168	0,177	0,212	0,129	0,197	0,079	0,172	0,074	0,134	0,059
4/set	0,179	0,228	0,116	0,193	0,216	0,126	0,166	0,075	0,154	0,074	0,136	0,067
4/set	0,139	0,258	0,143	0,222	0,213	0,130	0,166	0,079	0,154	0,076	0,151	0,066
7/set	0,098	0,194	0,111	0,139	0,204	0,128	0,135	0,079	0,166	0,075	0,133	0,061

7/set	0,119	0,280	0,125	0,135	0,204	0,121	0,161	0,081	0,193	0,078	0,130	0,141
9/set	0,094	0,225	0,113	0,113	0,185	0,129	0,164	0,065	0,194	0,086	0,121	0,178
9/set	0,113	0,324	0,163	0,146	0,238	0,175	0,185	0,099	0,204	0,073	0,144	0,102
10/set	0,123	0,250	0,141	0,182	0,191	0,126	0,166	0,079	0,159	0,064	0,149	0,156
11/set	0,198	0,168	0,141	0,166	0,170	0,106	0,161	0,078	0,206	0,068	0,140	0,152
11/set	0,133	0,269	0,119	0,164	0,225	0,127	0,184	0,075	0,215	0,068	0,143	0,078
14/set	0,225	0,248	0,099	0,115	0,206	0,113	0,165	0,073	0,203	0,068	0,121	0,138
14/set	0,113	0,226	0,094	0,131	0,206	0,109	0,179	0,069	0,210	0,065	0,089	0,140
16/set	0,225	0,248	0,099	0,115	0,206	0,113	0,165	0,073	0,203	0,068	0,121	0,138
16/set	0,113	0,226	0,094	0,131	0,206	0,109	0,179	0,069	0,210	0,065	0,089	0,140
18/set	0,103	0,203	0,117	0,131	0,193	0,105	0,164	0,074	0,194	0,061	0,120	0,180
18/set	0,121	0,250	0,129	0,153	0,168	0,108	0,169	0,077	0,211	0,062	0,126	0,184
21/set	0,103	0,203	0,117	0,153	0,193	0,105	0,164	0,074	0,194	0,061	0,120	0,180
21/set	0,121	0,250	0,129	0,153	0,168	0,108	0,169	0,077	0,211	0,062	0,126	0,184
23/set	0,131	0,183	0,089	0,150	0,165	0,118	0,146	0,066	0,191	0,059	0,113	0,056
23/set	0,115	0,191	0,116	0,089	0,168	0,126	0,158	0,057	0,188	0,068	0,113	0,054
24/set	0,183	0,193	0,114	0,134	0,170	0,058	0,101	0,083	0,063	0,060	0,129	0,119
25/set	0,093	0,168	0,111	0,088	0,149	0,103	0,165	0,068	0,199	0,054	0,123	0,171
25/set	0,124	0,231	0,119	0,089	0,175	0,113	0,178	0,072	0,199	0,058	0,115	0,109
28/set	0,100	0,160	0,129	0,090	0,181	0,076	0,186	0,066	0,191	0,060	0,106	0,081
28/set	0,115	0,125	0,176	0,124	0,233	0,134	0,101	0,127	0,198	0,064	0,131	0,068
30/set	0,123	0,194	0,122	0,074	0,161	0,045	0,145	0,042	0,194	0,061	0,113	0,055
30/set	0,050	0,214	0,166	0,080	0,161	0,035	0,138	0,009	0,184	0,063	0,128	0,055
2/out	0,112	0,185	0,125	0,113	0,175	0,060	0,162	0,054	0,193	0,060	0,113	0,150
2/out	0,098	0,249	0,143	0,143	0,192	0,104	0,175	0,068	0,212	0,067	0,121	0,063
14/out	0,115	0,264	0,130	0,137	0,214	0,076	0,168	0,063	0,273	0,062	0,130	0,151
14/out	0,151	0,273	0,113	0,154	0,213	0,124	0,175	0,105	0,204	0,171	0,128	0,131
16/out	0,083	0,205	0,168	0,165	0,205	0,173	0,160	0,152	0,166	0,144	0,127	0,129
16/out	0,121	0,303	0,106	0,141	0,205	0,113	0,175	0,074	0,280	0,066	0,141	0,066
15/out	0,097	0,198	0,130	0,164	0,186	0,132	0,154	0,083	0,195	0,081	0,115	0,122
15/out	0,101	0,350	0,123	0,249	0,275	0,083	0,269	0,061	0,276	0,059	0,157	0,183
21/out	0,147	0,223	0,112	0,202	0,220	0,122	0,167	0,097	0,202	0,077	0,144	0,125
21/out	0,149	0,189	0,099	0,175	0,188	0,098	0,179	0,090	0,197	0,060	0,128	0,108
23/out	0,161	0,185	0,137	0,099	0,171	0,136	0,114	0,087	0,193	0,089	0,112	0,112
23/out	0,140	0,369	0,144	0,205	0,267	0,116	0,226	0,059	0,283	0,070	0,144	0,136
26/out	0,102	0,247	0,111	0,110	0,205	0,111	0,184	0,070	0,183	0,068	0,130	0,106
26/out	0,133	0,246	0,126	0,126	0,216	0,113	0,144	0,146	0,208	0,072	0,128	0,082
28/out	0,159	0,222	0,122	0,107	0,187	0,149	0,171	0,090	0,233	0,078	0,119	0,194
28/out	0,185	0,323	0,144	0,231	0,246	0,136	0,195	0,098	0,272	0,084	0,166	0,118
30/out	0,131	0,249	0,139	0,164	0,200	0,120	0,170	0,077	0,195	0,066	0,125	0,132
30/out	0,112	0,301	0,114	0,155	0,202	0,099	0,174	0,067	0,251	0,063	0,131	0,125
2/nov	0,104	0,207	0,111	0,158	0,187	0,100	0,161	0,077	0,176	0,088	0,130	0,126
2/nov	0,129	0,282	0,139	0,142	0,210	0,123	0,185	0,077	0,214	0,068	0,127	0,085
4/nov	0,138	0,181	0,131	0,189	0,183	0,104	0,241	0,077	0,184	0,109	0,216	0,161
4/nov	0,147	0,280	0,145	0,164	0,224	0,105	0,190	0,066	0,234	0,143	0,137	0,113
6/nov	0,124	0,206	0,105	0,155	0,202	0,121	0,156	0,091	0,164	0,074	0,126	0,121
6/nov	0,127	0,357	0,104	0,243	0,268	0,093	0,202	0,074	0,276	0,062	0,160	0,155
9/nov	0,112	0,235	0,127	0,196	0,220	0,084	0,168	0,072	0,163	0,061	0,141	0,149
9/nov	0,147	0,267	0,134	0,144	0,209	0,120	0,179	0,131	0,210	0,100	0,125	0,105
11/nov	0,170	0,251	0,127	0,110	0,203	0,128	0,170	0,178	0,273	0,090	0,124	0,071
11/nov	0,110	0,289	0,135	0,137	0,203	0,133	0,176	0,091	0,247	0,066	0,133	0,082
13/nov	0,155	0,214	0,223	0,186	0,141	0,140	0,174	0,088	0,176	0,115	0,124	0,085
13/nov	0,148	0,178	0,096	0,106	0,204	0,093	0,093	0,076	0,198	0,077	0,123	0,167

11/set	0,225	0,277	0,236	0,279	0,279	0,274	0,271	0,271	0,280	0,222	0,267	0,267
11/set	0,236	0,259	0,264	0,275	0,275	0,279	0,270	0,273	0,287	0,241	0,276	0,264
14/set	0,210	0,250	0,226	0,269	0,269	0,274	0,263	0,264	0,281	0,230	0,273	0,245
14/set	0,228	0,250	0,255	0,269	0,269	0,267	0,263	0,258	0,281	0,254	0,273	0,258
16/set	0,195	0,250	0,226	0,269	0,269	0,264	0,263	0,249	0,281	0,234	0,273	0,245
16/set	0,227	0,267	0,255	0,271	0,261	0,261	0,277	0,268	0,285	0,254	0,272	0,268
18/set	0,204	0,238	0,231	0,265	0,255	0,256	0,269	0,257	0,267	0,218	0,272	0,265
18/set	0,220	0,268	0,272	0,265	0,265	0,268	0,269	0,279	0,280	0,278	0,272	0,276
21/set	0,185	0,228	0,231	0,265	0,265	0,256	0,269	0,267	0,280	0,218	0,272	0,268
21/set	0,220	0,260	0,272	0,275	0,275	0,268	0,274	0,289	0,283	0,278	0,272	0,267
23/set	0,214	0,242	0,233	0,256	0,266	0,262	0,268	0,271	0,268	0,187	0,271	0,262
23/set	0,256	0,278	0,260	0,286	0,286	0,285	0,283	0,286	0,282	0,257	0,287	0,268
24/set	0,256	0,235	0,287	0,270	0,270	0,266	0,252	0,265	0,275	0,242	0,274	0,263
25/set	0,228	0,249	0,255	0,276	0,276	0,277	0,275	0,268	0,267	0,222	0,276	0,259
25/set	0,254	0,294	0,281	0,268	0,268	0,285	0,293	0,285	0,287	0,247	0,277	0,276
28/set	0,175	0,285	0,217	0,265	0,265	0,240	0,287	0,266	0,267	0,244	0,277	0,263
28/set	0,256	0,277	0,272	0,272	0,272	0,286	0,287	0,288	0,249	0,272	0,277	0,260
30/set	0,225	0,259	0,267	0,267	0,267	0,279	0,271	0,269	0,246	0,264	0,275	0,240
30/set	0,247	0,283	0,289	0,264	0,264	0,270	0,278	0,276	0,284	0,255	0,275	0,263
2/out	0,200	0,264	0,242	0,250	0,250	0,259	0,267	0,268	0,251	0,251	0,272	0,258
2/out	0,236	0,272	0,277	0,263	0,263	0,274	0,270	0,276	0,288	0,239	0,279	0,244
14/out	0,198	0,264	0,246	0,264	0,264	0,271	0,257	0,269	0,264	0,234	0,274	0,233
14/out	0,244	0,273	0,261	0,273	0,273	0,271	0,274	0,280	0,282	0,269	0,282	0,257
16/out	0,214	0,261	0,246	0,270	0,270	0,263	0,269	0,266	0,275	0,268	0,272	0,252
16/out	0,235	0,282	0,260	0,259	0,259	0,267	0,272	0,284	0,286	0,255	0,270	0,255
15/out	0,210	0,270	0,259	0,240	0,250	0,261	0,246	0,275	0,272	0,224	0,265	0,243
15/out	0,232	0,292	0,257	0,284	0,254	0,240	0,270	0,269	0,278	0,258	0,269	0,257
21/out	0,208	0,269	0,234	0,263	0,253	0,230	0,263	0,259	0,245	0,214	0,236	0,243
21/out	0,233	0,284	0,288	0,271	0,271	0,291	0,281	0,285	0,271	0,236	0,273	0,255
23/out	0,222	0,265	0,240	0,262	0,270	0,281	0,280	0,266	0,267	0,229	0,269	0,229
23/out	0,232	0,291	0,264	0,268	0,268	0,282	0,299	0,270	0,281	0,262	0,279	0,257
26/out	0,214	0,275	0,244	0,254	0,264	0,272	0,276	0,270	0,276	0,234	0,270	0,251
26/out	0,246	0,274	0,250	0,269	0,269	0,286	0,282	0,286	0,289	0,260	0,275	0,256
28/out	0,217	0,263	0,245	0,259	0,259	0,271	0,276	0,271	0,279	0,254	0,271	0,254
28/out	0,245	0,273	0,252	0,289	0,269	0,288	0,288	0,274	0,277	0,247	0,274	0,247
30/out	0,204	0,262	0,249	0,273	0,263	0,285	0,271	0,269	0,261	0,245	0,270	0,245
30/out	0,221	0,285	0,259	0,278	0,278	0,259	0,286	0,272	0,281	0,258	0,278	0,256
2/nov	0,187	0,266	0,254	0,269	0,269	0,258	0,267	0,262	0,280	0,242	0,272	0,249
2/nov	0,248	0,280	0,269	0,285	0,285	0,284	0,281	0,290	0,266	0,258	0,251	0,267
4/nov	0,205	0,267	0,255	0,267	0,267	0,282	0,261	0,274	0,259	0,232	0,238	0,258
4/nov	0,240	0,281	0,255	0,270	0,270	0,287	0,283	0,284	0,285	0,257	0,270	0,269
6/nov	0,214	0,268	0,236	0,246	0,246	0,277	0,266	0,249	0,279	0,249	0,266	0,239
6/nov	0,260	0,284	0,289	0,279	0,279	0,270	0,279	0,274	0,278	0,256	0,275	0,276
9/nov	0,226	0,274	0,258	0,278	0,278	0,261	0,269	0,268	0,262	0,247	0,270	0,267
9/nov	0,243	0,263	0,253	0,268	0,268	0,275	0,268	0,280	0,276	0,254	0,274	0,266
11/nov	0,228	0,261	0,226	0,266	0,266	0,275	0,258	0,262	0,268	0,235	0,272	0,246
11/nov	0,235	0,278	0,263	0,281	0,271	0,289	0,275	0,281	0,284	0,237	0,282	0,269
13/nov	0,228	0,249	0,257	0,276	0,266	0,286	0,258	0,279	0,277	0,222	0,277	0,232
13/nov	0,264	0,299	0,289	0,287	0,287	0,296	0,294	0,280	0,269	0,263	0,278	0,266