

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Leonardo do Nascimento Lopes

**MONITORAMENTO DE UMA SOLUÇÃO DE NITRATO DE
POTÁSSIO EM UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO
COM USO DA TÉCNICA DA TDR**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo Curso do Programa de
Pós-Graduação em Ciências Ambientais da
Universidade de Taubaté.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza

Taubaté-SP

2009

**Ficha catalográfica elaborada pelo
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

L864m Lopes, Leonardo do Nascimento
 Monitoramento de uma solução de nitrato de potássio em um
 latossolo vermelho-amarelo com uso da técnica da TDR / Leonardo do
 Nascimento Lopes. - 2009.
 71f. : il.

 Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de
 Taubaté, Departamento de Ciências Agrárias, 2009.
 Orientação: Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza, Departamento de
 Ciências Agrárias.

 1. Reflectometria no Domínio do Tempo - TDR. 2. Conteúdo de água.
 3. Volume de solo molhado. I. Título

**MONITORAMENTO DE UMA SOLUÇÃO DE NITRATO DE POTÁSSIO EM UM
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO COM USO DA TÉCNICA DA TDR**

LEONARDO DO NASCIMENTO LOPES

Dissertação aprovada em 02/02/2009

Comissão Julgadora:

Membro	Instituição
Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza	Universidade Federal de São Carlos - (UFSCar)
Prof. Dr. Marcos Vinicius Folegatti	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – (ESALQ/USP)
Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa	Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza

Orientador

Dedico este trabalho as pessoas que muito admiro,
minha esposa Kátia meu pai Isaltino e meu
orientador e amigo Prof. Dr. Claudinei.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me mostrar o caminho diante das decisões mais difíceis;

Ao professor Dr. Claudinei Fonseca Souza, primeiramente pela amizade durante a confecção deste trabalho, pelo suporte, orientação, paciência e pela oportunidade de trabalhar e aprender muito ao seu lado;

A Universidade de Taubaté - UNITAU, pela oportunidade de aperfeiçoar e adquirir novos conhecimentos;

A Fundação e Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo apoio financeiro;

A todos os colegas do curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais;

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais;

Ao coordenador do curso Pós-Graduação em Ciências Ambientais Prof. Dr. Marcelo Targa, pelo suporte oferecido;

Aos amigos Deniz e Gilvan, que pelo incentivo colaboraram direta e indiretamente para realização deste trabalho;

Aos amigos de jornada Bruno Santoro e Lucas pela boa vontade, dedicação e companheirismo;

Ao professor Antônio Cláudio e a técnica de laboratório Simone pela colaboração e auxílio nos laboratórios de águas e mecânica dos solos;

Aos alunos e ex-alunos de graduação: Elton, Clodoaldo, Marcelo, Letícia, Davidson, Rosiane, Bruno Almeida, Allan (ESALQ).

Ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, pelo suporte estrutural;

A todos que colaboraram para realização deste trabalho.

RESUMO

MONITORAMENTO DE UMA SOLUÇÃO DE NITRATO DE POTÁSSIO EM UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO COM USO DA TÉCNICA DA TDR

O conhecimento da movimentação da água no solo é de grande importância para a agricultura, pois a água é um dos fatores que mais influenciam no rendimento das culturas. Das várias técnicas utilizadas para o monitoramento do conteúdo de água no solo, a reflectometria no domínio do tempo (TDR) vem sendo bastante difundida entre os pesquisadores por apresentar inúmeras vantagens, dentre as quais a mensuração em tempo real e a possibilidade de leituras automatizadas. Com o objetivo de avaliar a movimentação da água num perfil de um Latossolo vermelho-amarelo, conduziu-se um experimento obtendo-se os valores de umidade do solo e condutividade elétrica através das leituras de um equipamento de TDR com sondas instaladas em uma trincheira em diversas profundidades (0,10 m a 0,60 m) e com diferentes taxas de aplicação (2, 4 e 8 L.h⁻¹) de solução em intervalos de 1 hora, via irrigação por gotejamento. A partir dos resultados obtidos, pôde concluir-se que diferentes vazões de aplicação determinam características particulares de formação do bulbo molhado e da movimentação da solução no solo. Para as condições de solo e de acordo com o volume e a frequência utilizada durante este experimento, recomenda-se a aplicação de pequenas quantidades de solução em intervalos mais frequentes para reduzir a perda por percolação de água e solutos.

Palavras-chave: Reflectometria no domínio do tempo – TDR; conteúdo de água; volume de solo molhado

ABSTRACT

MONITORING OF A NITRATE AND POTASSIUM SOLUTION IN A RED YELLOW LATOSSOLO WITH USE OF THE TECHNICIAN TDR

The knowledge of the water distribution in soil has great importance to the agriculture because of the crop yield the cultures income has a direct influence by the water. There are many techniques used to monity soil moisture, and the time domain reflectometry (TDR), has a satisfactory application among the researches because the advantages, allow the real time measurements can be automatized and the automatized. With the objective to appraise the water distribution and electrical conductivity in a Red-yellow Latosol profile, the experiment was conducted measuring soil moisture through the TDR equipment reading with probes fixed in a trench in various depths (0,10 m to 0,60 m) and with different applications rates of solution (2,4 and 8 L.h⁻¹) , with one hour interval by dripping irrigation. The results allowed us to that the different sewages applications determinate the particular characteristics of the wet bulb arrangement and the water soil distribution. For the soil conditions and according to the volume and frequency used during this experiment, it is recommended to apply of small quantities of a solution at more frequent intervals to reduce the loss by percolation of water and solute.

Keywords: Time domain reflectometry -TDR; water content; wetted soil volume

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Casa de vegetação.....	28
Figura 2 – Armação das sondas de TDR.....	30
Figura 3A - Gabarito construído para aplicação da resina.....	30
Figura 3B - Estrutura construtiva da sonda de TDR.....	30
Figura 4A - Trincheira aberta para a instalação das sondas de TDR.....	31
Figura 4B - Disposição final das sondas instaladas.....	31
Figura 5A - Acomodação do solo na trincheira.....	32
Figura 5B - Trincheira fechada com o mesmo solo retirado.....	32
Figura 6 – Sistema de frasco de Mariote utilizado no ensaio.....	33
Figura 7 – Detalhe dos multiplexadores para automação das leituras.....	34
Figura 8 – Processo de formação do disco saturado e frente de umedecimento.....	35
Figura 9 – Medidas de condutividade elétrica do extrato de saturação.....	36
Figura 10 - Relação entre os valores de condutividade elétrica pela técnica da TDR (CE_{TDR}) e condutividade elétrica obtida pelo extrato de saturação (CE_s).....	39
Figura 11 - Processo de medição do disco saturado e frente de umedecimento.....	40
Figura 12 - Área superficial molhada dos bulbos e disco saturado observado para os ensaios após as aplicações de $2 L.h^{-1}$	41
Figura 13 - Área superficial molhada dos bulbos e disco saturado observado para os ensaios após as aplicações de $4 L.h^{-1}$	41
Figura 14 - Área superficial molhada dos bulbos e disco saturado observado para os ensaios após as aplicações de $8 L.h^{-1}$	42
Figura 15 - Perfis de umidade do solo ($m^3.m^{-3}$) ao final do processo de infiltração de cada aplicação de KNO_3 para vazão de $2 L.h^{-1}$	46
Figura 16 - Perfis de umidade do solo ($m^3.m^{-3}$) ao final do processo de infiltração de cada aplicação de KNO_3 para vazão de $4 L.h^{-1}$	47
Figura 17 - Perfis de umidade do solo ($m^3.m^{-3}$) ao final do processo de infiltração de cada aplicação de KNO_3 para vazão de $8 L.h^{-1}$	48
Figura 18 - Perfis de condutividade elétrica do solo (dS/m) ao final do processo de infiltração de cada aplicação da solução de KNO_3 para vazão de $2 L.h^{-1}$	50

Figura 19 - Perfis de condutividade elétrica do solo (dS/m) ao final do processo de infiltração de cada aplicação da solução de KNO_3 para vazão de 4 L.h^{-1}	51
Figura 20 - Perfis de condutividade elétrica do solo (dS/m) ao final do processo de infiltração de cada aplicação da solução de KNO_3 para vazão de 8 L.h^{-1}	52
Figura 21 – Análise dimensional dos bulbos.....	57
Figura 22 - Umidade média no volume de controle após a aplicação de água.....	59
Figura 23 – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen para umidade em função da vazão aplicada	60
Figura 24 – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen para a condutividade elétrica em função da vazão aplicada.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físico-hídricas e químicas do solo na camada de 0,60 m.....	29
Tabela 2 – Volume de solução para o perfil de distribuição no solo.....	54
Tabela 3 – Concentração de solução para o perfil de distribuição no solo.....	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Irrigação por gotejamento.....	15
2.2 Forma e dimensões do bulbo molhado.....	16
2.3 Dinâmica do soluto no bulbo molhado.....	19
2.4 Condutividade elétrica.....	20
2.5 Contaminação das águas por nitrato	22
2.6 Uso da técnica do TDR.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Confeção das sondas de TDR.....	29
3.2 Instalação das sondas de TDR na trincheira.....	31
3.3 Condução do ensaio.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Análise dos dados experimentais.....	38
4.2 Disco saturado <i>versus</i> área superficial molhada.....	39
4.3 Distribuição e armazenamento da água no solo.....	43
4.4 Distribuição da solução do solo (KNO ₃).....	49
4.5 Análise dimensional dos bulbos.....	56
4.6 Análise de uniformidade de distribuição da solução no solo.....	58
5 CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS	64