

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PARÂMETROS INDICADORES DE IMPACTOS AMBIENTAIS
NA CULTURA DO TOMATE DE MESA SOB IRRIGAÇÃO
POR SULCO NO MUNICÍPIO DE ESTIVA GERBI/SP**

ROBERTA CRISTINA SARTINI VIEIRA

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PARÂMETROS INDICADORES DE IMPACTOS AMBIENTAIS
NA CULTURA DO TOMATE DE MESA SOB IRRIGAÇÃO
POR SULCO NO MUNICÍPIO DE ESTIVA GERBI/SP**

Dissertação submetida à banca examinadora para
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Agrícola, na área de concentração em Água e
Solos.

ROBERTA CRISTINA SARTINI VIEIRA

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Daniel

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2003

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

V673p

Vieira, Roberta Cristina Sartini

Parâmetros indicadores de impactos ambientais na cultura do tomate de mesa sob irrigação por sulco no município de Estiva Gerbi/SP / Roberta Cristina Sartini Vieira.--Campinas, SP: [s.n.], 2003.

Orientador: Luiz Antonio Daniel.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Solos. 2. Solos - Degradação. 3. Solos irrigados. 4. Impacto ambiental. 5. Irrigação por sulcos. 6. Física do solo. I. Daniel, Luiz Antonio. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

*Dedico,
À minha mãe Élide, meu pai José
Roberto (in memoriam) e minha irmã Erika.*

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – pelo apoio financeiro.

Ao orientador Prof^o Dr^o Luiz Antonio Daniel pelo apoio, entusiasmo, amizade e confiança.

A Coordenadoria de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas, Prof^{as} Dr^{as} Raquel Gonçalves, Ana Paula Montagner, Marta Ap. Rigonatto Vechi e Rosangela Gomes.

À Prefeitura Municipal da cidade de Estiva Gerbi/SP pelo apoio ao projeto.

Ao Pesquisador Científico Afonso Peche Filho pelo empréstimo do perfilômetro e colaboração.

À Jane Maria de Carvalho Silveira pelo incentivo e valiosa colaboração para a conclusão deste trabalho e pela grande amizade.

Aos Engenheiros agrônomos José Ricardo Lucarelli e Antonio Javarez Júnior pelo apoio técnico e amizade.

A Célia Panzarin Gonçalves, técnica do Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas.

Aos técnicos Túlio, Gelson e Edgar pela colaboração e amizade.

Aos amigos do Laboratório de Solos da FEAGRI – UNICAMP, Luciana, Marcão, Mazzola, Maria Teresa, Sandra, Tânia, Lúcia e Rojane pelo apoio, incentivo e amizade.

A Renovaldo Montagnana, meu namorado, pelo apoio, incentivo e dedicação.

SUMÁRIO

RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 ÁGUA E IRRIGAÇÃO	5
3.2 IRRIGAÇÃO POR SULCOS	8
3.2.1 <i>Impacto Ambiental - Erosão hídrica</i>	9
3.2.2 <i>Importância dos parâmetros físicos do solo para diagnóstico dos aspectos ambientais.</i>	12
3.3 O CULTIVO DO TOMATE	15
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA	17
4.2 PREPARO DA GLEBA DE PRODUÇÃO	18
4.3 DESCRIÇÃO DAS METODOLOGIAS PARA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO	24
4.3.1 <i>Estabilidade de agregados</i>	24
4.3.2 <i>Granulometria</i>	25
4.3.3 <i>Densidade do solo</i>	25
4.3.4 <i>Umidade do solo, capacidade de campo e ponto de murcha permanente</i>	26
4.3.5 <i>Seção transversal do sulco</i>	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO ADOTADO DO PONTO DE VISTA DA ENGENHARIA AGRÍCOLA	30

5.2	AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL	31
5.2.1	<i>Estabilidade de agregados</i>	32
5.2.2	<i>Granulometria</i>	36
5.2.3	<i>Densidade do solo</i>	42
5.2.4	<i>Umidade do solo, capacidade de campo e ponto de murcha permanente</i>	45
5.2.5	<i>Seção transversal do sulco</i>	52
6	CONCLUSÕES	62
7	BIBLIOGRAFIA	63
	APÊNDICE	68
	ANEXO	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Croqui da área de estudo.....	18
Figura 2: Foto da área experimental no início do ciclo da cultura	19
Figura 3: Foto da área experimental durante o ciclo da cultura	19
Figura 4: Foto geral do experimento	20
Figura 5: Foto do tanque pulverizador com a mangueira para aplicação dos insumos.....	21
Figura 6: Foto da aplicação de insumos no início do ciclo da cultura.....	21
Figura 7: Foto do canal principal.....	22
Figura 8: Foto do canal secundário.....	22
Figura 9: Foto da derivação de água do canal secundário para os sulcos	23
Figura 10: Foto do “arraste da bandeira” para desvio da água para os sulcos	23
Figura 11: Foto do perfilômetro	28
Figura 12: Esquema das estações de leitura da seção transversal do sulco.....	28
Figura 13: Foto do Perfilômetro no sulco de irrigação.....	29
Figura 14: Curva de avanço da água nos três sulcos	31
Figura 15: Análise da estabilidade de agregados do sulco 1 nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm em 15 de agosto e 21 de novembro	32
Figura 16: Análise da estabilidade de agregados do sulco 2 nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm em 15 de agosto e 21 de novembro	33
Figura 17: Análise da estabilidade de agregados do sulco 3 nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm em 15 de agosto e 21 de novembro	33
Figura 18: Análise conjunta da estabilidade de agregados nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm em duas épocas de desenvolvimento da cultura do tomate	35
Figura 19: Análise granulométrica do sulco 1 na camada de 0-20 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco).....	36
Figura 20: Análise granulométrica do sulco 2 na camada de 0-20 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco).....	37
Figura 21: Análise granulométrica do sulco 3 na camada de 0-20 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco).....	37

Figura 22: Análise granulométrica do sulco 1 na camada de 20-40 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco)	38
Figura 23: Análise granulométrica do sulco 2 na camada de 20-40 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco)	39
Figura 24: Análise granulométrica do sulco 3 na camada de 20-40 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco)	39
Figura 25: Análise conjunta da granulometria na camada de 0-20 cm ao longo dos três sulcos nas três épocas de amostragem	40
Figura 26: Análise conjunta da granulometria na camada de 20-40 cm ao longo dos três sulcos nas três épocas de amostragem	41
Figura 27: Análise da densidade média do solo durante o ciclo da cultura do tomate.....	42
Figura 28: Análise conjunta da densidade do solo na camada de 0-20 cm em quatro épocas ..	43
Figura 29: Análise conjunta da densidade do solo na camada de 20-40 cm em quatro épocas	44
Figura 30: Umidade do solo no sulco 1, na camada de 0-40 cm em quatro épocas, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), umidade antes da irrigação (Ua) e umidade depois da irrigação (Ud)	45
Figura 31: Umidade do solo no sulco 2, nas camadas de 0-40 cm em quatro épocas, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), umidade antes da irrigação (Ua) e umidade depois da irrigação (Ud)	46
Figura 32: Umidade do solo no sulco 3, nas camadas de 0-40 cm em quatro épocas, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), umidade antes da irrigação (Ua) e umidade depois da irrigação (Ud)	47
Figura 33: Chuvas e irrigações ocorridas no período das coletas de umidade do solo	48
Figura 34: Umidade do solo antes da irrigação (Ua), umidade depois da irrigação (Ud), capacidade de campo e ponto de murcha permanente do sulco 1 na camada de 0-20 cm	49
Figura 35: Umidade do solo antes da irrigação (Ua), umidade depois da irrigação (Ud), capacidade de campo e ponto de murcha permanente do sulco 2 na camada de 0-20 cm	50

Figura 36: Umidade do solo antes da irrigação (U_a), umidade depois da irrigação (U_d), capacidade de campo e ponto de murcha permanente do sulco 3 na camada de 0-20 cm	51
Figura 37: Análise conjunta da umidade do solo na camada superficial (0-20 cm), em quatro épocas do desenvolvimento da cultura e em dois momentos, antes e após a irrigação	52
Figura 38: Sulco 1- Leitura do dia 15 de agosto de 2001	54
Figura 39: Sulco 1- Leitura do dia 10 de outubro de 2001.....	54
Figura 40: Sulco 1- Leitura do dia 20 de novembro de 2001.....	55
Figura 41: Sulco 2- Leitura do dia 15 de agosto de 2001.....	57
Figura 42: Sulco 2- Leitura do dia 10 de outubro de 2001.....	57
Figura 43: Sulco 2- Leitura do dia 20 de novembro de 2001.....	58
Figura 44: Sulco 3- Leitura do dia 15 de agosto de 2001.....	60
Figura 45: Sulco 3- Leitura do dia 10 de outubro de 2001.....	60
Figura 46: Sulco 3- Leitura do dia 20 de novembro de 2001.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Seção transversal do sulco 1 durante o ciclo da cultura (m ²).....	53
Tabela 2: Seção transversal do sulco 2 durante o ciclo da cultura (m ²).....	56
Tabela 3: Seção transversal do sulco 3 durante o ciclo da cultura (m ²).....	59
Tabela 4: Água total que entra no canal secundário.....	68
Tabela 5: Água perdida por baixo da bandeira.....	68
Tabela 6: Estabilidade de agregados do sulco 1 na camada de 0-20 cm no dia 15 de agosto de 2001	69
Tabela 7: Estabilidade de agregados do sulco 1 na camada de 20-40 cm no dia 15 de agosto de 2001	69
Tabela 8: Estabilidade de agregados do sulco 2 na camada de 0-20 cm no dia 15 de agosto de 2001	70
Tabela 9: Estabilidade de agregados do sulco 2 na camada de 20-40 cm no dia 15 de agosto de 2001	70
Tabela 10: Estabilidade de agregados do sulco 3 na camada de 0-20 cm no dia 15 de agosto de 2001	71
Tabela 11: Estabilidade de agregados do sulco 3 na camada de 20-40 cm no dia 15 de agosto de 2001	71
Tabela 12: Estabilidade de agregados do sulco 1 na camada de 0-20 cm no dia 21 de novembro 2001	72
Tabela 13: Estabilidade de agregados do sulco 1 na camada de 20-40 cm no dia 21 de novembro de 2001	72
Tabela 14: Estabilidade de agregados do sulco 2 na camada de 0-20 cm no dia 21 de novembro 2001	73
Tabela 15: Estabilidade de agregados do sulco 2 na camada de 20-40 cm no dia 21 de novembro de 2001	73
Tabela 16: Estabilidade de agregados do sulco 3 na camada de 0-20 cm no dia 21 de novembro 2001	74
Tabela 17: Estabilidade de agregados do sulco 3 na camada de 20-40 cm no dia 21 de novembro de 2001	74

Tabela 18: Análise granulométrica dos três sulcos nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm no início, meio e final do sulco no dia 13 de agosto de 2001	75
Tabela 19: Análise granulométrica dos três sulcos nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm no início, meio e final do sulco no dia 18 de setembro de 2001	76
Tabela 20: Análise granulométrica dos três sulcos nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm no início, meio e final do sulco no dia 21 de novembro de 2001	77
Tabela 21: Densidade do solo – dia 25 de maio de 2001	78
Tabela 22: Densidade do solo – dia 20 de julho de 2001	78
Tabela 23: Densidade do solo – dia 14 de agosto de 2001	78
Tabela 24: Densidade do solo – dia 04 de outubro de 2001	79
Tabela 25: Umidade do solo do Sulco 1 na camada de 0-40 cm em 4 épocas	79
Tabela 26: Umidade do solo do Sulco 2 na camada de 0-40 cm em 4 épocas	79
Tabela 27: Umidade do solo do Sulco 3 na camada de 0-40 cm em 4 épocas	79
Tabela 28: Umidade do solo do Sulco 1 na camada de 0-20 cm em 4 épocas	80
Tabela 29: Umidade do solo do Sulco 2 na camada de 0-20 cm em 4 épocas	80
Tabela 30: Umidade do solo do Sulco 3 na camada de 0-20 cm em 4 épocas	80
Tabela 31: Seção transversal inicial dos sulcos (m ²).....	80

RESUMO

A escassez e a poluição da água tem limitado sua utilização pelos vários setores da sociedade. A aprovação da cobrança pelo uso da água no Estado de São Paulo tem exigido especial atenção de técnicos e pesquisadores da área agrícola no que se refere à quantidade de água demandada para a agricultura, além dos impactos ambientais causados pelo uso e manejo inadequado do solo e da água. O presente trabalho teve como finalidade caracterizar indicadores de impactos ambientais causados pela irrigação por sulcos com base na cultura do tomate, em uma propriedade agrícola do Município de Estiva Gerbi/SP. Foram levantados alguns parâmetros físicos do solo com a finalidade de diagnosticar indicadores de impactos ambientais sobre o solo sob um sistema de irrigação por sulcos. Os resultados alcançados mostraram que parâmetros físicos podem indicar impactos desde que sejam realizadas amostragens ao longo do tempo. Observou-se que os teores de água do solo aumentaram em torno de 0,05g/g ao longo do ciclo da cultura e o manejo da irrigação foi mantido desde o início do plantio, mesmo em ocasiões de chuva. A seção transversal dos sulcos foi alterando-se ao longo do ciclo da cultura, provocando desuniformidade da irrigação ocasionando problemas na sua eficiência. A densidade do solo também sofreu alterações principalmente na camada de 0-20 cm passando de 1213 Kg/m³ para 1429 Kg/m³, indicando início de um possível processo de adensamento. Assim sendo, tais parâmetros podem servir como indicadores de impactos ambientais a partir do diagnóstico de aspectos ambientais conforme definidos na NBR ISO 14001, principalmente tratando-se do uso dos recursos naturais.

Palavras chave: solos, impacto ambiental, parâmetros físicos do solo, irrigação por sulcos.

ABSTRACT

The scarcity and pollution of water limits its general uses. Nowadays the agricultural researches are focusing on the institution of taxes for water-use and the environmental impacts caused by inadequate of soil and water. This main goal of this work is to characterize indicators of environmental impacts caused by furrow irrigation in the tomato crop, on a farm located at city of Estiva Gerbi/SP. Soil physical parameters were evaluated generating indicators of environmental impacts under furrow irrigation. Results to date show that physical parameters can indicate impacts since the sampling are collected over time. It was observed that the content of water on soil raised around 0,05g/g along the cycle of the culture; furrow irrigation was maintained in all occasions (dry and wet). The transversal section of furrows changed along the culture cycle affecting irrigation uniformity, what caused inefficiency on the process. Soil density was also altered, the 0-20 cm layer density changed from 1213 Kg/m³ to 1429 Kg/m³, due the clay has been illuviated deeper in the larger voids of the soil. Thus being such parameters can be used as environmental impacts indicators from environmental aspects diagnosis as defined on NBR ISO 14001, especially on the use of natural resources.

Key words: soil, environmental impacts, physical parameters of soil, furrow irrigation.

1 INTRODUÇÃO

O planeta Terra possui cerca de dois terços de sua superfície coberta por oceanos, mares, geleiras, neves, lagos e rios. Os oceanos detêm 97,2% das águas, sendo apenas 2,8% restantes o total de água doce; dessa porção, apenas 0,02% representam águas superficiais de fácil acesso (rios e lagos).

Embora abundante no planeta, a água é um recurso natural finito e não renovável, e sua quantidade diminui a cada dia com o crescimento da população mundial e da degradação dos mananciais.

A avaliação dos recursos hídricos constitui a base prática para o manejo sustentável e para possibilitar a mitigação dos efeitos de enchentes, secas, desertificação e poluição. Além disso, os recursos hídricos são limitados e têm papel significativo no desenvolvimento econômico e social que envolve principalmente energia, abastecimento doméstico e industrial, aumento de produção agrícola por irrigação, transporte fluvial e marítimo, recreação entre outros.

Nesse aspecto, a prática da irrigação tem evoluído pela intenção dos produtores em obter maior produtividade, antecipação de safras e melhoria de frutos que resultam em maior retorno financeiro ao irrigante. Por outro lado, o uso e manejo inadequado da irrigação têm dado origem a problemas de escassez e poluição das águas como também degradação dos solos, causando alterações nas suas propriedades físicas químicas e biológicas.

A adoção de métodos de irrigação com baixa eficiência têm causado problemas relacionados ao meio ambiente gerando preocupações com os recursos naturais nos quais a deterioração do solo devido ao seu uso intensivo e às práticas agrícolas tendem a provocar erosão causando assoreamento e contaminação de rios, e conseqüentemente prejudicando a produção agrícola, mesmo fazendo-se uso dos melhores insumos, sementes, controle fitossanitários e demais técnicas modernas.

A irrigação por sulcos é um dos métodos mais antigos e ainda bastante utilizados, apesar da baixa eficiência. O uso intensivo desse sistema pode causar alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, tendo como conseqüência a erosão hídrica.

O conhecimento de algumas características físicas do solo, entre outras, estabilidade de agregados, granulometria, densidade e umidade são de grande importância para planejar o uso e manejo e estabelecendo o controle da erosão.

O solo cultivado de maneira convencional está exposto aos impactos causados pelas gotas de chuva podendo causar a quebra dos agregados do solo dando início ao processo erosivo. Com a destruição dos agregados as partículas menores do solo (principalmente argila) em suspensão penetram e obstruem os poros diminuindo a permeabilidade, formando o selamento superficial reduzindo a infiltração de água no solo.

Diversos autores destacam a importância de se estar atento ao processo erosivo. Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) a erosão no Brasil é responsável por uma perda de quinhentos milhões de toneladas de terra, que corresponde a cada ano ao desgaste uniforme de uma camada de 15 cm de espessura em uma área de cerca de 280.000 hectares de terra.

Considerando esta perda de terra (500 milhões de toneladas) pode-se calcular que cerca de oito milhões de toneladas dos principais elementos nutritivos do solo (N, P₂O₅ e K₂O) são perdidos anualmente pela erosão resultando no empobrecimento do solo. A erosão ainda é responsável por limitar a infiltração de água, causar assoreamento de rios e lagos, reduzir a produtividade da terra, diminuir a qualidade da cultura.

A produção de tomate de mesa no município de Estiva Gerbi/SP, na maioria das propriedades agrícolas, utiliza o método de irrigação por sulcos, o qual consiste no bombeamento da água de seus corpos naturais até os canais de terra (canal principal) localizados acima dos talhões de cultivo, de onde a água é derivada por gravidade para um segundo canal (secundário) responsável pela distribuição de água para os sulcos de irrigação.

Observa-se com esta operação, um grau de erosão bastante elevado, tendo como consequência arraste e acúmulo de partículas, principalmente argila; além de perdas de nutrientes com contaminação dos mananciais pelos insumos agrícolas utilizados no cultivo do tomate.

Contatou-se que a sustentabilidade da produção de hortaliças, especialmente a tomaticultura irrigada, depende cada vez mais de práticas modernas e eficazes de uso e conservação do solo e da água, acompanhadas de desenvolvimento e manejo da irrigação, bem

como de uma avaliação do impacto ambiental, devendo-se levar em conta a possibilidade de exploração mais racional e de um aumento da eficácia.

Com base nos diversos tipos de problemas causados pela exploração do solo para irrigação, esse trabalho baseia-se na hipótese de que o manejo da irrigação por sulco pode causar alterações nos parâmetros físicos do solo, podendo provocar impactos ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Caracterizar parâmetros indicadores de impactos ambientais provocados pela utilização da irrigação por sulcos no uso e manejo do solo e da água, com base na exploração da cultura do tomate (*L. esculentum*), em uma propriedade agrícola do município de Estiva Gerbi/SP.

2.2 Objetivo específico

- Diagnosticar os indicadores relativos à exploração da cultura do tomate irrigado por sulcos que implicam em impactos ambientais;
- Estabelecer indicadores de impactos da irrigação por sulco com base na mensuração de alguns parâmetros físicos do solo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Água e Irrigação

A lei nº 9433 de 8 de janeiro de 1997 sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

- a água é um bem de domínio público;
- é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

E ainda, segundo o capítulo II, dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, estão:

- assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Para o presidente da Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente (Abema) e Secretário do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, Claudio Langone (2002), a água é um recurso natural finito e não renovável, e sua quantidade per capita diminui a cada dia com o crescimento da população mundial e da degradação dos mananciais. Além disso, os rios, lagos, banhados, reservatórios subterrâneos e outros corpos hídricos vêm sendo degradados por esgotos de variadas fontes, poluição industrial, desmatamento em áreas de nascentes e de matas ciliares, atividades agropecuárias em locais inadequado e uso indiscriminado de agrotóxicos.

Segundo o Secretário-Geral da ONU Kofi Annan (2002), calcula-se que 1,1 bilhão de seres humanos careçam de acesso a água potável, 2,5 bilhões não tenham acesso a saneamento adequado e mais de 5 milhões morram todos os anos devido a doenças relacionados com a água.

THAME (2001) destaca que entre os anos 1950 e 2000 a população mundial cresceu de 2,5 para 6,1 bilhões de pessoas e a estimativa é chegar a 8,9 bilhões em 2050, mas infelizmente a quantidade de água doce hoje produzida pelo ciclo hidrológico será a mesma em 2050, afetando a qualidade de vida do ser humano.

Contudo, mesmo quando existe em abundância ou em quantidade suficiente, está cada vez mais ameaçada devido à poluição e a procura crescente, prevê-se que daqui a algumas décadas, que dois terços da população mundial vivam em países que sofram de uma escassez moderada ou grave de água (ANNAN, 2002).

O Brasil como detentor de grande parte desse precioso bem, cerca de 18% de água doce do planeta, tem responsabilidades especiais sobre seu uso, de forma a garantir a preservação da qualidade e da disponibilidade dos mananciais. Além disso, de todos os recursos naturais, a água, fonte inesgotável de vida, é o que têm maior interlocução com aspectos econômicos e sociais (LANGONE, 2002).

Segundo KELMAN et al. (2001), o problema da escassez de água tem duas origens principais: a) fenômenos naturais (climáticos); b) má gestão que implica no uso inadequado dos recursos hídricos, particularmente na irrigação, perdas na prestação de serviços de saneamento e no desequilíbrio entre oferta e demanda pela água.

Entretanto, a irrigação no Brasil, infelizmente, ainda não está sendo praticada com a eficiência desejada, no entanto com a competição cada vez maior por água pelos vários setores da sociedade, associada aos movimentos ecológicos, e de conscientização da sua importância pela população, haverá, sem dúvida, pressão para que a irrigação seja conduzida com maior eficiência (BERNARDO, 1998).

Tendo em vista os problemas acima citados, ainda hoje, boa parte dos irrigantes no Brasil usam métodos antiquados, que desperdiçam mais da metade da água utilizada, é uma realidade preocupante, principalmente se levados em consideração dados da Agência Nacional de Águas (ANA) que apontam a irrigação agrícola como consumidora de quase 55% de toda a

água demandada pelo país, por isso, o uso de modernas tecnologias e manejo correto na irrigação são fundamentais (SCHULTZ et al. 2001).

A prática da irrigação tem evoluído pela intenção dos produtores em obter maior produtividade, antecipação de safras e melhoria de frutos que resultam em maior retorno financeiro ao irrigante. Com os problemas de uso inadequado e da escassez dos recursos hídricos surgem novos sistemas de irrigação poupadores de água, forçados pela implementação da cobrança pelo uso da água preconizada na lei 9433, da Política Nacional de Recursos Hídricos e na lei 9984 que criou a Agência Nacional de Águas (CHRISTOFIDIS, 2001).

O grande desafio de todos que lidam a agricultura hoje é manejar o recurso água, melhorando antigas e criando novas metodologias de irrigação, até sistemas de plantio que conservem água, objetivando racionalizar seu uso. Nas lavouras tradicionais de arroz irrigado, cresce a consciência dos problemas causados pelo uso desregrado da água: um é o esgotamento das fontes, alteração dos lençóis freáticos e a dificuldade crescente em manter as mesmas condições de irrigação, no mesmo local, ano após ano, e outro é a contaminação da água com o uso intensivo de substâncias químicas (agrotóxicos e fertilizantes) (GAZZONI, 2002).

Da superfície total do Brasil (854,7 milhões de hectares), cerca de 65,5 milhões (7,7%) estão atualmente sob a categoria de terras aráveis e sob permanente cultivo. A área bruta total em produção com sistemas de irrigação e drenagem agrícola (1998) ficou determinada em cerca de 2,8 milhões de hectares (CHRISTOFIDIS, 2001). Segundo dados da FAO em 2000 esse número subiu para 2,9 milhões de hectares.

Os métodos de irrigação se classificam em: a) aspersão (pivô central, autopropelido, aspersão convencional e outros) no qual a água é aspergida simulando uma chuva devido ao fracionamento do jato d'água em gotas e adapta-se a quase todos os tipos de culturas; b) localizada, compreende os sistemas de irrigação no qual a água é aplicada ao solo diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades, porém com alta frequência, é mais utilizada para fruticultura e alguns hortigranjeiros de maior valor comercial; c) superfície (sulcos, faixas e inundação), consiste na condução da água do sistema de distribuição (canais ou tubulações) é feita diretamente sobre a superfície do solo; d) subsuperficial/subterrânea (BERNARDO, 1987).

No período de 1996-1999, das áreas irrigadas pelos diferentes métodos de irrigação no país, regiões e nos estados, há uma clara evolução nas áreas sob irrigação por aspersão e irrigação localizada. Estima-se que nos próximos dez anos não só as novas áreas irrigadas utilizarão predominantemente o método de irrigação localizada, como também haverá uma reconversão de 40% das áreas atuais sob irrigação por superfície e 30% das áreas irrigadas sob aspersão, para a irrigação localizada, ou seja, gotejamento e microaspersão. Mesmo com toda essa realidade, ainda existem no Brasil 1,6 milhões de hectares ocupados com a irrigação por superfície (CHRISTOFIDIS, 2001).

Considerando-se que as áreas próximas das bacias hidrográficas estão cobertas, de um modo geral, por florestas ou por vegetações agrícolas, verifica-se que os grandes conflitos de sustentabilidade dos mananciais (proveniente das relações água-solo-planta) está na utilização desses recursos pelo homem, portanto, sua intervenção no ambiente precisa ser cada vez mais sábia, procurando melhorar e preservar os recursos hídricos, sendo assim um desafio - recuperar o que está depauperado - revitalizando essas bacias e usar a água para gerar riqueza e bem estar social.

3.2 Irrigação por sulcos

Segundo VIEIRA (1983) e SILVA et al. (1984) a irrigação por sulcos é um dos métodos mais antigos de distribuição de água às plantas, utilizados no Brasil em algumas áreas de produção agrícola, embora esse método seja recomendado para áreas onde a velocidade de infiltração seja baixa, vem sendo amplamente aplicado por ser um sistema de baixo custo.

A irrigação por sulcos consiste da inundação parcial e temporária, por condução da água na superfície do solo, com diferentes tipos de sulcos: a) em nível; b) retilíneos com gradiente; c) em contorno e d) corrugações (FRIZZONE, 1993; TESTEZLAF, 1993).

Segundo OLITTA (1984), as vantagens da utilização do sistema de irrigação por sulcos são: presta-se para irrigação de todas as culturas; adapta-se a todos os tipos de solo com boa capacidade de infiltração e baixa erodibilidade; não exigência de uma perfeita sistematização do terreno; custos de instalação e operação não são elevados, já que as vazões envolvidas são pequenas constituindo, portanto um dos métodos de irrigação de menor emprego de capital.

Em relação às desvantagens do sistema de irrigação por sulcos, BERNARDO (1987), destaca que quanto maior a desuniformidade natural do terreno, mais cara e maiores problemas haverá com a sistematização; solos com alta capacidade de infiltração dificultam o uso de irrigação por superfície por causa das grandes perdas por percolação; quando a área a ser irrigada apresenta diferentes tipos de solos dificulta bastante para projetar e manejar esse sistema e esse método exige mais mão-de-obra por unidade de área, experiência do irrigante para distribuição da água do canal secundário para os sulcos e controle da vazão durante a irrigação.

Segundo VIEIRA (1983) a topografia desejável é aquela com pendentes inferiores a 1%. Em regiões de precipitação elevada, recomenda-se abaixar esse valor para 0,5%, e onde a pluviometria é baixa, a declividade pode ir a 3%.

Outro ponto destacado por VIEIRA (1983) é em relação ao comprimento do sulco, o qual é em função da capacidade de infiltração do volume de água disponível, do grau de erodibilidade do solo e da declividade e deve ser tal que o perfil molhado seja o mais uniforme possível. Os valores de comprimento estão compreendidos entre 80 a 200 metros, que são os mais usuais.

Se um manejo inadequado de irrigação por sulcos em solos de baixa permeabilidade pode conduzir a valores muito baixos de eficiência de irrigação, imagine-se então em solos com valores muito elevados de permeabilidade – uma situação desta pode levar o usuário a resultados desastrosos, com um gasto muito grande de água e baixa produção (SILVA et al., 1984).

Outros aspectos têm merecido melhor atenção em relação ao manejo, como por exemplo, problemas relacionados à degradação do solo, ou seja, alterações de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, sendo então, um desses problemas à erosão hídrica.

3.2.1 Impacto Ambiental - Erosão hídrica

A Norma NBR ISO 14001: 1996 em seu “item 3 – Definições”, expressa que “meio ambiente” é a circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações; “aspecto ambiental” é o elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o

meio ambiente; e “impacto ambiental” é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização.

Impacto ambiental consiste no resultado da avaliação da quantidade e/ou qualidade de energia transacionada nas estruturas aleatórias dos ecossistemas diante da ocorrência de um evento ambiental capaz de afetá-las, quer ocasionando eventos derivados, quer modificando a natureza e a intensidade do comportamento e/ou funcionalidade de pelo menos um conjunto de fatores ambientais, beneficiando-os ou prejudicando-os nas relações que mantém entre si e com outros fatores a eles vinculados (MACEDO, 1995).

Segundo CUSTÓDIO (1995), a avaliação de impacto ambiental, direta ou indiretamente relacionada com a preservação do meio e a proteção da saúde, da segurança, da tranquilidade e do bem estar da população, constitui instrumento de real importância e atualidade, diante das graves e crescentes repercussões negativas, decorrentes, sobretudo, da execução de projetos de serviços; construções ou obras de interesse público ou particular; da realização de atividades industriais ou comerciais; da exploração de recursos naturais; da ocupação do solo; da aplicação de praguicidas e agrotóxicos na agricultura e nos alimentos em geral; além de outras atividades efetivas ou potencialmente poluidoras; sem as medidas preventivas ajustáveis, com iminentes riscos e danos ao patrimônio ambiental e conseqüentemente, a saúde pública.

A Resolução CONAMA 001/86 considera impacto ambiental como sendo “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humana que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais, econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais”.

A avaliação dos impactos da irrigação requer o conhecimento das relações solo-água-planta-atmosfera. Segundo HILLEL (1982), os efeitos da compactação, por exemplo, podem ser observados no campo, tanto na planta como no solo. No solo ocorre a formação de crostas, fendas nas marcas das rodas do trator, empocamento de água, erosão hídrica e a presença de restos de resíduos não decompostos meses após a incorporação.

De acordo com REICHARDT (1985), a formação de crostas superficiais limita a infiltração de água no solo. O conhecimento das relações de velocidade de infiltração de água com as propriedades do solo são importantes para o eficiente manejo do solo e da água, pois este processo é de grande importância prática, já que a velocidade de infiltração muitas vezes determina o escoamento superficial, responsável pelo fenômeno da erosão.

VEIGA et al. (1994), definem a erosão do solo como um processo acelerado de desagregação, transporte e deposição das partículas de solo pela ação da água, vento ou gelo, fortemente influenciado pela ação do homem.

Segundo LEPSCH et al. (1991), a erosão do solo representa importante aspecto a ser levantado, porque indica o grau de redução de sua produtividade, bem como a natureza e a intensidade das práticas conservacionistas necessárias.

Em PAREIRA (1997) são considerados dois tipos de erosão: a) geológico, no qual o solo estaria sujeito à erosão geológica natural ou normal, ou seja, quando resulta apenas de forças da natureza, sem influência do homem; b) acelerado, quando o equilíbrio natural é quebrado devido ao desmatamento causado pelo homem para produção agrícola. Sem a proteção das plantas, o solo fica sujeito ao processo erosivo pelo vento (erosão eólica) e pela água (erosão hídrica), sendo esta última considerada a mais importante no Brasil.

Do ponto de vista agrônomo, entende-se por erosão hídrica do solo a ação da água da chuva sobre a superfície do solo que produz a desagregação e o desprendimento de partículas pelo impacto das gotas de chuva, e posterior transporte pela enxurrada. Essas perdas de solo associadas ao seu empobrecimento sob o ponto de vista da fertilidade e da poluição das águas ribeirinhas, representam grandes prejuízos à agricultura e por isso várias técnicas conservacionistas, preocupadas com o uso do solo e qualidade da água têm sido desenvolvidas e utilizadas para minimizar os efeitos da erosão (FERREIRA, 1999).

O solo em condições normais está em equilíbrio com o meio ambiente fornecendo nutrientes e água para as plantas, e em contra partida, recebe destas a devida proteção contra impactos das gotas de chuva, responsável pelo início do processo erosivo, através da cobertura vegetal e residual, e ainda, proteção contra a força de enxurrada responsável pela formação de sulcos no solo, através da resistência oferecida pelos troncos de árvores, talos de plantas, resíduos vegetais e, inclusive o seu impedimento pelo emaranhado de raízes (PAREIRA, 1997).

Segundo TOLEDO (1997), a partir dos anos 70, a erosão passa a ser preocupante também pelos danos causados aos usuários da água e pelas enchentes. As evidências demonstram que os custos decorrentes do escoamento de sedimentos e a alta concentração química são maiores do que as perdas por erosão, nos Estados Unidos, 98% dos sólidos suspensos e 3/4 dos sólidos dissolvidos encontrados nos fluxos de água originam-se das terras agrícolas, o autor ainda destaca que a poluição das águas causadas pela agricultura é um exemplo de externalidade, e que, a análise econômica das externalidades concentra-se na ineficiência dos indivíduos em não considerarem os impactos externos de suas atividades.

Segundo os autores DANIEL et al. (1996) e PAREIRA (1997), o material perdido por erosão é constituído, principalmente, por matéria orgânica e partículas finas, com predominância de argila, sendo, portanto, o prejuízo mais aparente a perda de fertilidade e também, a capacidade de armazenar água. Além do dano causado ao próprio solo, o material erodido pode carregar pesticidas, herbicidas e materiais radioativos, constituindo-se num fator de poluição ambiental que acarreta prejuízo social incalculável.

Na erosão hídrica, além dos impactos provocados pelas chuvas em um solo desprotegido, a irrigação excessiva e em local inadequado são fatores importantes na sua intensidade, podendo afetar alguns atributos do solo. Contudo, estes mesmos atributos do solo interagem com a vazão aplicada e velocidade de avanço, podendo agravar a erosão hídrica.

Segundo AZEVEDO et al. (1998) e FERREIRA (1999), ressaltam que a falta de manejo da água e do solo representa prejuízos à agricultura, principalmente perda de solo e desperdício de água, mas que quando bem monitorado contribui para o bom desenvolvimento das culturas irrigadas.

3.2.2 Importância dos parâmetros físicos do solo para diagnóstico dos aspectos ambientais

Os principais objetivos da avaliação da sustentabilidade incluem conservar os recursos naturais, caracterizar e quantificar os principais processos degradativos, identificar características de resiliência e restauração dos recursos solo e água e identificar opções de manejo compatíveis com seu potencial e suas limitações e definir opções políticas para encorajar seu uso sustentável (LAL, 1999).

Primeiramente precisamos identificar as propriedades que possam ser alteradas pelos processos de degradação do solo.

Segundo BRADY (1989), fisicamente um solo é uma mistura porosa de partículas inorgânicas, matéria orgânica em decomposição, ar e água. Os fragmentos minerais de maior tamanho acham-se inseridos em materiais finos e por eles revestidos.

A estrutura do solo refere-se ao arranjo das partículas, determina a maior ou menor facilidade de trabalho das terras, permeabilidade à água, resistência à erosão e as condições de desenvolvimento das raízes das plantas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). Segundo REICHARDT (1986), a estrutura de um solo pode ser considerada boa, aquela que possui bastante agregados, de forma granular, que se esboroa com relativa facilidade quando úmida, esta boa estrutura melhora a permeabilidade do solo à água, oferece melhores condições de aeração e penetração de raízes, ao contrário da textura do solo a estrutura pode ser modificada, tornando-o mais apto ou não para produção agrícola, sendo influenciado pelo cultivo, incorporação de matéria orgânica, aração e gradagem e também pela irrigação, pois a salinização de um solo com água não adequada acaba com a sua estrutura devido à dispersão das argilas causada pela presença de altas concentrações de sais, tornando-se massivo e impermeável à água.

Fazem parte da estrutura do solo a granulometria que segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) é de fundamental importância na determinação do uso do solo, e a estabilidade de agregados, que caracteriza a resistência que os mesmos oferecem à ruptura causada por agentes externos, ou seja, ação mecânica ou hídrica. A dimensão dos agregados estáveis em água determina a suscetibilidade do solo ao transporte das partículas ocasionado pela erosão hídrica e condiciona as dimensões do meio poroso, afetando o movimento e distribuição do ar e da água (CAMARGO et al. 1986).

A textura, a densidade do solo e a estabilidade de agregados são atributos físicos “chave” para avaliação de processos relacionados a aspectos como: formação de crostas, compactação, erosão, infiltração e outros que alteram o meio ambiente (LAL, 1999).

Outro parâmetro físico do solo muito importante é a densidade do solo (D_s). Segundo REICHARDT (1986) a densidade de um solo é definida pela relação entre massa de uma amostra de solo e o volume que ela ocupa na condição natural, ou seja, sem destruir a sua

estrutura sendo M_s a massa das partículas sólidas, sem água (seca em estufa a 105 °C) e V o volume da amostra indeformada. Como a seguinte fórmula:

$$D_s = \frac{M_s}{V}$$

Um outro conceito que causa aumento na densidade do solo é exemplificado por DANIEL et al. (1999), onde as partículas menores (argila) que se encontram desagregadas, são transportadas pela infiltração de água e “depositadas” (percolação) em poros de iguais tamanhos ou menores. Assim sendo, com o passar do tempo, uma determinada “porção do solo” terá parte de seus espaços porosos preenchidos (colmatação) por essas partículas desagregadas, ocasionando um fenômeno físico denominado adensamento, que é definido como sendo a alteração da estrutura física de uma determinada porção de solo, provocada pelo aumento de sua massa (colmatação) e mantendo-se constante o seu volume inicial, cuja relação determina um aumento em sua densidade.

Portanto a importância de se conhecer a densidade de um solo está relacionado com a diminuição de espaços porosos, o que dificulta a aeração e a drenagem, trazendo conseqüências prejudiciais ao bom desenvolvimento das plantas como também ao uso do solo.

A Umidade (U) do solo é a quantidade de água retida que segundo REICHARDT (1986) pode ser medida a base de peso (mais fácil de ser utilizada). Para o cálculo da umidade à base de peso, pesa-se a massa úmida (M_u) da amostra e em seguida coloca-se em estufa a 105 °C até peso constante, obtendo-se então a massa seca (M_s), ficando uma equação do tipo:

$$U = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100$$

Segundo REICHARDT (1985), do ponto de vista agrônomo, é fundamental conhecer a água armazenada em um perfil de solo, pois, até para a eficiência de um sistema irrigado e maximização da produtividade é necessário aplicar água na quantidade certa no momento certo para evitar gastos desnecessários principalmente de água.

LAL (1999) destaca que o complexo problema da degradação do solo somente poderá ser efetivamente equacionado através do minucioso entendimento das causas, fatores e processos nele envolvidos.

3.3 O cultivo do tomate

O sistema de irrigação por sulcos é muito utilizado em culturas como o tomateiro, que é de grande importância econômica, segundo dados do IBGE em 2001, a área plantada com tomate foi de 57.660 (ha) com uma área colhida de 57.488 (ha), a quantidade produzida foi de 3.103.293 toneladas com rendimento médio de 53.981 Kg/ha.

O tomate é das hortaliças, a mais exigente em água, com consumo acima da média, no fruto maduro ela participa em 94% dos seus constituintes e ainda, mesmo com baixas umidades, só se consegue um bom desenvolvimento vegetativo e boa reprodução mantendo o solo com alto teor de umidade (MANZAN, 1980).

Conforme as características do fruto, as cultivares comerciais de tomate são classificadas em três grupos: santa cruz, salada e cereja. Para a boa escolha da variedade de tomate deve-se levar em consideração características como; resistência à pragas e doenças, produtividade, qualidade do fruto, capacidade de adaptação às condições locais de clima entre outras. Um dos cultivares do tipo santa cruz muito utilizada para fins comerciais é a variedade Débora Plus, com longa vida estrutural, as plantas são vigorosas, produtivas, de crescimento indeterminado. Os frutos são saborosos, de excelente qualidade, coloração vermelha intenso, pesando em média 130-140 gramas.

Segundo CAMARGO (1992), a irrigação é indispensável para haver boa produção devendo ser feita por infiltração, sendo sua frequência e quantidade de água dependentes do solo e da temperatura.

Os estádios fenológicos da cultura que apresentam maior sensibilidade à deficiência de água no solo são: início da frutificação e o desenvolvimento dos frutos (COELHO et al., 1994).

HALL (1974), citado por SOUZA (1996), comparando o sistema de irrigação por gotejamento com sulcos na cultura de tomate estaqueado, obteve uma produção de 83 ton/ha de frutos comerciais com uma lâmina de apenas 792 mm de água contra 1189mm no regime de sulcos.

Em uma outra comparação entre sistemas de irrigação, SOARES & FARIA (1983) verificaram a eficiência da irrigação por aspersão e por sulcos, obtendo no primeiro sistema uma produtividade de 59,3 t/ha com 33 irrigações em quatro dias sendo o volume de água aplicado de 4675 m³/ha com uma eficiência de 12,7 kg/m³ contra uma produtividade de 58,77 t/ha em 26 irrigações durante cinco dias e com 7980m³/ha volume de água aplicado sendo a eficiência de 7,3 kg/m³.

No município de Sumaré/SP, estão concentrados grande parte dos produtores de tomate de mesa, onde o sistema de irrigação mais utilizado é o método por sulcos, porém consumidora de uma maior quantidade de água. Entretanto alguns produtores, preocupados com a futura escassez como também pela cobrança do uso da água, buscam novos métodos de irrigação ou tentam aperfeiçoar o já implantado. Um desses exemplos de aperfeiçoamento do método é a utilização de mangueiras de polietileno, dispensando o uso do canal que deriva água para os sulcos, o que segundo os produtores diminuem problemas como: erosão, já que o canal precisa ser em declive, desperdício de água, economia de combustível, como também melhora o desempenho da mão-de-obra. É utilizado também nesse sistema uma espécie de chuveiro na ponta da mangueira diminuindo o impacto da água no solo. Uma das vantagens da implantação da mangueira, segundo seus usuários é o baixo custo, e uma economia em torno de 20% entre água e combustível, em relação ao método mais rústico (SILVA, 2000).

Com relação à mudança no sistema de irrigação, SILVA (2000) destaca que alguns produtores optaram pelo gotejamento. Esse sistema, porém é de um custo bastante elevado, mas que, segundo seus usuários faz uma economia de 70% em volume de água. Outro fator que os levaram a mudar de sistema foi à necessidade de se adaptar a novas áreas com baixa disponibilidade de água e também pela comparação entre os métodos por sulcos e gotejo, sendo que o volume de água utilizada em 8 hectares por semana no primeiro método era de 7200 m³ enquanto que no outro o volume de água necessário para irrigar a mesma área fica entre 1250 e 1400 m³.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área

O presente trabalho foi desenvolvido em uma área de exploração comercial de tomates em Estiva Gerbi/SP. O município localiza-se nas coordenadas 46° de longitude oeste, 22° de latitude sul e a 590 metros de altitude. A temperatura média anual é de 20,2° C e a precipitação anual de 1564 mm. O solo foi classificado como Latossolo de textura argilosa. Possui cerca de 8994 habitantes (NOSSATERRA, 2000). Segundo dados levantados pela CATI (1998), em Estiva Gerbi/SP existem 123 Unidades de Produção Agrícola (UPA's) com área entre 1 a 1000 ha. Destas, 33 são irrigadas, sendo 3 conjuntos de irrigação localizada, 1 pivô central, 6 autopropelidos e 23 sistemas entre convencionais e sulcos. Em 1995/96, segundo a CATI existiam 8 propriedades que cultivavam tomate irrigado no município de Estiva Gerbi.

A propriedade agrícola na qual os estudos foram desenvolvidos, que por razões de discrição deixa de ser identificada, vem cultivando há 4 anos tomate de mesa em substituição a citricultura. A área destinada ao plantio do tomate foi arada e gradeada e em seguida dividida em glebas separadas por carreadores. As glebas foram subdivididas em talhões, em encosta de orientação Leste - Oeste e exposição Sul com declividade média de 3,72 %. O canal principal possuía dimensões médias de 1,0 m de largura e 0,30 metros de profundidade e com uma declividade média de 0,1%, o qual localizava-se na parte mais alta da gleba, em posição longitudinal aos sulcos de irrigação e transversal ao canal secundário, o qual apresentava em média 0,70 cm de largura com declividades variando de 3,0 a 4,0%. Os sulcos de irrigação foram construídos perpendicularmente ao maior declive e com 20 metros de comprimento (Figura 1).

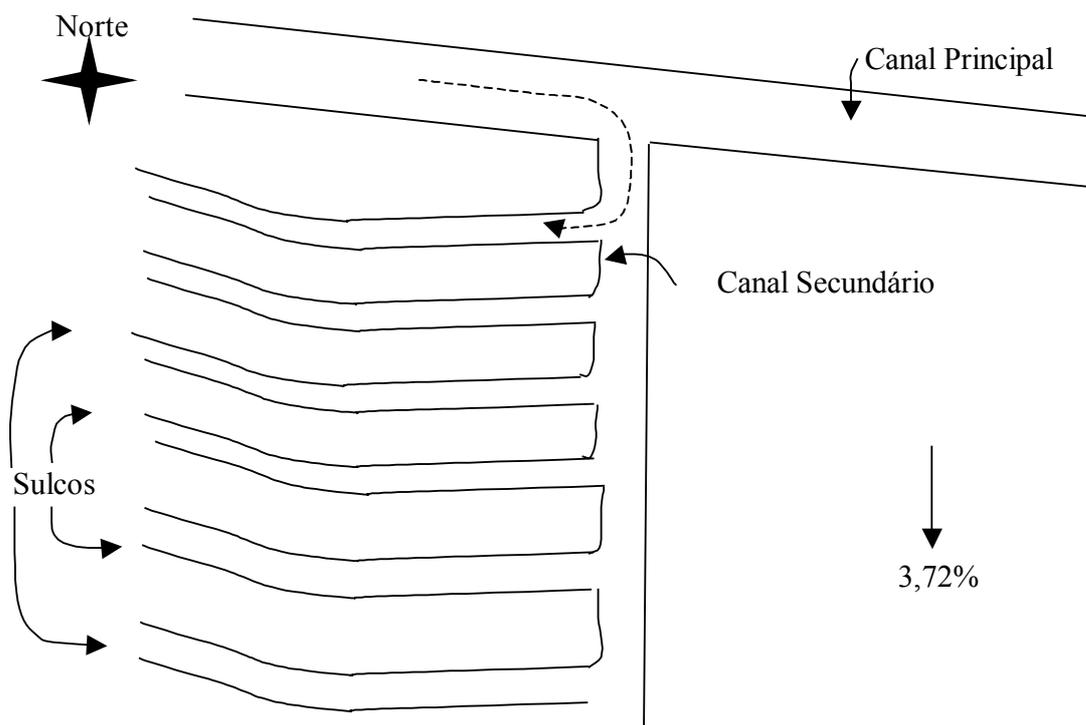


Figura 1: Croqui da área de estudo

4.2 Preparo da gleba de produção

A gleba de produção de tomate utilizada neste ensaio e designada como “área de estudo”, após a erradicação da cultura de citros, recebeu operações de mobilização do solo para destoca e desenraizamento das plantas de citros (laranja), seguida de um pousio recebeu para instalação da cultura de tomate uma aração profunda com grade aradora (25 cm de profundidade), deixando toda a área com sua superfície exposta e sem quaisquer vegetações. Com sulcadores de três linhas tratorizados foram construídos sulcos a 0,25 m de profundidade com espaçamento de 1,0 metro com tendência a 0,0 % de declive (em nível), dando origem aos camalhões onde foram transplantadas as mudas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) cultivar ‘Débora Plus’ no dia 23 de julho de 2001, formando fileiras de plantas onde se encontram os sulcos de irrigação propriamente ditos (com espaçamento entre plantas de 0,40 por 1,00 metro entre sulcos), como mostra a Figura 2.



Figura 2: Foto da área experimental no início do ciclo da cultura

As plantas foram tutoradas com arame e bambu em “sistema renque”, e conduzidas por guia única (gema apical de crescimento) através de poda (Figuras 3 e 4).



Figura 3: Foto da área experimental durante o ciclo da cultura



Figura 4: Foto geral do experimento

Segundo VIEIRA (1983), os comprimentos de sulcos mais usuais estão entre 80 a 200 metros. Os sulcos de irrigação não foram dimensionados de acordo com as recomendações técnicas encontrada na literatura, segundo a qual os sulcos deveriam ter pelo menos 50 metros ou mais de comprimento. Devido a uma particularidade do manejo fitossanitário adotado na propriedade onde é utilizada uma mangueira de 20 metros de comprimento conectada ao tanque pulverizador para fazer as aplicações de rotina, os sulcos foram construídos com 20 metros de comprimento (Figuras 5 e 6).



Figura 5: Foto do tanque pulverizador com a mangueira para aplicação dos insumos



Figura 6: Foto da aplicação de insumos no início do ciclo da cultura

O fornecimento de água para a irrigação consistiu no bombeamento da água de um açude até os canais de terra (canal principal - Figura 7) localizados acima dos talhões de cultivo, de onde a água por gravidade é derivada para um segundo canal (secundário – Figura 8) responsável pela distribuição de água para os sulcos de irrigação.



Figura 7: Foto do canal principal

O controle da entrada de água no canal secundário era feito com sacos plásticos cheios de terra.



Figura 8: Foto do canal secundário

A distribuição de água para os sulcos de irrigação (Figura 9) era feita manualmente, onde um operário utiliza uma “bandeira” (manta de plástico com alça).



Figura 9: Foto da derivação de água do canal secundário para os sulcos

A “bandeira” (Figura 10), é utilizada para desviar a água do canal secundário para o sulco até que água percorra todo seu comprimento. Neste instante a “bandeira” é arrastada para baixo (sulco subsequente) e a operação é repetida sucessivamente até o final do talhão.



Figura 10: Foto do “arraste da bandeira” para desvio da água para os sulcos

A vazão aplicada no sulco foi estimada pela diferença entre a vazão total que passa no canal secundário e a vazão que passa por debaixo da bandeira. Utilizou-se para as determinações, o método volumétrico fazendo-se leituras do volume coletado em um galão de 100 litros.

Foram selecionados três sulcos paralelos de 20 metros de comprimento e fechados no final nos quais foram definidas 6 estações de medição, desde o ponto de derivação da água a cada 3 metros até o final. O avanço da água no sulco foi determinado cronometrando-se o tempo da frente de avanço da água ao atingir as respectivas estações.

Para as análises de estabilidade de agregados, granulometria, densidade, umidade e seção transversal foram selecionados os mesmos três sulcos acima citados. Esses parâmetros foram determinados conforme a metodologia descrita no item 4.3.

4.3 Descrição das metodologias para determinação dos parâmetros físicos do solo

4.3.1 Estabilidade de agregados

As amostras para análise de estabilidade de agregados foram retiradas em duas épocas, ou sejam, 20 dias após o plantio e no período de colheita, nas profundidades 0-20 cm e de 20-40 cm. Para análise, as amostras foram retiradas a 1 metro antes do final do sulco, onde foi feita uma pequena trincheira de 20x20 cm e 40 cm de profundidade. A ferramenta utilizada foi uma pá de jardinagem e trena para o controle das profundidades. As amostras foram acondicionadas em papel alumínio e levadas no mesmo dia para o Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP. Em seguida, as amostras foram passadas em peneira de 6,35 e 2,0 mm, a amostra contida nesse intervalo foi submetida a peneiramento em água em um conjunto de peneiras de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,105 mm com uma movimentação vertical de 40 rpm por um tempo de 30 minutos. Após esse procedimento, os agregados foram retirados de cada peneira e colocados para secar em estufa a 105 °C durante 24 horas e posteriormente pesados para cálculo de porcentagem. Por diferença obteve-se o peso dos agregados que passaram pela peneira de 0,105 mm (CAMARGO et al., 1986).

A escolha do ponto de coleta das amostras (final do sulco) foi no intuito de não alterar a irrigação no sulco uma vez que a área era de exploração comercial e a avaliação buscou não interferir no manejo dado pelos irrigantes.

4.3.2 Granulometria

As amostras para análise granulométrica foram retiradas nos três sulcos em três pontos ao longo dos sulcos denominados de início (i); meio (m) e final (f), em três épocas do desenvolvimento da cultura e em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm). O equipamento utilizado para retirada das amostras foi uma sonda amostradora de solo (Sondaterra). Após a amostragem as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas para análise no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

A amostra foi destorroada e passada em peneira de 2,0 mm (TFSA). Coletou-se da amostra peneirada 10g de solo e fez-se a dispersão do mesmo em NaOH por 16 horas (método da Pipeta). Em seguida fez-se a separação com peneira de 0,053 mm, ficando retida a areia, esse material foi seco em estufa a 105 °C e passada em uma segunda peneira de 0,21 mm para separação das areias (grossa e fina). Para a determinação de argila procedeu-se da seguinte maneira, a suspensão que ficou na proveta foi completada com água destilada até 500 ml e agitou-se por 30 segundos. De acordo com a temperatura ambiente cerca de 3 minutos após a agitação, promoveu-se a coleta de 10 ml da amostra para determinação de silte+argila. Novamente, de acordo com a temperatura ambiente calculou-se o tempo para coleta de 10 ml da amostra para determinação de argila (CAMARGO et al., 1986).

4.3.3 Densidade do solo

A amostragem para a densidade do solo foi feita nos três sulcos em pontos aleatórios dentro dos mesmos, com o auxílio do amostrador de Uhland usando anéis de inox de 50 mm de diâmetro. As profundidades da coleta das amostras indeformadas foram as camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Foram realizadas quatro amostragens: 1) no preparo da área; 2) início (plantio); 3) meio (floração); 4) final (frutificação) do ciclo da cultura. As amostras foram analisadas pelo Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola na UNICAMP, onde foi colocado em estufa a 105 °C até peso constante, depois de seco e retirado o solo do

interior do anel obteve o seu volume. A densidade do solo foi então obtida pela equação descrita no item 3.2.2.

4.3.4 Umidade do solo, capacidade de campo e ponto de murcha permanente

A determinação da umidade do solo antes da irrigação foi realizada em quatro épocas do desenvolvimento da cultura, abrangendo o período de intensa irrigação e de maior necessidade de água para o tomate (floração e início da frutificação). As amostras foram coletadas com auxílio de um trado nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm, aproximadamente uma hora antes do início da irrigação, as quais foram acondicionadas em latinhas de alumínio com tampa e hermeticamente fechadas com fita crepe. Em seguida, foram levadas para o Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, onde foram pesadas em balança de precisão de duas casas decimais para obtenção do peso úmido. As tampas foram retiradas e as latinhas colocadas em estufa a 105° C até obtenção de peso seco constante, permanecendo cerca de 48 horas na estufa. Após esse período as amostras foram pesadas para obtenção do peso seco (método gravimétrico).

A capacidade de campo e o ponto de murcha permanente foram obtidos pelos parâmetros de solo como teores de silte+argila (%), utilizando-se as equações lineares descritas por ARRUDA et al. (1987). A capacidade de campo foi obtida pela equação:

$$Y = 9,93029 + 0,289568X \text{ (} r^2 = 0,8820 \text{); onde:}$$

Y = capacidade de campo (% peso);

X = teores de silte+argila (%), o ponto de murcha permanente foi obtido pela equação:

$$Y = 1,07387 + 0,271212X \text{ (} r^2 = 0,9470 \text{); onde:}$$

Y = ponto de murcha permanente (% peso);

X = teores de silte+argila (%).

Utilizando a equação de BERNARDO (1987) a lâmina de água aplicada no sulco foi obtida:

$$L.aplicada = \frac{Q * T}{C * e} \text{ onde:}$$

L.aplicada = lâmina média aplicada por sulco (mm)

Q = vazão aplicada por sulco (l/s);

T = tempo de aplicação de água por sulco (s);

C = comprimento do sulco (m);

e = largura da faixa molhada do sulco (m).

Em função da lâmina aplicada, da umidade antes da irrigação, da densidade do solo e da profundidade estimou-se a umidade depois da irrigação, baseando-se na equação da lâmina requerida:

$$L.requerida = \frac{(CC - PMP)}{10} * Ds * Z \text{ onde;}$$

L. requerida = lâmina de água requerida (mm);

CC = capacidade de campo (%);

PMP = ponto de murcha permanente (%);

Ds = densidade do solo (g/cm^3);

Z = profundidade (cm)

Substituindo a capacidade de campo (CC) pela umidade depois da irrigação e a umidade do ponto de murcha (PMP) pela umidade antes da irrigação na equação acima, obteve-se a umidade depois da irrigação pela seguinte equação:

$$Ud(\%) = \frac{(L.aplicada * 10 + Ua * ds * Z)}{(ds * Z)} \text{ onde:}$$

Ud = umidade depois da irrigação (%);

L. aplicada = lâmina de água aplicada (mm);

Ua = umidade antes da irrigação (%);

Ds = densidade do solo (g/cm^3);

Z = profundidade (cm).

4.3.5 Seção transversal do sulco

A determinação da seção transversal foi feita com o auxílio de um perfilômetro que possui 20 hastes de alumínio espaçadas 5 cm uma das outras, e um nível de bolha, conforme Figura 11.



Figura 11: Foto do perfilômetro

Foram definidas 6 estações de medição em cada sulco, desde o ponto de derivação da água, a cada 3 metros até o final de cada sulco conforme esquema mostrado na Figura 12.

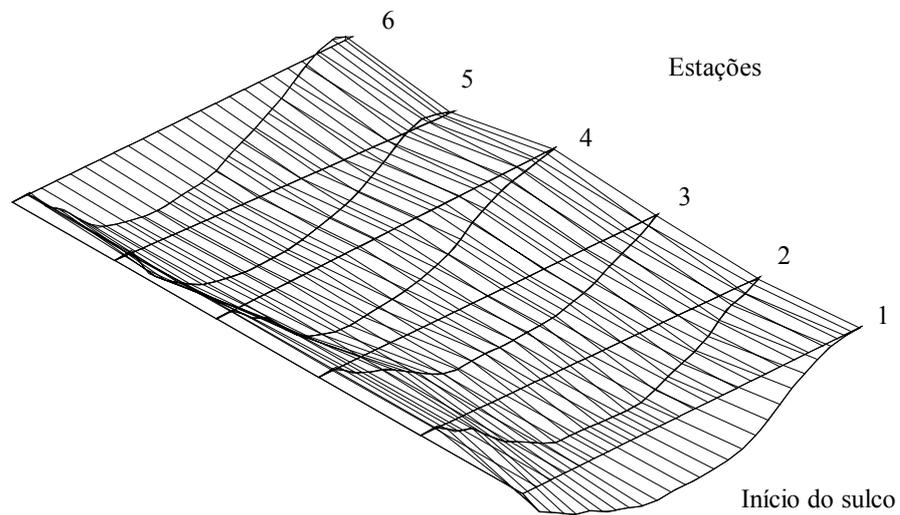


Figura 12: Esquema das estações de leitura da seção transversal do sulco

As estações foram demarcadas com estacas de bambu afixadas no camalhão próximo à planta, os pontos de referência foram enterrados no solo (piquetes de madeira) deixando apenas 2 cm acima da superfície para apoio do aparelho e condução de uma medição mais precisa, ou seja, as medidas eram feitas sempre no mesmo lugar (Figura 13).



Figura 13: Foto do Perfilômetro no sulco de irrigação

O perfilômetro possui em cada haste uma fita métrica com precisão milimétrica possibilitando uma leitura acurada. Foram realizadas 13 medições semanais durante o desenvolvimento da cultura e os dados obtidos em cada uma das observações foram digitados no programa AutoCAD para determinação das áreas da seção transversal do sulco.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação do sistema de manejo da irrigação adotado do ponto de vista da Engenharia Agrícola

Pelo monitoramento e levantamento de dados realizados na área em estudo, pode-se apresentar dados referentes ao manejo utilizado na condução da lavoura, como por exemplo, o modo que a irrigação era conduzida, ou seja, de forma empírica, o irrigante ignora os métodos de manejo da irrigação e à necessidade da cultura do tomate. Na gleba estudada foram realizadas aproximadamente 30 irrigações (2 vezes por semana) durante o ciclo do tomate. A vazão foi determinada pelo método volumétrico fazendo-se leituras do volume coletado em um galão de 100 litros. A vazão aplicada no sulco foi estimada pela diferença entre a vazão total que passa no canal secundário e a vazão que passa por debaixo da bandeira (Tabelas 4 e 5 no apêndice), obtendo uma vazão média na entrada do sulco de 8,35 l/s. Em um estudo realizado por SILVA et al. (1984) em um Latossolo Vermelho-Escuro muito argiloso e com declividade média de 1%, submetida a três vazões (1,64; 1,22; 0,71 l/s) em um sulco de 100m de comprimento, onde o resultado obtido mostrou que a vazão de 1,64 l/s atingiu 100 m de sulco, enquanto que as vazões de 1,22 e 0,71 l/s atingiram 80m e 50 m, respectivamente. Comparando a vazão de 8,35 l/s em 20 metros de comprimento de sulco com o estudo realizado pelos autores acima citados conclui-se que a vazão aplicada na gleba estudada pode ser considerada muito elevada para esse comprimento de sulco.

VIEIRA (1983) destaca que para um criterioso e correto projeto de irrigação por sulcos devem basear-se no conhecimento da curva de avanço da água, pois esta permite a definição do melhor comprimento associado a melhor vazão. A Figura 14 mostra a curva de avanço da água para a vazão aplicada nesses sulcos.

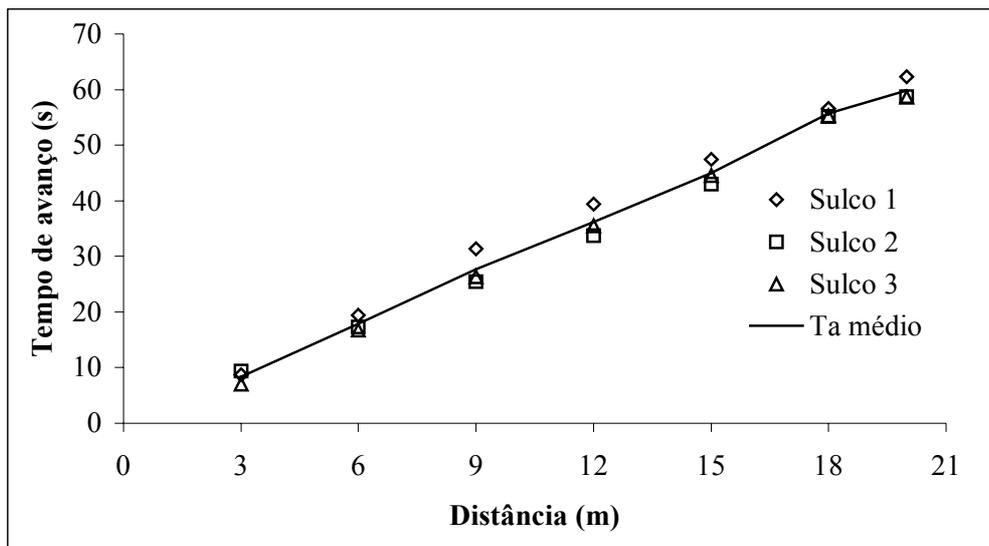


Figura 14: Curva de avanço da água nos três sulcos

Observa-se que o avanço da água foi muito rápido nos 20 metros de comprimento do sulco chegando em média a 60 segundos. Os efeitos desses resultados serão mostrados a seguir nos parâmetros físicos obtidos na área de estudo.

Segundo VIEIRA (1983), normalmente a vazão nos sulcos está compreendida entre 1 e 3 l/s e geralmente com um comprimento de sulco variando de 80 a 200 metros (mais usuais). Ressalta ainda que a vazão de alimentação dos sulcos deve ser a máxima que não provoque erosão, e de forma aproximada pode ser determinada pela expressão: $q = 0,631/I$, onde q é a vazão em l/s e I a declividade (%). Aplicando-se essa expressão na área estudada: $q = 0,631/0,97\%$ (onde 0,97% foi a declividade média encontrada nos sulcos) obtém-se um valor de 0,65 l/s, vazão que deveria ser aplicada no sulco, ou seja, um valor muito abaixo daquela que é realmente aplicada (8,35 l/s).

5.2 Avaliação de parâmetros físicos indicadores de impacto ambiental

Segundo LAL (1999) características físicas do solo como textura, estrutura e distribuição de tamanho de poros e outras, influenciam diversos processos modificadores do solo, como compactação e adensamento, formação de crosta e selo superficial, infiltração de água e escoamento superficial, que interagindo com características climáticas, podem acentuar degradações físicas como erosão acelerada e desertificação. O autor ainda relata que um

indicador apropriado é aquele que provê uma medida quantitativa da magnitude e intensidade do estresse ambiental experimentado por plantas e animais.

5.2.1 Estabilidade de agregados

Verificou-se que em todas as condições avaliadas o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) estiveram de maneira geral entre os diâmetros de 1,00 mm a 2,50 mm, tanto na camada de 0-20 cm como na de 20-40 cm, demonstrando que esse solo foi intensamente mobilizado para instalações e condução da cultura de tomate irrigado.

Entretanto, em todas as condições estudadas os diâmetros de agregados estáveis são maiores na camada superficial 0-20 cm, o que pode indicar que ocorre um efeito da irrigação em condicionar os diâmetros menores em camadas inferiores do sulco de irrigação ao longo do tempo avaliado, sistematicamente nos três sulcos estudados.

Sendo assim, verifica-se que pela Figura 15 que os valores de DMP na camada de 0-20 diminuíram na amostra posterior. Já na camada de 20-40 ocorreu o inverso, ou seja, o DMP foi de 1,50 mm para pouco mais de 2,00 mm.

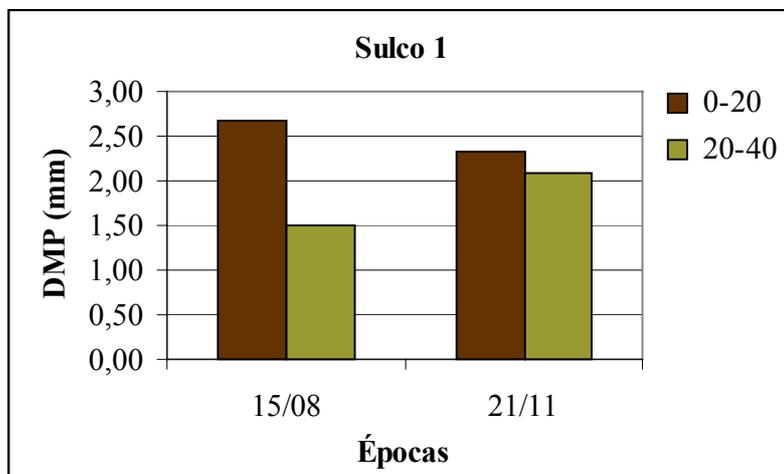


Figura 15: Análise da estabilidade de agregados do sulco 1 nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm em 15 de agosto e 21 de novembro

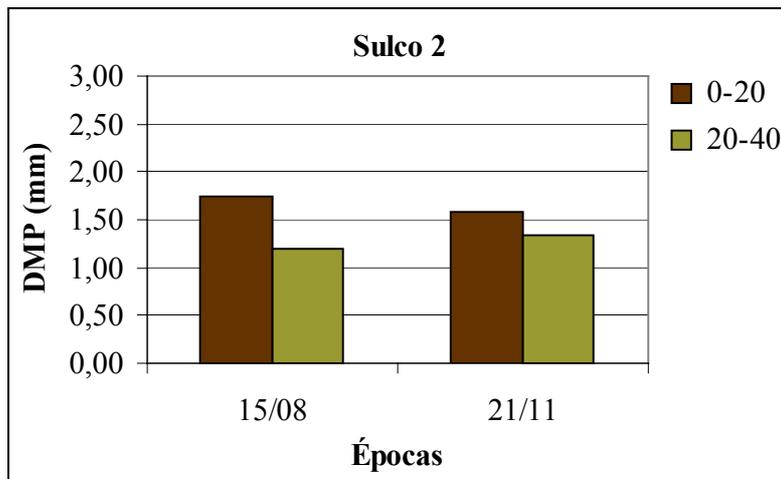


Figura 16: Análise da estabilidade de agregados do sulco 2 nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm em 15 de agosto e 21 de novembro

Observa-se pela Figura 16 que no sulco 2 os valores de DMP foram menores que aqueles obtidos no sulco 1 e da mesma forma, na camada de superficial o DMP diminuiu na segunda amostragem. Na camada de 20-40 cm a estabilidade encontrada não se alterou com o passar das épocas.

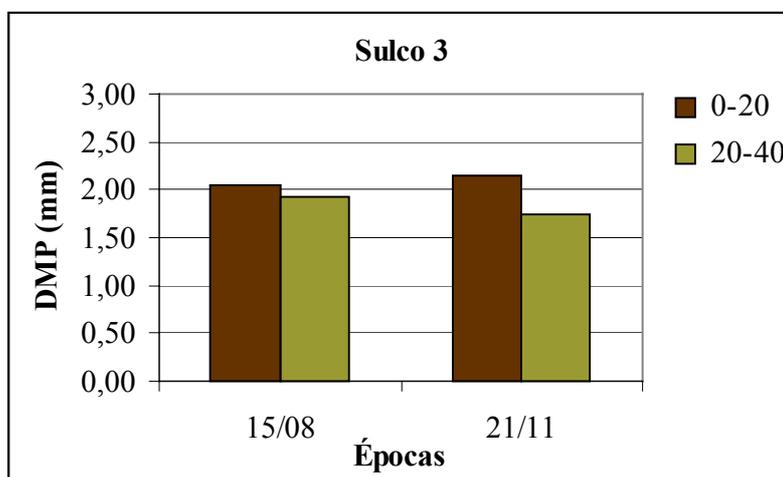


Figura 17: Análise da estabilidade de agregados do sulco 3 nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm em 15 de agosto e 21 de novembro

Na Figura 17, o DMP manteve-se mais estável em relação aos anteriores, ao contrário do observado nos sulcos 1 e 2, no sulco 3 na camada de 20-40 cm houve uma pequena diminuição nos valores observados e na camada superficial o DMP aumentou.

Na comparação dos gráficos, apenas em uma amostra encontrou-se um Diâmetro Médio Ponderado (DMP) acima de 2,50 mm, as outras, em sua maioria apresentaram um valor de DMP abaixo de 2,00 mm, algumas, porém menores ou iguais a 1,5mm.

Comparando com um experimento de campo realizado por LUCARELLI & DANIEL (2002), durante 8 anos, foram obtidos em 8 diferentes tratamentos de preparos e manejo de um Latossolo Roxo, textura argilosa, os resultados de DMP inferiores a 2,50 mm foram observados naqueles tratamentos que mais mobilizam o solo. Os baixos valores de DMP significam que o solo foi muitas vezes modificado sofrendo alterações no tamanho de seus agregados. No presente trabalho, na camada superficial houve uma tendência de diminuição do DMP dos agregados ao longo do tempo tornado as partículas mais soltas e mais suscetíveis à erosão.

Esses baixos valores de DMP encontrado nas duas camadas e nos dias de coleta (15/08 e 21/11) demonstram que houve uma alteração no tamanho dos agregados do solo.

Na Figura 18, está representada a análise conjunta da estabilidade de agregados da área.

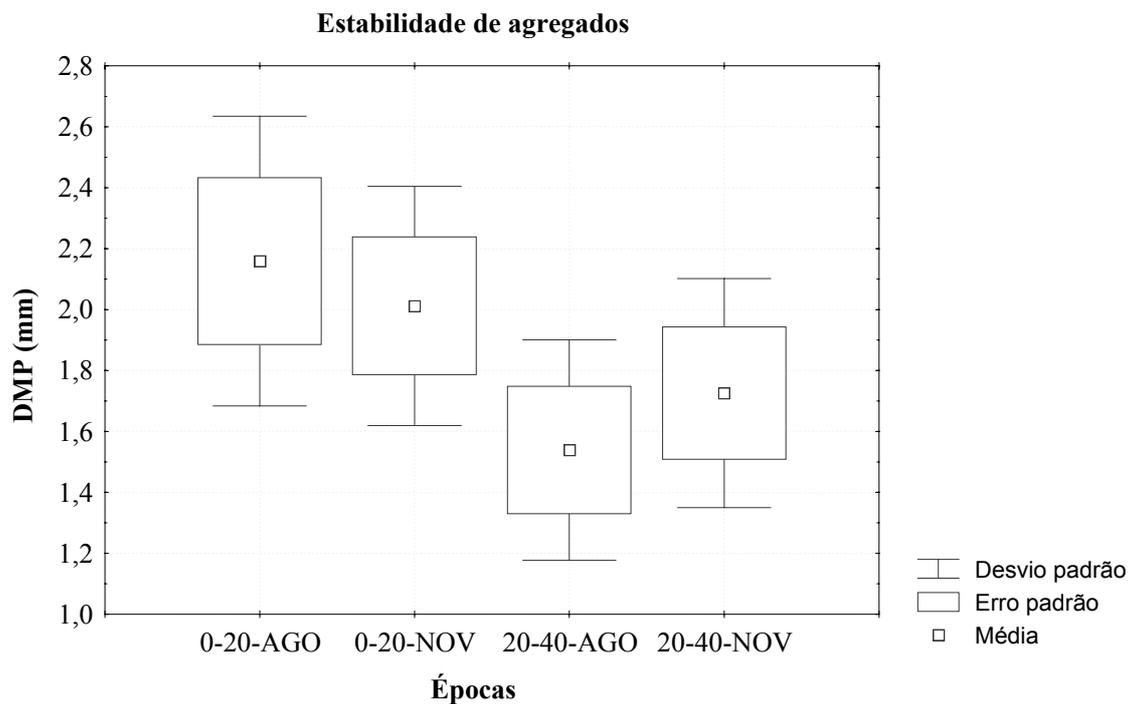


Figura 18: Análise conjunta da estabilidade de agregados nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm em duas épocas de desenvolvimento da cultura do tomate

Na análise da Figura 18, o desvio padrão dos dados apresenta amplitude de 1,6 a 2,6 mm de variação do DMP. Embora esses resultados não apresentem diferenças significativas estatisticamente, observa-se que na camada superficial houve uma diminuição do DMP dos agregados.

A suscetibilidade do solo à erosão demonstrado pela estabilidade de agregados, pode ser agravada pela elevada quantidade de água aplicada no sulco. A vazão estimada na gleba estudada foi de 8,35 l/s. Segundo VIEIRA (1983) e SILVA et al. (1984) a vazão utilizada nos sulcos geralmente é de 1 e 3 l/s, como também, tem relação o comprimento dos sulcos, ou seja, sulcos maiores são mais eficientes na infiltração e distribuição de água no perfil de solo.

5.2.2 Granulometria

Nos resultados apresentados na análise granulométrica dos sulcos, os teores de argila no início do sulco variaram de 59 a 66%; no meio foi de 60 a 68% e no final de 60 a 68%, esses valores correspondem aos teores de argila na camada de 0-20 cm. Em geral na camada superficial houve uma alteração no teor de argila da primeira amostragem (13/08) para a última (21/11), como também os teores de argila presente nas amostras dos pontos meio e final de sulco foram na maioria mais elevados. As Figuras de 19 a 24 apresentam o resultado da análise granulométrica realizada ao longo dos sulcos com base na porcentagem de argila obtida nas respectivas datas.

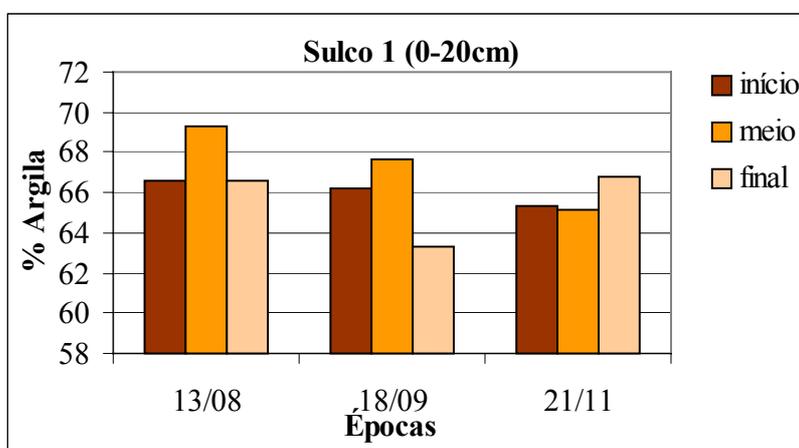


Figura 19: Análise granulométrica do sulco 1 na camada de 0-20 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco)

Na Figura 19 os teores de argila no ponto inicial do sulco 1 foi diminuindo ao longo do período de coleta das amostras, ocorrendo o mesmo em relação aos valores de porcentagem de argila do ponto do meio do sulco. No final do sulco houve uma diminuição no teor de argila, e posteriormente, na última coleta, houve aumento do teor de argila, apresentando um valor semelhante com a análise da primeira amostragem.

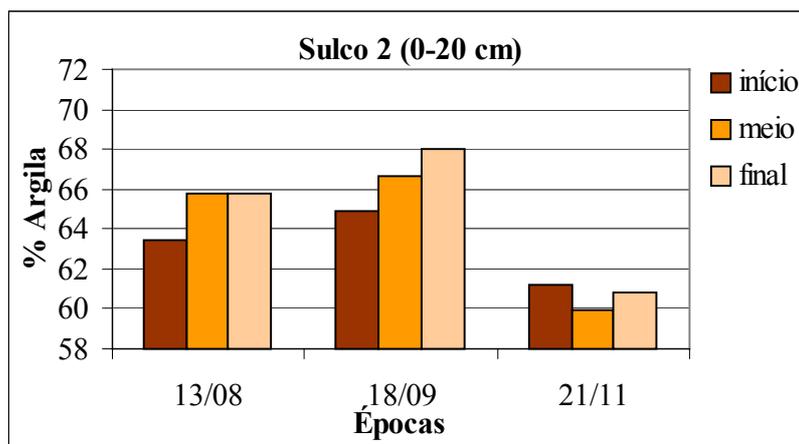


Figura 20: Análise granulométrica do sulco 2 na camada de 0-20 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco)

Observa-se na Figura 20 que o teor de argila do início do sulco ficou abaixo do valor da segunda época, porém na terceira amostragem desse ponto, o teor de argila diminuiu consideravelmente. Nos pontos amostrados no meio e final do sulco ocorreu o mesmo fenômeno, ou seja, baixa percentagem de argila na primeira amostragem, na segunda houve um aumento, e na terceira amostragem novamente o teor de argila diminuiu.

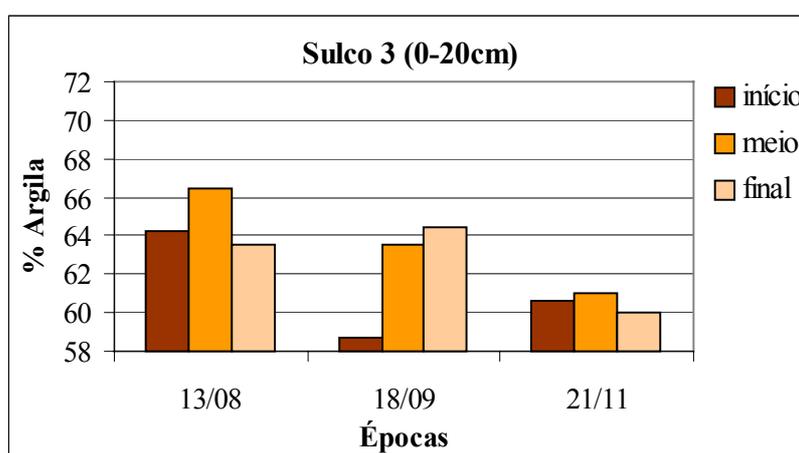


Figura 21: Análise granulométrica do sulco 3 na camada de 0-20 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco)

A Figura 21 mostra que no início do sulco a percentagem de argila diminuiu acentuadamente da primeira para a segunda amostragem e apresentou pequeno aumento na última amostragem; as amostras do meio do sulco apresentaram uma diminuição gradativa do teor de argila nas amostragens subseqüentes e, no final do sulco, houve um pequeno aumento no teor de argila na amostra do dia 18 de setembro (segunda amostragem) e uma diminuição na amostragem seguinte.

Na camada de 20-40 cm, os teores de argila foram de 64 a 70 % no início do sulco; no meio, de 65 a 72% e no final foram de 66 a 69% de argila.

De uma maneira geral o acúmulo de argila na camada de 20-40 cm foi maior que na camada de 0-20 cm possivelmente devido à percolação de argila. Verificou-se que com o arraste de partículas de argila ao longo do sulco na camada de 0-20 cm, houve uma tendência do teor de argila na camada de 20-40 cm ser maior do início para o final do sulco.

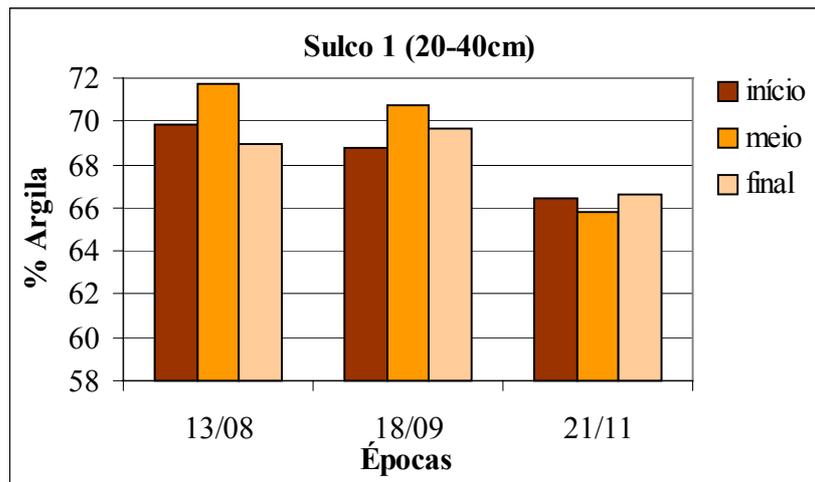


Figura 22: Análise granulométrica do sulco 1 na camada de 20-40 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco)

A Figura 22 apresenta uma alteração no teor de argila nos três pontos de coleta do sulco. No início do sulco o teor de argila foi decrescendo da primeira até a última amostragem, ocorrendo o mesmo com os valores do meio do sulco. No final, houve um pequeno aumento no teor de argila na segunda amostragem, porém diminuindo na amostragem seguinte.

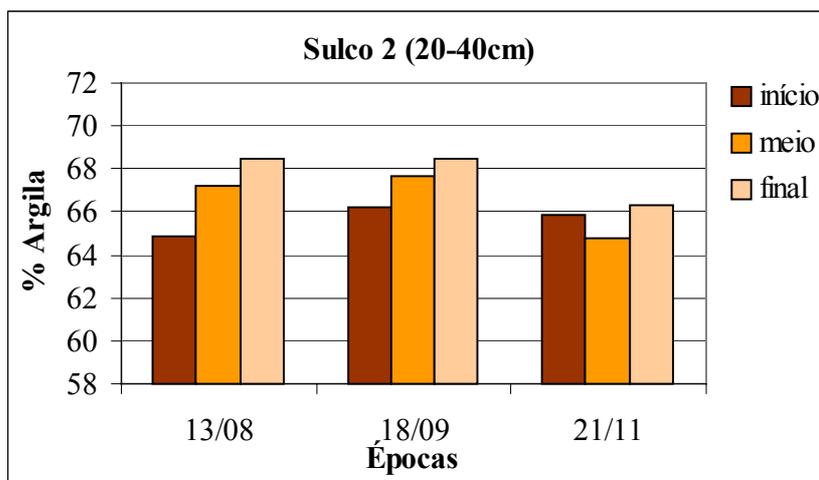


Figura 23: Análise granulométrica do sulco 2 na camada de 20-40 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco)

Observa-se pela Figura 23 que houve um comportamento diferente em relação aos outros gráficos. O teor de argila no início do sulco aumentou na segunda amostragem e diminuiu na última amostragem. No meio do sulco a variação da porcentagem de argila foi semelhante ao comportamento da porcentagem de argila do início do sulco. No final do sulco a porcentagem de argila foi decrescendo ao longo do tempo.

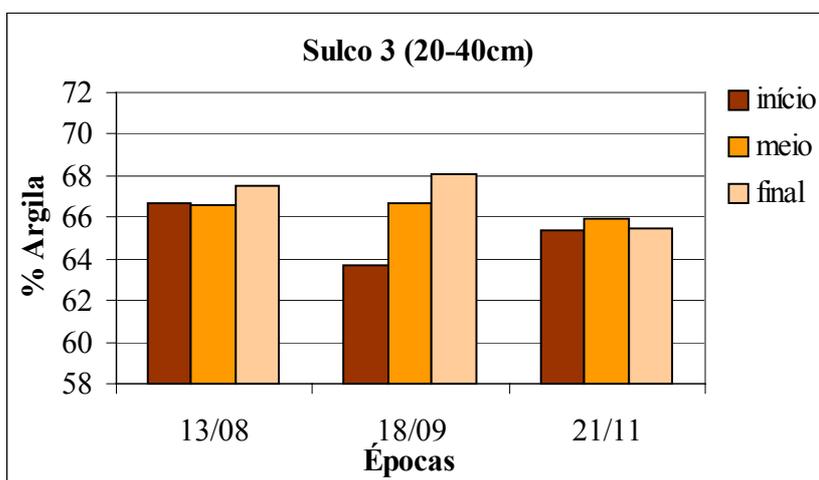


Figura 24: Análise granulométrica do sulco 3 na camada de 20-40 cm, em três épocas e em três pontos de coleta (início, meio e final do sulco)

Na Figura 24 observa-se que no início do sulco houve uma diminuição da porcentagem de argila na segunda amostragem, e posteriormente, na amostragem seguinte um aumento no teor de argila; no meio do sulco praticamente não houve alteração na porcentagem de argila, permanecendo constante durante o período avaliado; no final do sulco a porcentagem de argila aumentou da primeira pra a segunda amostragem e diminuiu na terceira amostragem.

As Figuras 25 e 26 resumidamente apresentam as alterações dos teores de argila ao longo dos três sulcos na camada de 0-20 cm e 20-40 cm respectivamente.

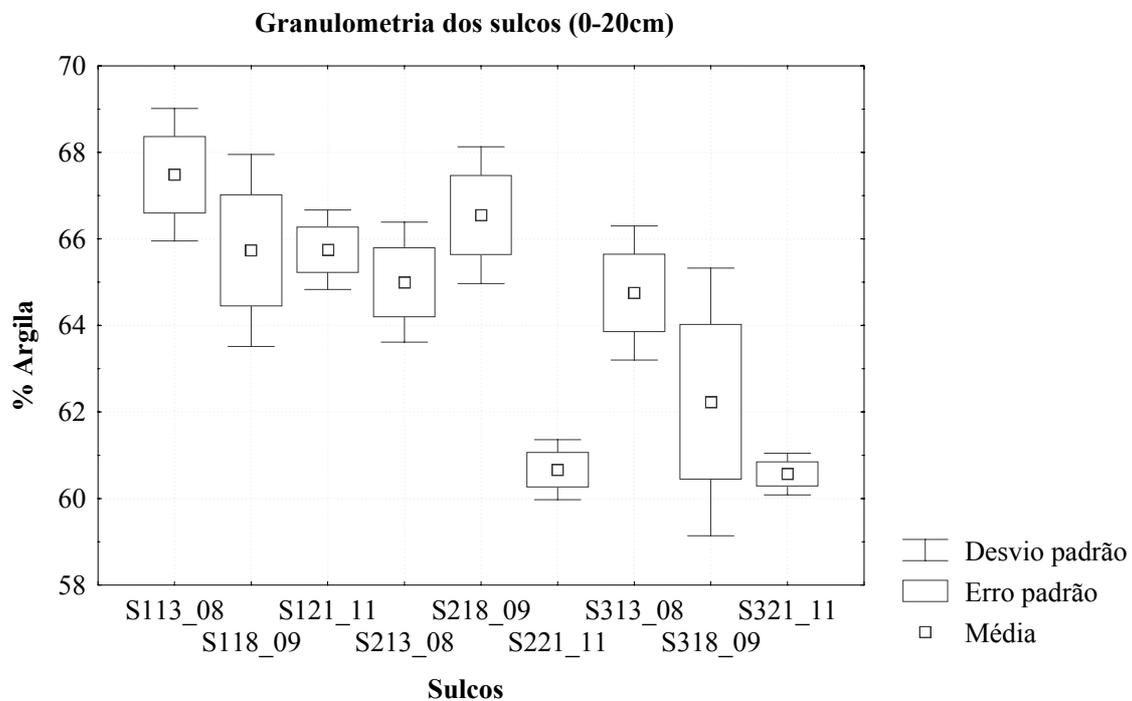


Figura 25: Análise conjunta da granulometria na camada de 0-20 cm ao longo dos três sulcos nas três épocas de amostragem

Observa-se na Figura 25 que houve uma tendência de diminuição da porcentagem de argila presente na camada de 0-20 cm no dia 13 de agosto para a última amostragem (21 de novembro).

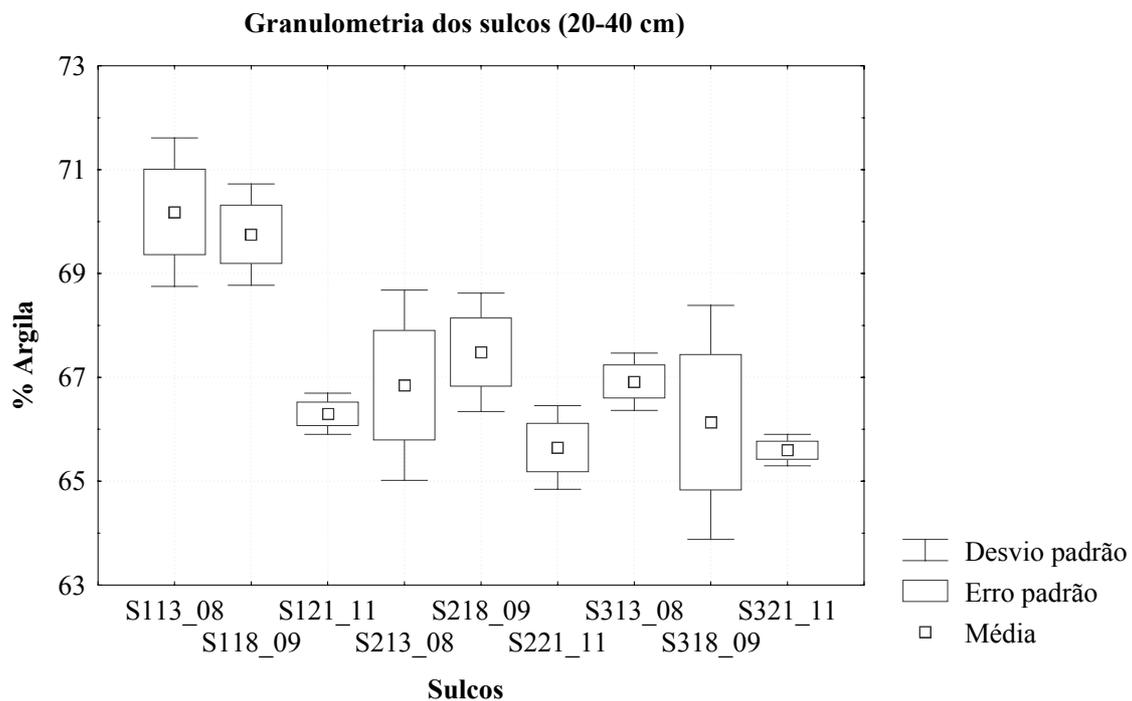


Figura 26: Análise conjunta da granulometria na camada de 20-40 cm ao longo dos três sulcos nas três épocas de amostragem

Na Figura 26 observa-se também uma tendência de diminuição dos teores de argila ao longo dos três sulcos do dia 13 de agosto para a última na amostragem (21 de novembro).

Observando os gráficos 25 e 26 da análise granulométrica dos sulcos, pode-se dizer que houve alterações na porcentagem de argila, durante o desenvolvimento da cultura, tanto em aumento quanto diminuição. Em média, as porcentagens de argila do meio e final do sulco, na maioria dos casos foi superior a porcentagem encontrada no início do sulco, isso demonstra que houve um deslocamento de partículas de argila ao longo do sulco, do início para o final, e também em profundidade, da camada 0-20 cm para a camada 20-40 cm (percolação). O deslocamento da argila pode ser explicado pela baixa estabilidade dos agregados encontrada nesse solo. Os baixos valores de DMP apresentados no item anterior, menores que 2,50 mm tornou esse solo menos estável e mais suscetível ao arraste das partículas de argila ao longo do sulco, e conseqüentemente ao acúmulo em alguns pontos. Além disso, a quantidade elevada de água aplicada nos sulcos (8,35 l/s) em um curto espaço de tempo (60 segundos) em sulcos de

apenas 20 metros de comprimento e fechados no final, fez com que houvesse um refluxo de água de dentro do sulco para o canal secundário, esse movimento da água dentro do sulco provocou tanto a acomodação como até mesmo a perda de argila. Segundo LUCARELLI & DANIEL (2002), a diminuição no tamanho dos agregados tem como conseqüências a possibilidades de perdas de solo (erosão) de até 6246 kg/ha de solo.

Segundo LAL (1999), após a caracterização inicial, as medidas subseqüentes podem ser feitas de 2 a 4 anos, porque a textura do horizonte superficial se altera somente quando a erosão acelerada é o processo gradativo predominante. Entretanto em apenas um ciclo de desenvolvimento da cultura do tomate, 110 dias, houve uma diminuição da porcentagem de argila do solo ao longo do tempo. Desta forma pode-se concluir que a porcentagem de argila é um aspecto ambiental, pois influencia processos de compactação e adensamento, formação de crosta diminuindo a infiltração de água e aumentando o escoamento superficial que juntos são os indicadores de impacto ambiental.

5.2.3 Densidade do solo

A densidade média do solo apresentada na Figura 27 foi obtida a partir de três repetições (apêndice).

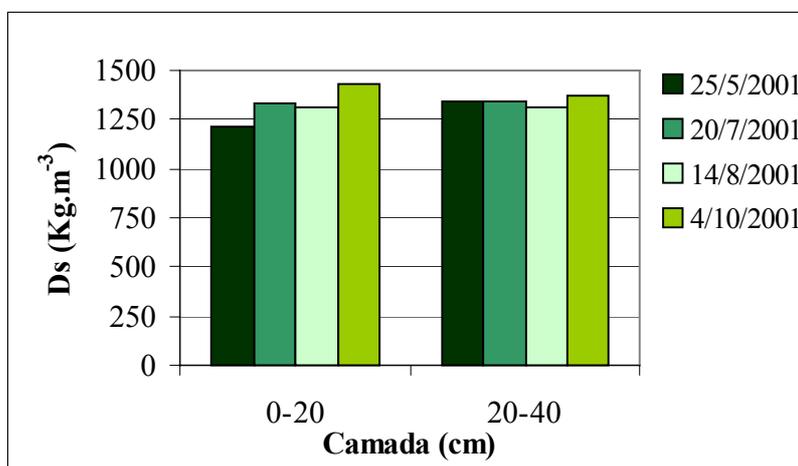


Figura 27: Análise da densidade média do solo durante o ciclo da cultura do tomate

Observando a Figura 27, a densidade média do solo na camada de 0-20 cm feita na área apenas gradeada na data de 25 de maio, foi de 1213 Kg/m³, na segunda amostragem,

realizada quando os sulcos estavam prontos e segundo os irrigantes “já tinham sido aguados” e três dias antes do plantio das mudas, foi obtida uma densidade média de 1335 Kg/m³, a terceira (14/08) e a última amostragem (04/10) foram feitas durante o desenvolvimento da cultura, sendo obtidos valores de 1315 Kg/m³ e 1429 Kg/m³, respectivamente.

Na Figura 28 está representada a densidade do solo na camada superficial (0-20 cm).

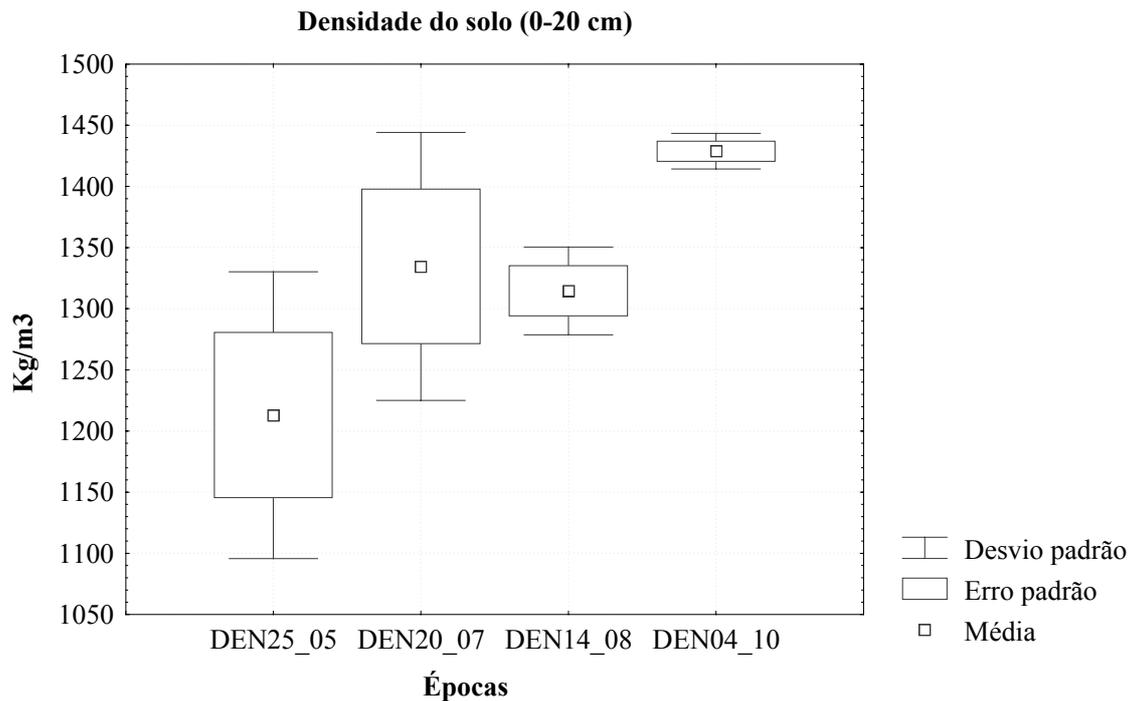


Figura 28: Análise conjunta da densidade do solo na camada de 0-20 cm em quatro épocas

Embora estatisticamente a densidade do solo na camada de 0-20 cm não apresentou diferença significativa, observa-se que em média houve uma tendência de aumento da densidade durante o ciclo da cultura de aproximadamente 18%.

Na camada de 20-40 cm os valores de densidade variaram de 1340 Kg/m³ a 1369 Kg/m³, ou seja, foram menos variáveis que a camada superficial.

Na Figura 29 está representada a densidade do solo na camada de 20-40 cm.

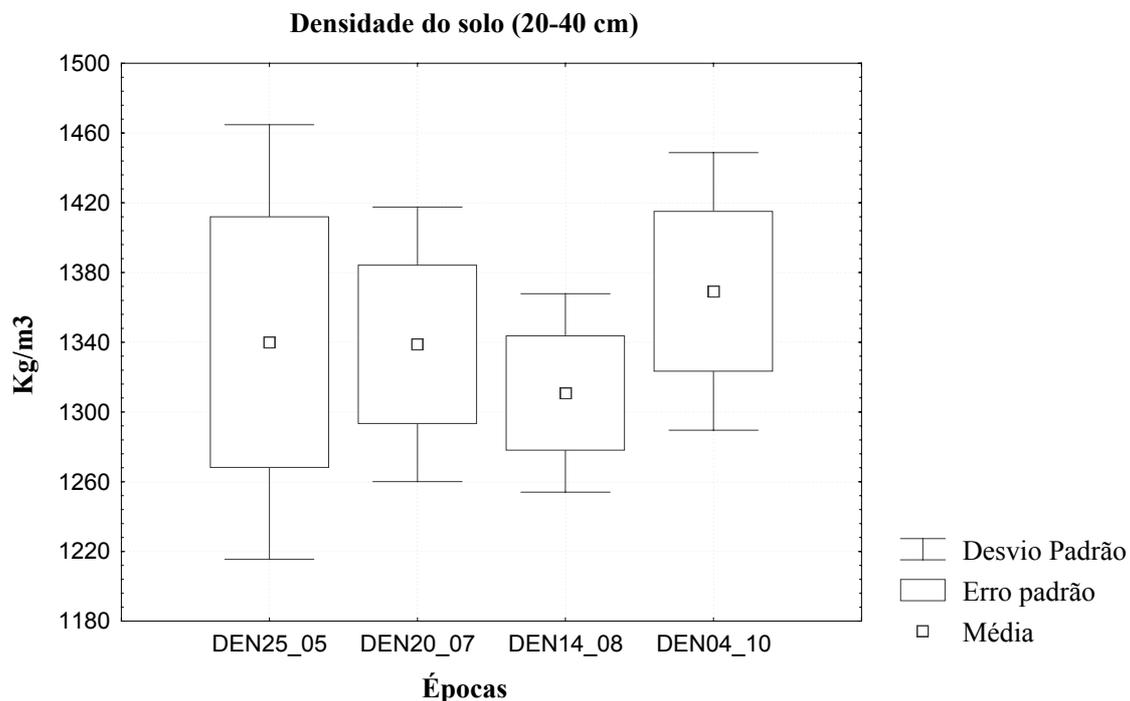


Figura 29: Análise conjunta da densidade do solo na camada de 20-40 cm em quatro épocas

Na Figura 29 observa-se que a densidade do solo na camada de 20-40 cm também não apresentou diferença significativa.

O aumento da densidade do solo na camada superficial está relacionada com a estabilidade de agregados e quantidade de água aplicada no sulco. Com baixa estabilidade, as partículas de argila desagregadas na camada superficial tendem a se acomodar nos poros vazios do solo (macro e microporos), aumentando sua densidade como também dificultando a infiltração da água no perfil do solo. O aumento da densidade do solo além de afetar a infiltração de água pode causar danos ao desenvolvimento da cultura como: brotação mais lenta, redução no estande, menor peso e altura por planta e menor produção por área afetando também a qualidade dos frutos que tem grande importância no caso do tomate de mesa (CAMARGO & ALLEONI, 1997). Segundo KIEHL (1979), para solos argilosos, os valores aceitáveis de densidade devem estar entre 1000 e 1250 Kg/m³. Pode-se concluir que na camada superficial (0-20 cm) houve um adensamento do solo.

5.2.4 Umidade do solo, capacidade de campo e ponto de murcha permanente

O monitoramento da umidade do solo antes e depois da irrigação, bem como os dados de capacidade de campo e ponto de murcha permanente serão mostrados a seguir.

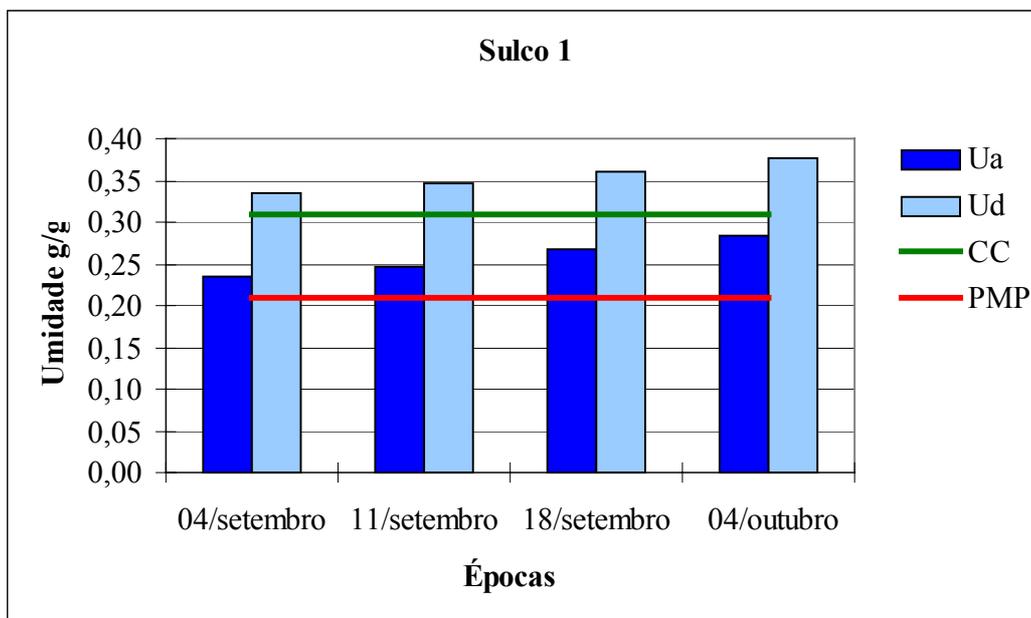


Figura 30: Umidade do solo no sulco 1, na camada de 0-40 cm em quatro épocas, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), umidade antes da irrigação (Ua) e umidade depois da irrigação (Ud)

Na Figura 30, observa-se que no sulco 1, a umidade do solo na camada de 0-40 cm antes da irrigação, sempre esteve entre a capacidade de campo e ponto de murcha permanente, cujo valores são: 0,24 g/g na primeira amostragem; 0,25 g/g; 0,27g/g e 0,28 g/g respectivamente nas amostragens seguintes. Utilizando-se a equação descrita por ARRUDA et. al (1987) apresentada no item 4.3.4, o ponto de murcha permanente obtido foi de 0,21 g/g, o que observando-se pelos dados a irrigação era necessária. A umidade do solo após a irrigação foi obtida utilizando a equação sugerida por BERNARDO (1987) apresentada no item 4.3.4, e foi constatado que a umidade aumentou após sucessivas irrigações chegando a valores de 0,34 g/g na primeira amostragem (04/09); 0,35 g/g na segunda (11/09); 0,36 g/g na terceira (11/09) e 0,38 g/g na última amostragem (04/10). Da mesma maneira que no ponto de murcha, a capacidade de campo obtida pela equação descrita por ARRUDA et. al (1987), foi de 0,31

g/g. Portanto os dados mostram que houve um excesso de aplicação de água no solo saturando-o com o passar do tempo, prejudicando até mesmo o desenvolvimento da planta do tomateiro.

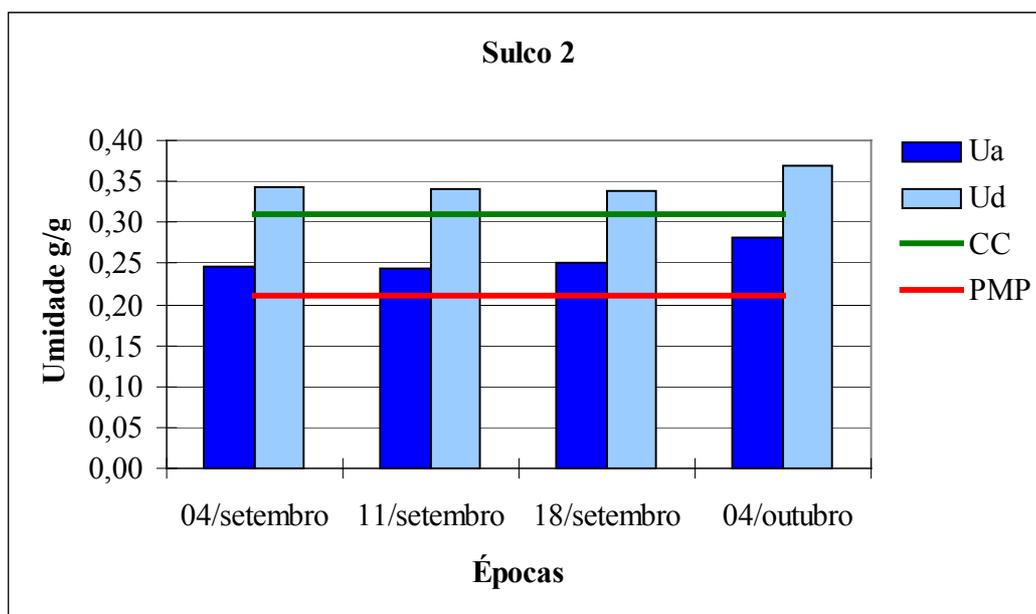


Figura 31: Umidade do solo no sulco 2, nas camadas de 0-40 cm em quatro épocas, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), umidade antes da irrigação (Ua) e umidade depois da irrigação (Ud)

Observa-se na Figura 31, que no sulco 2 a umidade do solo apresentou o mesmo comportamento do sulco 1, ou seja, a umidade antes da irrigação variou de 0,24 g/g até 0,29 g/g, porém, sempre esteve entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. Os dados mostram também que a umidade do solo nas quatro amostragens depois da irrigação ficou acima da capacidade de campo (0,31 g/g), significando que houve excesso de aplicação de água. Acima da capacidade de campo a água drena facilmente e será perdida por percolação, e conforme a irrigação era conduzida, a umidade antes da irrigação foi aumentando ao longo do tempo, assim como a umidade depois da irrigação.

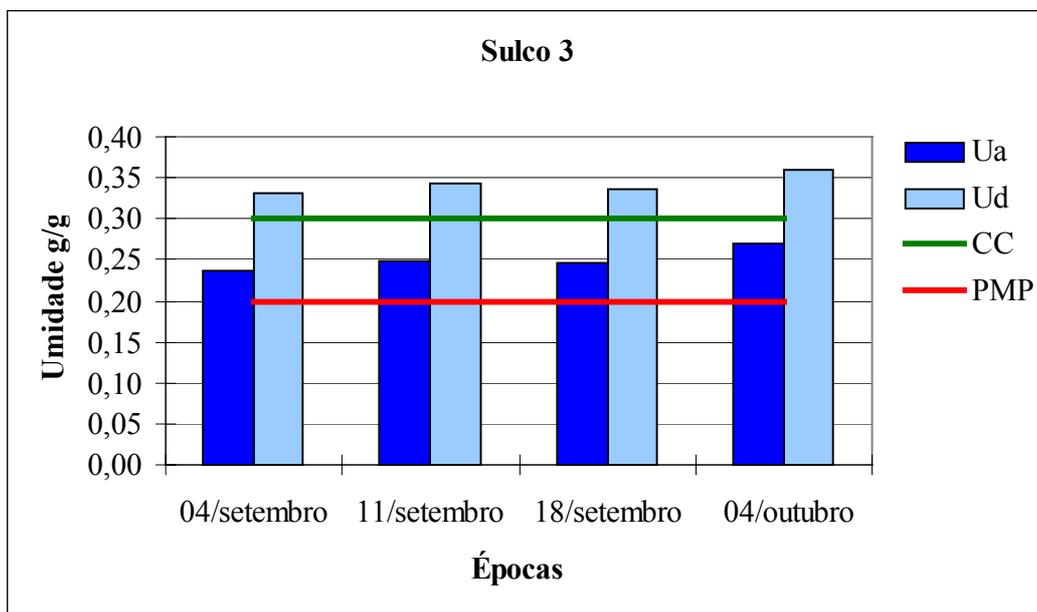


Figura 32: Umidade do solo no sulco 3, nas camadas de 0-40 cm em quatro épocas, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), umidade antes da irrigação (Ua) e umidade depois da irrigação (Ud)

Na Figura 32, observa-se que o mesmo comportamento apresentado pelos sulcos 1 e 2 foi seguido pelo sulco 3, ou seja, as umidades antes da irrigação (variando entre 0,24 g/g e 0,27 g/g), sempre estiveram entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente assim como a umidade depois da irrigação ficou acima da capacidade de campo. Portanto, como já discutido anteriormente, significa que houve excesso de aplicação de água.

Observando os gráficos, a alta umidade do solo apresentada demonstra que, com o monitoramento da umidade, a irrigação poderia ser adiada diminuindo o desperdício de água e energia. Associando a essa quantidade de água aplicada, a baixa estabilidade apresentada por esse solo proporciona a percolação de argila no perfil de solo.

Portanto, pode-se dizer que nos três sulcos, durante o período analisado a umidade do solo aumentou, seja pela irrigação como também pelas chuvas observadas visualmente nos meses estudados (Figura 33).

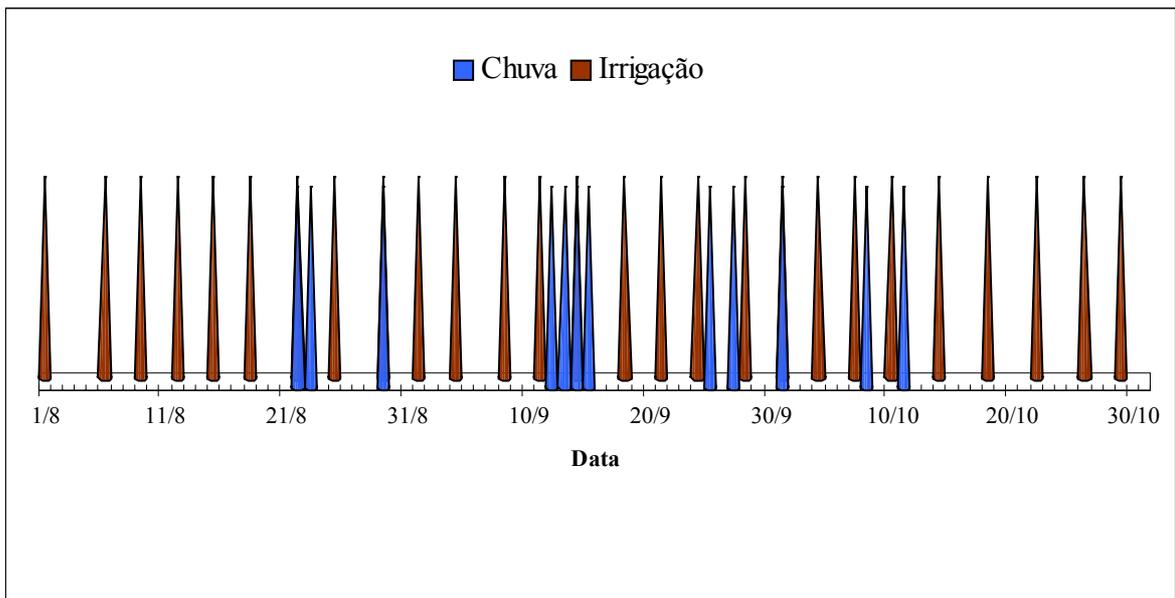


Figura 33: Chuvas e irrigações ocorridas no período das coletas de umidade do solo

Observando a Figura 33, vale ressaltar que a irrigação era conduzida normalmente mesmo após a chuva por exemplo. Com o monitoramento da umidade do solo, o irrigante poderia diminuir as irrigações bem como aplicar uma quantidade menor de água. Além disso, um solo quando com alta umidade pode favorecer o aparecimento de nematóides prejudicando o desenvolvimento da cultura (EMBRAPA, 1993).

Em função dos resultados apresentados nos outros parâmetros, as alterações ocorridas na camada superficial (0-20 cm), buscou-se mostrar o que estava acontecendo com a umidade do solo nesta camada antes e depois da irrigação. Os dados estão apresentados nos gráficos a seguir.

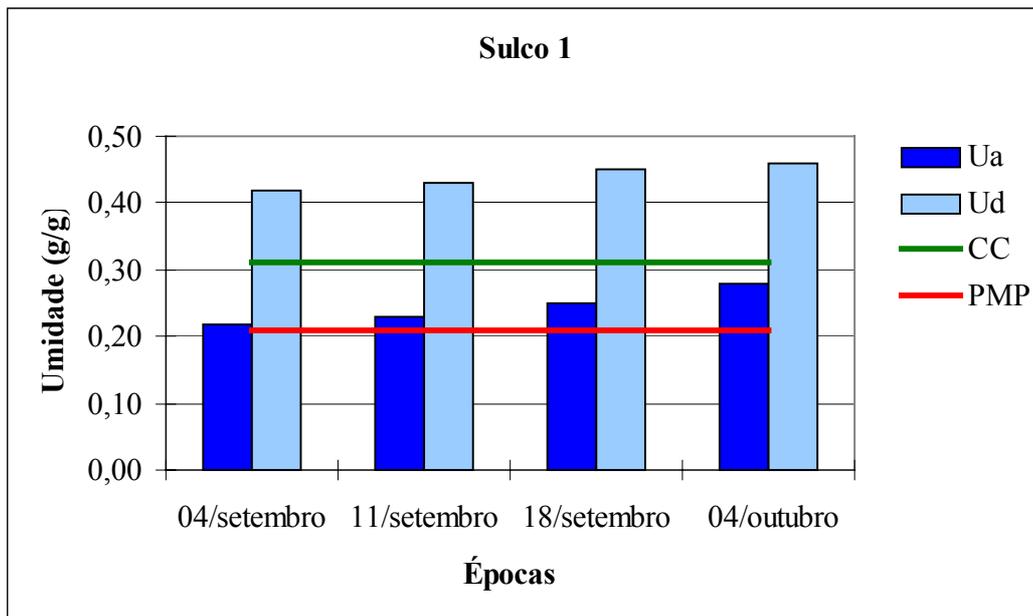


Figura 34: Umidade do solo antes da irrigação (Ua), umidade depois da irrigação (Ud), capacidade de campo e ponto de murcha permanente do sulco 1 na camada de 0-20 cm

Na Figura 34, a umidade do solo antes da irrigação na camada de 0-20 cm inicialmente apresentou-se bem próxima do ponto de murcha, 0,22 g/g (amostragem do dia 04/09), passando para 0,23 g/g em 11/09; 0,25 g/g em 18/09 e 0,28 g/g na última amostragem. Nos dados apresentados após a irrigação observa-se que foram encontradas umidades muito superiores à capacidade de campo (0,31 g/g), com valores de 0,42 g/g; 0,43 g/g; 0,45 /g e 0,46 g/g nas respectivas épocas. Esses dados mostram realmente que houve um excesso de água aplicada, diante deste fato, associado a suscetibilidade de arraste mostrada pela baixa estabilidade de agregados apresentada por esse solo, isso contribui para a percolação de argila provocando aumento na densidade do solo e conseqüentemente diminuindo a infiltração de água, além do impacto de desperdício de água e energia. Vale ressaltar que um solo saturado afeta o desenvolvimento das plantas, pois os nutrientes essenciais para as mesmas presentes na solução do solo serão mais diluídos e, portanto lixiviados ao longo do perfil.

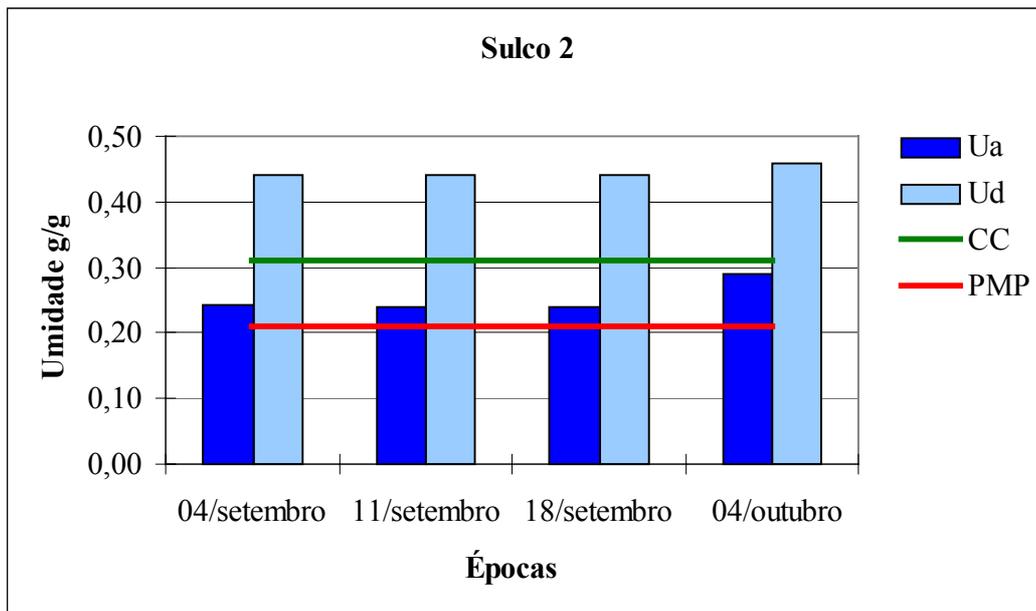


Figura 35: Umidade do solo antes da irrigação (Ua), umidade depois da irrigação (Ud), capacidade de campo e ponto de murcha permanente do sulco 2 na camada de 0-20 cm

Na Figura 35 as umidades antes da irrigação foram de 0,24 g/g nas três primeiras amostragens e depois chegou a 0,29 g/g na última amostragem. Da mesma maneira que nos gráficos anteriores, a capacidade de campo (0,31 g/g) e o ponto de murcha permanente (0,21 g/g) foram obtidos pela equação descrita por ARRUDA et. al (1987). As umidades depois da irrigação no sulco 2 foram de 0,44 g/g nas três amostragens chegando a 0,46 g/g na última amostragem. Da mesma forma que no sulco 1, além dos impactos causados no solo, houve impacto no meio ambiente de desperdício de água e energia.

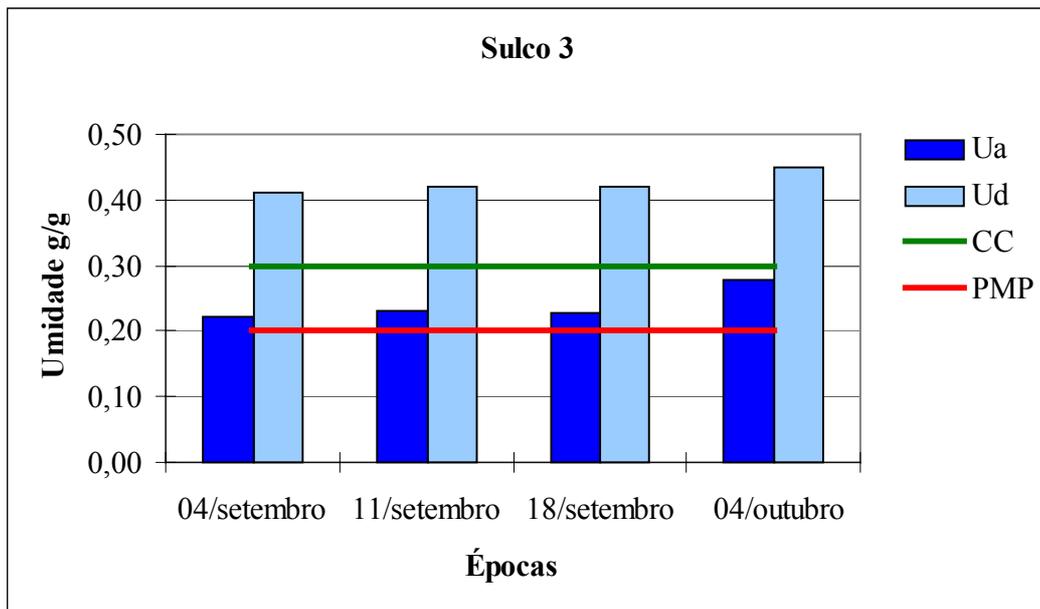


Figura 36: Umidade do solo antes da irrigação (Ua), umidade depois da irrigação (Ud), capacidade de campo e ponto de murcha permanente do sulco 3 na camada de 0-20 cm

A análise dos dados no sulco 3 revelam que houve o mesmo comportamento que o sulco 1 e 2. A umidade antes da irrigação novamente ficou acima da umidade de ponto de murcha de 0,21 g/g (0,22 g/g na primeira amostragem; 0,23 g/g na segunda e terceira amostragens e 0,28 g/g na última amostragem) e da mesma forma, as umidades depois da irrigação foram superiores a umidade de capacidade de campo de 0,31 g/g (0,41 g/g; 0,42 g/g; 0,42 g/g e 0,45 g/g respectivamente nas datas amostradas).

Na Figura 37 está representada a umidade do solo da área estudada na camada superficial de 0-20 cm.

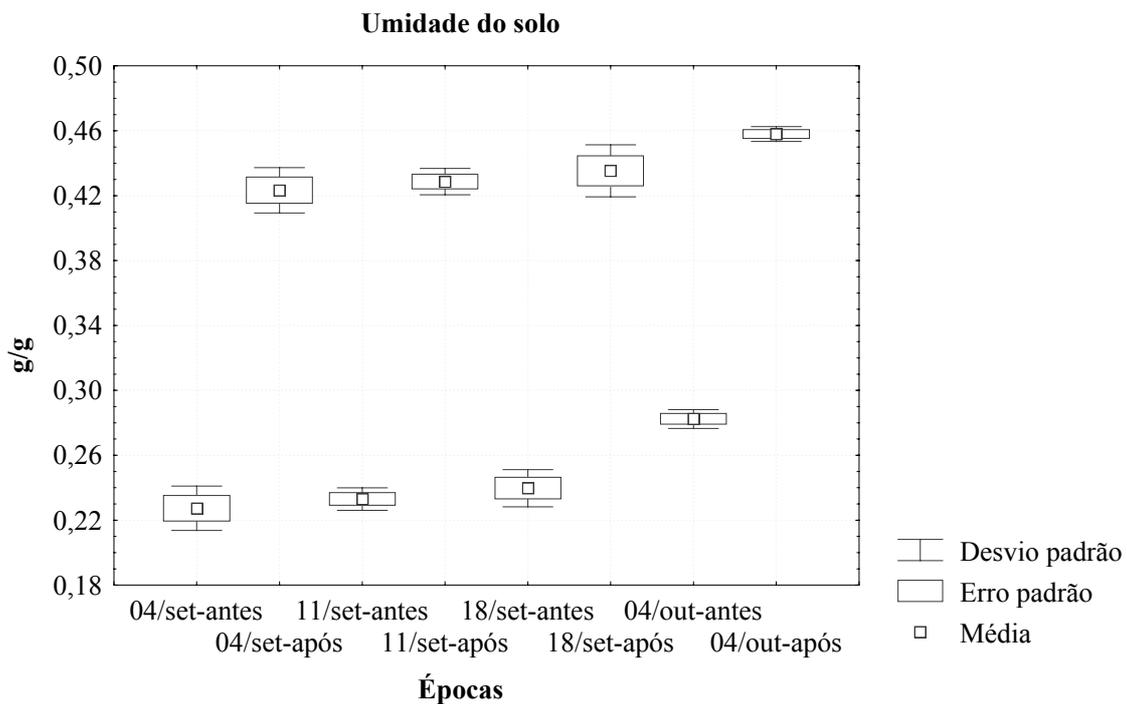


Figura 37: Análise conjunta da umidade do solo na camada superficial (0-20 cm), em quatro épocas do desenvolvimento da cultura e em dois momentos, antes e após a irrigação

Na Figura 37 observa-se que a umidade do solo no dia 4 de outubro foi estatisticamente diferente das anteriores apresentando um valor mais elevado de umidade. A umidade após a irrigação ficou muito acima da capacidade de campo encontrada nesse solo (0,31 g/g) tendo como consequência o excesso de água no solo.

Considerando o gráfico como sendo a situação de umidade do solo na gleba estudada, a irrigação foi conduzida de maneira equivocada, ou seja, se houvesse o monitoramento da umidade utilizando desde métodos rústicos até os mais tecnificados evitando impactos como o desperdício de água e energia.

5.2.5 Seção transversal do sulco

Nas tabelas 1,2 e 3 estão representadas as áreas das seções transversais e suas respectivas médias, dos três sulcos nas treze datas de amostragem.

Tabela 1: Seção transversal do sulco 1 durante o ciclo da cultura (m²)

	Estação 1	Estação 2	Estação 3	Estação 4	Estação 5	Estação 6	Média
15/ago	0,1254	0,1437	0,1157	0,1095	0,1304	0,1111	0,1226
21/ago	0,1225	0,1366	0,1141	0,1184	0,1317	0,1123	0,1226
3/set	0,1220	0,1119	0,1021	0,1217	0,1163	0,1128	0,1145
4/set	0,1190	0,1149	0,1064	0,1103	0,1158	0,1142	0,1134
11/set	0,1330	0,1206	0,1060	0,1076	0,1169	0,1009	0,1141
18/set	0,1186	0,1158	0,1003	0,1064	0,1176	0,1093	0,1113
10/out	0,1169	0,1114	0,0939	0,1059	0,0985	0,1100	0,1061
17/out	0,1193	0,1123	0,1034	0,1132	0,1233	0,1094	0,1135
25/out	0,1177	0,1150	0,0897	0,1076	0,1197	0,1113	0,1101
30/out	0,1145	0,1152	0,0946	0,1144	0,1156	0,1115	0,1110
6/nov	0,1135	0,1157	0,0938	0,1096	0,1107	0,1074	0,1085
13/nov	0,1167	0,1152	0,0964	0,1096	0,1121	0,1093	0,1099
20/nov	0,1110	0,1224	0,1017	0,1047	0,1117	0,1101	0,1103
Média	0,1192	0,1193	0,1014	0,1107	0,1169	0,1100	0,1129

Inicialmente a seção transversal deste sulco, antes do plantio, foi em média de 0,0948 m² (apêndice Tabela 31). Na Tabela 1 estão apresentados os valores das áreas de cada estação nas 13 épocas de amostragem durante o desenvolvimento da cultura. Comparando-se os dados da tabela 1 com a seção inicial, observa-se que houve um aumento da seção transversal ao longo do sulco. Essas alterações demonstram a irregularidade do microrelevo do sulco em função das intensas práticas agrícolas feitas dentro do sulco (adubações, pulverizações, amarrido das plantas entre outras), assim como a alta vazão afeta principalmente a parte inicial do sulco, onde o impacto da entrada da água é bem maior. Em geral houve uma tendência de diminuição da seção transversal do início para o final do sulco e ao longo do tempo. A seguir estão representados os desenhos do formato dos sulcos para melhor ilustração dos dados apresentados pelas tabelas acima em três datas escolhidas aleatoriamente, dia 15 de agosto, quando foi feita a primeira leitura, dia 10 de outubro, durante o ciclo da cultura e dia 20 de novembro quando já estava sendo feita a colheita.

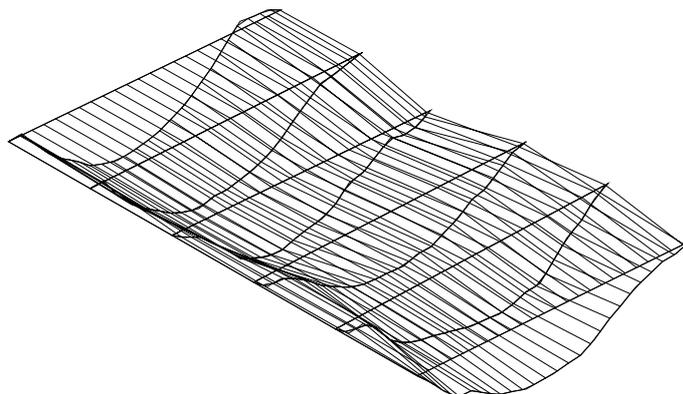


Figura 38: Sulco 1- Leitura do dia 15 de agosto de 2001

Na leitura com o perfilômetro no dia 15 de agosto, como mostra a Figura 38, o sulco 1 apresentava um formato mais estreito e mais profundo.

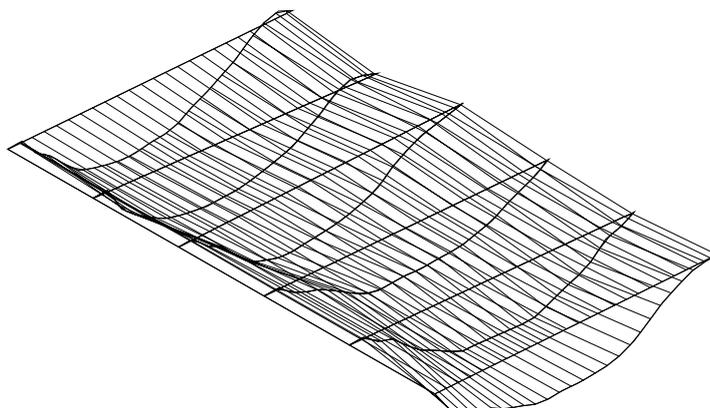


Figura 39: Sulco 1- Leitura do dia 10 de outubro de 2001

Na leitura do dia 10 de outubro, observa-se pela Figura 39 que o sulco 1 apresentou algumas variações na sua forma em relação a leitura do dia 15 de agosto, ou seja, estava mais raso e mais largo ao longo do sulco e principalmente na estação 1 onde a água entra com maior velocidade, causando desagregação das partículas do solo.

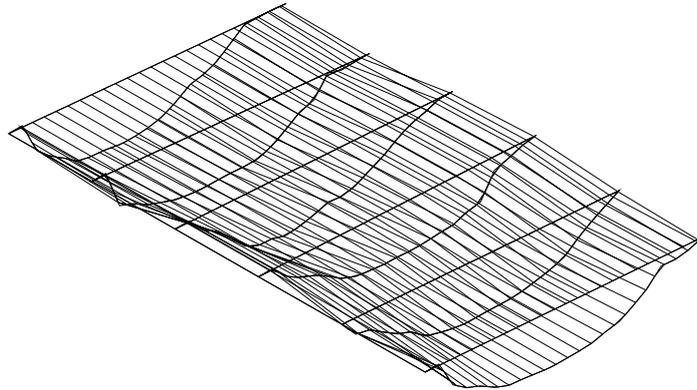


Figura 40: Sulco 1- Leitura do dia 20 de novembro de 2001

Da mesma maneira que na Figura anterior, a Figura 40 do dia 20 de novembro, o sulco 1 apresentava-se mais raso e largo, ou seja, no final da colheita houve variação ao longo do sulco o que demonstra que o manejo e a quantidade de água aplicada na irrigação altera a o seu formato, podendo afetar a uniformidade de aplicação da água na irrigação.

No sulco 2 a seção transversal inicial média, antes do plantio, foi de 0,0777 m² (apêndice Tabela 31).

Tabela 2: Seção transversal do sulco 2 durante o ciclo da cultura (m²)

	Estação 1	Estação 2	Estação 3	Estação 4	Estação 5	Estação 6	Média
15/ago	0,1085	0,0915	0,1039	0,0943	0,1124	0,0964	0,1012
21/ago	0,1015	0,0817	0,1029	0,0938	0,1038	0,0987	0,0971
3/set	0,0898	0,0774	0,0912	0,0872	0,0978	0,0946	0,0896
4/set	0,0874	0,0701	0,0863	0,0965	0,0982	0,0942	0,0888
11/set	0,0919	0,0778	0,0889	0,0854	0,0966	0,0945	0,0892
18/set	0,0929	0,0769	0,0899	0,0857	0,0925	0,0908	0,0881
10/out	0,0895	0,0670	0,0891	0,0815	0,0876	0,0881	0,0838
17/out	0,0926	0,0619	0,0882	0,0871	0,0924	0,0896	0,0853
25/out	0,0944	0,0599	0,0870	0,0781	0,0911	0,0881	0,0831
30/out	0,0915	0,0614	0,0846	0,0814	0,0893	0,0888	0,0828
6/nov	0,0900	0,0577	0,0884	0,0811	0,0894	0,0832	0,0816
13/nov	0,0908	0,0553	0,0890	0,0832	0,0885	0,0901	0,0828
20/nov	0,0869	0,0564	0,0816	0,0757	0,0908	0,0796	0,0785
Média	0,0929	0,0688	0,0901	0,0854	0,0946	0,0905	0,0871

Comparando-se a seção inicial desse sulco com os valores apresentados na Tabela 2, observa-se que da mesma forma que no sulco 1 em geral as seções aumentaram. Na tabela 2, os dados mostraram o mesmo comportamento apresentado no sulco 1. Observa-se no sulco 2, que as áreas ao longo do sulco foram menores do que as áreas do sulco 1. Em média a maior área apresentada pelo sulco 2 foi de 0,0946 m² enquanto que no sulco 1 as maiores áreas foram de 0,1193 m². Os valores apresentados no sulco 2 tiveram uma pequena variação, que pode ser explicada pelo modo de condução desse sulco, ou seja, a condução das guias das duas linhas de plantio foram direcionadas para o centro desse sulco, tornando impossível a realização das práticas agrícolas comumente realizadas para essa cultura, somente a irrigação era conduzida normalmente. A seguir estão representados os desenhos do formato do sulco 2 em três datas (escolhidas aleatoriamente), dia 15 de agosto, quando foi feita a primeira leitura, dia 10 de outubro, durante o ciclo da cultura e dia 20 de novembro quando já estava sendo feita a colheita.

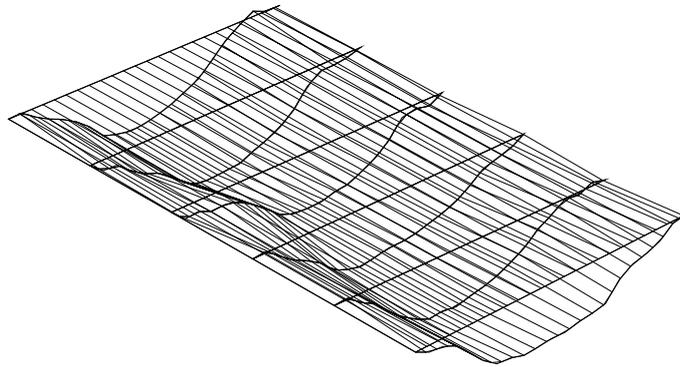


Figura 41: Sulco 2- Leitura do dia 15 de agosto de 2001

Na leitura com o perfilômetro no dia 15 de agosto, como mostra a Figura 41, o sulco 2 apresentava um formato mais estreito e mais profundo.

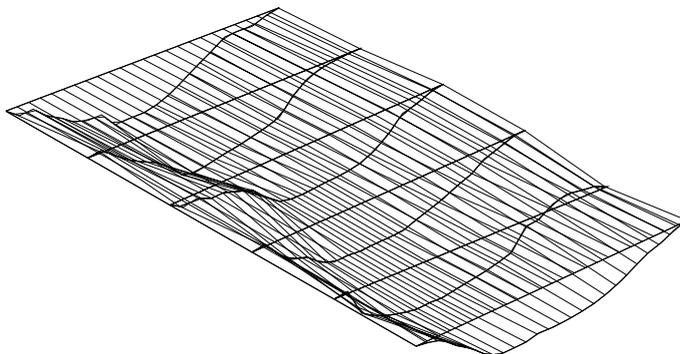


Figura 42: Sulco 2- Leitura do dia 10 de outubro de 2001

Observa-se pela Figura 42, que ocorreram alterações no formato do sulco, deixando-o um pouco mais raso e largo em relação à leitura do dia 15 de agosto (Figura 41).

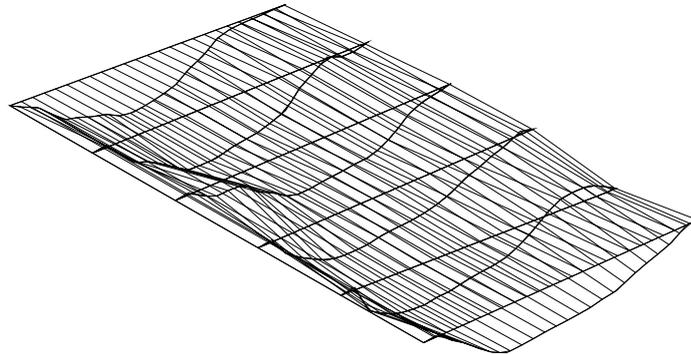


Figura 43: Sulco 2- Leitura do dia 20 de novembro de 2001

Na Figura 43, o sulco 2, da mesma maneira que o sulco 1, mostrou variações no seu formato, tornando-se mais raso, Observando as Figuras 42 e 43, nota-se que houve maiores alterações principalmente na estação 1 onde a água entra com maior velocidade. As alterações ocorridas no sulco 2 foram somente devido a irrigação, pois como já explicado, o manejo dado a esse sulco não permitia a entrada de pessoas para tratamentos fitossanitários exigidos pela cultura.

No sulco 3 a seção transversal inicial média, antes do plantio, foi de 0,0758 m² (apêndice Tabela 31).

Tabela 3: Seção transversal do sulco 3 durante o ciclo da cultura (m²)

	Estação 1	Estação 2	Estação 3	Estação 4	Estação 5	Estação 6	Média
15/ago	0,1058	0,0930	0,0754	0,0878	0,0933	0,0985	0,0923
21/ago	0,1064	0,0976	0,0724	0,0825	0,0918	0,0964	0,0912
3/set	0,1049	0,0937	0,0778	0,0770	0,0846	0,0889	0,0878
4/set	0,1022	0,0871	0,0761	0,0710	0,0945	0,0880	0,0865
11/set	0,1010	0,0821	0,0791	0,0766	0,0867	0,0859	0,0852
18/set	0,1019	0,0964	0,0785	0,0741	0,0896	0,0931	0,0889
10/out	0,0998	0,0899	0,0798	0,0764	0,0918	0,0908	0,0881
17/out	0,1004	0,0870	0,0814	0,0741	0,0912	0,0894	0,0872
25/out	0,1040	0,0941	0,0800	0,0790	0,0873	0,0909	0,0892
30/out	0,1029	0,0924	0,0831	0,0824	0,0932	0,0910	0,0908
6/nov	0,1004	0,1001	0,0824	0,0813	0,0940	0,0932	0,0919
13/nov	0,1018	0,1019	0,0924	0,0834	0,0918	0,0913	0,0938
20/nov	0,1004	0,0897	0,0808	0,0806	0,0890	0,0908	0,0885
Média	0,1024	0,0927	0,0799	0,0789	0,0907	0,0914	0,0893

Observando-se a Tabela 3, a seção transversal desse sulco aumentou em relação à seção inicial média. Em geral, os dados demonstram que o sulco 3 apresentou maior área das seções que o sulco 2 porém menores que o sulco 1. Novamente, se observarmos pela média das estações ao longo do tempo, a estação 1, no início do sulco, foi a que apresentou maior área em relação as demais estações. A seguir estão representados os desenhos do formato do sulco 3 em três datas (escolhidas aleatoriamente), dia 15 de agosto, quando foi feita a primeira leitura, dia 10 de outubro, durante o ciclo da cultura e dia 20 de novembro quando já estava sendo feita a colheita.

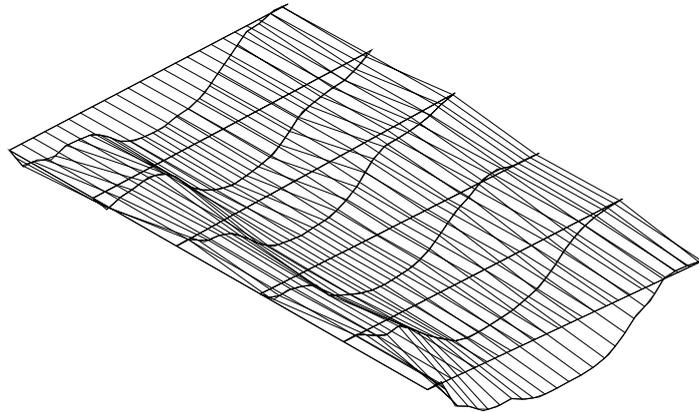


Figura 44: Sulco 3- Leitura do dia 15 de agosto de 2001

Na primeira leitura realizada nesse sulco, observa-se que assim como os sulcos 1 e 2, o sulco 3, apresentava-se mais estreito e profundo em relação as demais leituras.

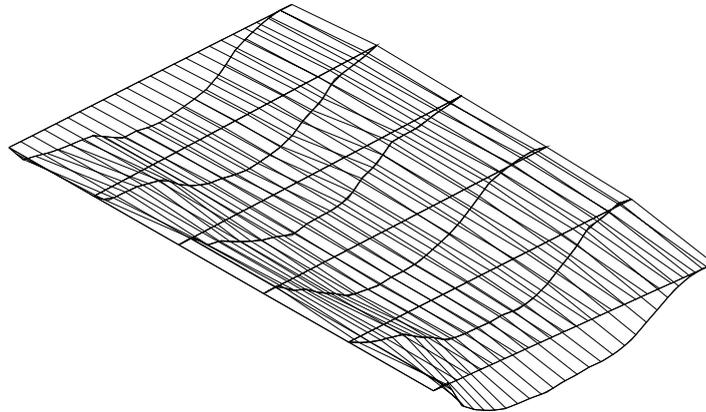


Figura 45: Sulco 3- Leitura do dia 10 de outubro de 2001

Observa-se que pela Figura 45, o sulco 3 sofreu alterações no seu formato, tornando-se mais raso e largo.

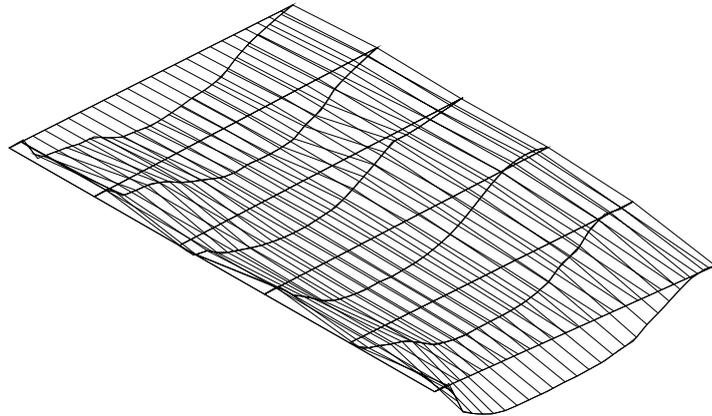


Figura 46: Sulco 3- Leitura do dia 20 de novembro de 2001

Na Figura 46, a última leitura feita no sulco 3, demonstra que ocorreram mais alterações no seu formato em relação as leituras anteriores, e assim como nos sulcos 1 e 2, a estação 1 foi a que apresentou maiores alterações, tornado-se maior (largura) que as outras devido a alta velocidade e quantidade de água aplicada na entrada dos sulcos.

Pode-se concluir que as práticas agrícolas intensas e a alta velocidade e a elevada quantidade de água aplicada nesses sulcos causaram alterações na seção transversal dos mesmos, ocasionado pelo arraste de partículas de solos, principalmente de argila desagregadas, ao longo do sulco e por percolação além de movimentação para fora dos sulcos devido ao refluxo da água.

6 CONCLUSÕES

- Pela avaliação de vazão na entrada do sulco, avanço de água, estabilidade de agregados, granulometria, densidade do solo, umidade do solo e a seção transversal do sulco, verificou-se que o manejo da irrigação por sulco provocou alterações nos parâmetros estudados.
- Durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do tomate de mesa (110 dias) a granulometria do solo apresentou alterações tanto ao longo dos sulcos, como nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm.
- A camada superficial do solo (0-20 cm), apresentou ser mais suscetível ao adensamento tendo aumentado sua densidade de 1213 Kg/m³ para 1430 Kg/m³.
- O manejo sistemático da irrigação provocou a saturação da camada superficial (0-20 cm) após todas as aplicações, tendo como consequência o excesso de água no solo.
- A seção transversal ao longo do sulco foi alterada devido à excessiva quantidade de água aplicada e as intensas práticas agrícolas executadas na área.
- Dos parâmetros avaliados, os principais indicadores de impacto ambiental da irrigação por sulco foram a umidade do solo (desperdício de água) e a seção transversal do sulco (erosão do solo).
- Sugere-se para trabalhos futuros que as determinações de todos os parâmetros avaliados sejam realizados nos mesmos pontos de amostragens e em épocas concomitantes.

7 BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISSO 14001: 1996 Sistemas de Gestão Ambiental. Especificações e Diretrizes para Uso. 76p.

ANNAN, Koffi. Mensagem do Secretário-Geral da ONU, por ocasião do Dia Mundial da Água. 2002. Disponível na internet. <http://www.onuportugal.pt/sg.html> capturado em 02 de abril de 2002.

ARRUDA, Flávio B.; ZULLO Jr., Jurandir; OLIVEIRA, J.B. de Parâmetros do solo para cálculo da água disponível com base na textura do solo. **Revista Brasileira Da Ciência do Solo**, Campinas. V.11: 11-15, 1987.

AZEVEDO, J.A.; DOLABELLA, R.H.C.; PEIXOTO, J.V.B.; SILVA, E.M. Uso de tensiômetros e da curva de retenção de água no controle da irrigação com pivô central em feijão no PAD/DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENG. AGRÍCOLA (XXVII) **Anais...** Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 226-228

BERNARDO, Salassier. Manual de irrigação, 4ª edição, UFV, imprensa universitária, Viçosa, 488p. ilustr., 1987.

BERNARDO, Salassier. Irrigação e produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENG. AGRÍCOLA (XXVII), v. 27, 1998. Poços de Caldas/MG, **Anais...** Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 117-132.

BERTONI, José & LOMBARDI NETO, Francisco. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1999. 4ª edição. 355p.

BRADY, Nyle C. Natureza e Propriedades dos solos, 7ª ed., Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 1989, trad.

BRASIL. Decreto lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 8 de janeiro de 1997; 176º da Independência e 109º da República.

CAMARGO, Leocádio de Souza. **As hortaliças e seu cultivo**, 3ª edição revista e atualizada. Campinas Fundação Cargill, 1992. 252p.

CAMARGO, Otávio Antonio de; MONIZ, Antonio Carlos; JORGE, José Antonio; VALADARES, José Maria A. S.. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônômico de Campinas. 89p. **Boletim Técnico n.106** – Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 1986.

CAMARGO, Otávio Antonio de; ALLEONI, Luís Reynaldo Ferracciú,. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Editoração eletrônica Degaspari designers. Piracicaba, 1997. p 56-65.

CHRISTOFIDIS, Demétrios. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n49, 1º trimestre, p 8-13, 2001.

COELHO, Eugênio F.; SOUZA, Valdomiro A.B. de; CONCEIÇÃO, Marco A.F.; DUARTE, Jason de O. Comportamento da cultura do tomateiro sob quatro regimes de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.12, p.1959-1968, dezembro, 1994.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução 001 de 23 de janeiro de 1986. Cria obrigatoriedade de realização de EIA/RIMA para o licenciamento de atividades poluidoras. Brasília, 23 de janeiro de 1986.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL (CATI) Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Levantamento censitário das unidades de produção agropecuária do Estado de São Paulo (LUPA). Capturado em 12 de dezembro de 2000. On line. Disponível na Internet. <http://cati.sp.gov.br/servicos/index.htm>

CUSTÓDIO, Helita Barreira. Legislação Brasileira do estudo de impacto ambiental. In: Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar. Organizadores Sâmia Maria Tauk-Tornisielo, Nivar Gobbi, Harold Gordon Fowler. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: editora da Universidade Estadual Paulista, 1995. p 45-64. (Natura Naturata).

DANIEL, Luiz Antonio; SVERZUT, Claudio Bianor; LUCARELLI, José Ricardo Freitas. Effects of different agricultural mechanization systems on compacted soil layer formation. In: AGENG96, INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING. **Anais...**, Madrid, 1996. v. 1. p. 134 – 135

DANIEL, Luiz Antonio; LUCARELLI, José Ricardo de Freitas; VOLPATO, Carlos Eduardo Silva. **Módulo 8 – Mecanização agrícola** - Curso de Plantio Direto. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior – Programa de Suporte Técnico à Gestão de Recursos Hídricos, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) **A cultura do tomateiro (para mesa)**. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 92p. (Coleção Plantar; 5).

FERREIRA, José Carlos. Mapas mensais de precipitação máxima e erosividade para o Estado de São Paulo de interesse à engenharia. Campinas: UNICAMP. 1999, 144p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 1999.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), <http://apps1.fao.org/servlet/XteServlet.jrun?Areas=21&Items=1423&Elements=51&Years=2000&Format=Table&Xaxis=Years&Yaxis=Countries&Aggregate=&Calculate=&Domain=LUI&ItemTypes=Irrigation&Language=&UserName=>

FRIZZONE, José Antonio. Irrigação por superfície – série didática nº 005, Esalq-USP, Piracicaba, 183p, 1993.

GAZZONI, Décio Luiz. Água, a próxima vantagem competitiva. Capturado em 18/06/2002. On line. Disponível na internet http://www.cnpma.embrapa.br/novidades/agua_02.html

HILLEL, Daniel. **Introduction to soil physics**, Massachussets, 1982. 364 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), capturado em 09/12/2002. <http://www.ibge.gov.br>

KELMAN, Jerson; CRUZ, Humberto Santa; CARNESECA, Luiz Fernando ANA inicia combate à lei da selva hídrica. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n51, 3º trimestre, p13-14, 2001.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relação solo-planta**. São Paulo, ed. Agronômica Ceres, 1979. 262p.

LAL, Rattan. Métodos para a avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos; tradução e adaptação de Cláudia Conti Medugno e José Flávio Dynia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 97p (Embrapa meio Ambiente – Documentos, 03).

LANGONE, Claudio. 22 de Março – Dia Mundial da Água. Disponível na internet http://www.aguaonline.com.br/projeto2/materia.asp?codigo=221&sec=ponto&atual_edicao=137&teste=0&teste_edicao= capturado na internet em 02/04/2002.

LEPSCH, Igo Fernando; BELINAZZI JR. Ricardo; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, Carlos Roberto. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4ª aproximação. Campinas, SBCS. 1991. 2ª impressão revisada. 175p.

LUCARELLI, José Ricardo de Freitas; DANIEL, Luiz Antonio. Estabilidade, distribuição dos agregados e a perda de solo em oito diferentes sistemas de preparo e manejo do solo In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENG. AGRÍCOLA (XXXI), v. 31, 2002. Salvador/BA, **Anais...** Salvador: UFLA/SBEA, 2002. cd rom.

MACEDO, Ricardo Kohn de. A importância da avaliação ambiental. In: *Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar*. Organizadores Sâmia Maria Tauk-Tornisielo, Nivar Gobbi, Harold Gordon Fowler. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: editora da Universidade Estadual Paulista, 1995. p 13-31. (Natura Naturata).

MANZAN, Renato Jácomo. Irrigação do tomateiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v66, n6, p20-21, 1980.

NOSSATERRA Pesquisa de Cidades: Estiva Gerbi/SP. Disponível na Internet <http://www.nossaterra.com.br/cidade.html?codcid=3557303&referrer=> capturado em 12/12/2000.

OLITTA, Antonio Fernando Lordelo. Os métodos de irrigação. 11^a edição, Nobel, São Paulo, 1984.

PAREIRA, Vicente de Paula. Erosão hídrica e indicadores ambientais. In: MARTOS, H. L.; MAIA, N. B. Indicadores Ambientais, Sorocaba, 1997, 226p.

REICHARDT, Klaus. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargil, 4^a ed. 1985. 445p. (ver. e ampliada).

REICHARDT, Klaus. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Editora Manole Ltda. 1986. 188p.

SCHULTZ, Bart; ROMANO, Paulo Afonso.; SAMPAIO, Thales de Queiroz. Água, um bem ambiental econômico e social. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n 51, 3^o trimestre, p13-14, 2001.

SILVA, C. L. da; VIANA, R. M.; SALES, J.G.C. Eficiência da irrigação por sulcos em um solo sob cerrado. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n17, 1984.

SILVA, Gislene. Pode ser a gota d'água. **Revista Globo Rural**, São Paulo. Edição 189. Editora Globo. Julho de 2001. Disponível na internet. Capturado em 22/07/2001. <http://globorural.globo.com/barra.asp?d=/edic/189/sumario.htm>

SOARES, José Monteiro; FARIA, Clementino M.B. de. Métodos de irrigação e adubação na cultura do tomate industrial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.18, n.3, p.281-286, março, 1983.

SOUZA, José Nestor de. **Irrigação por sulcos da cultura do tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill) cultivado em encosta com alta declividade**. Lavras, UFLA, 1996. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 1996. 79p.

TESTEZLAF, Roberto Irrigação In: **Introdução à engenharia agrícola** Luis Augusto B. Cortez, Paulo Sergio G. Magalhães (coordenadores). 2. ed. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1993. (Série Manuais). p. 65-74.

THAME, Antonio Carlos de Mendes. “Água: a iminência da escassez”. In: A RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA: A TÉCNICA E LEI, 2001, IAC – Campinas, **Caderno de resumos...** Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. 12p. 2001.

TOLEDO, Paulo Edgard Nascimento de. Impacto ambiental e análise econômica de medidas mitigadoras: o caso da microbacia hidrográfica do Córrego São Joaquim, Pirassununga (SP). Piracicaba: ESALQ. 1997. 142p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" , 1997.

VEIGA, Milton da; BASSI, Lauro; ROSSO, Alcides de. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água: Projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2.ed.rev., atual., e ampl. Florianópolis: EPAGRI, 1994. p.73-97.

VIEIRA, Jair. Irrigação de superfície. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9 n.100, abril, p.13-23, 1983.

APÊNDICE

Tabela 4: Água total que entra no canal secundário

Água total que entra no canal secundário (sem bandeira)	
Vazão (l/s)	8,47
	9,11
	9,52
Média	9,03

Tabela 5: Água perdida por baixo da bandeira

Água perdida por baixo da bandeira	
Vazão (L/s)	1,02
	0,96
	0,99
	0,87
	0,87
	0,76
	0,77
	0,66
	0,62
	0,52
	0,49
	0,46
	0,43
	0,36
	0,40
Média	0,68

Tabela 6: Estabilidade de agregados do sulco 1 na camada de 0-20 cm no dia 15 de agosto de 2001

Sulco 1 (camada de 0-20 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
0,85	0,00	4,78
1,09	0,01	5,41
1,51	0,03	10,66
2,12	0,10	14,25
1,90	0,16	13,42
9,86	2,40	51,48
DMP	2,70 mm	100,00

Tabela 7: Estabilidade de agregados do sulco 1 na camada de 20-40 cm no dia 15 de agosto de 2001

Sulco 1 (camada de 20-40 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
1,73	0,01	5,19
2,82	0,03	4,70
3,53	0,07	7,73
3,50	0,13	12,69
3,34	0,26	19,22
4,70	1,00	50,46
DMP	1,49 mm	100,00

Tabela 8: Estabilidade de agregados do sulco 2 na camada de 0-20 cm no dia 15 de agosto de 2001

Sulco 2 (camada de 0-20 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
2,31	0,01	5,13
2,03	0,02	6,60
2,03	0,04	10,65
2,37	0,10	13,93
3,08	0,27	18,18
5,34	1,30	45,52
DMP	1,75 mm	100,00

Tabela 9: Estabilidade de agregados do sulco 2 na camada de 20-40 cm no dia 15 de agosto de 2001

Sulco 2 (camada de 20-40 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
2,96	0,01	6,29
2,91	0,03	4,15
3,13	0,07	6,12
2,64	0,12	11,05
2,40	0,21	19,19
3,17	0,77	53,21
DMP	1,20 mm	100,00

Tabela 10: Estabilidade de agregados do sulco 3 na camada de 0-20 cm no dia 15 de agosto de 2001

Sulco 3 (camada de 0-20 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
0,96	0,00	3,84
1,74	0,02	4,56
2,55	0,06	6,51
2,39	0,11	12,30
2,62	0,23	15,88
6,59	1,63	56,92
DMP	2,05 mm	100,00

Tabela 11: Estabilidade de agregados do sulco 3 na camada de 20-40 cm no dia 15 de agosto de 2001

Sulco 3 (camada de 20-40 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
1,66	0,01	3,69
2,32	0,02	3,61
3,11	0,07	7,12
2,31	0,10	11,81
1,39	0,12	22,84
6,76	1,61	50,94
DMP	1,92 mm	100,00

Tabela 12: Estabilidade de agregados do sulco 1 na camada de 0-20 cm no dia 21 de novembro 2001

Sulco 1 (camada de 0-20 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
0,51	0,00	4,78
2,04	0,02	5,41
2,28	0,05	10,66
2,08	0,09	14,25
2,77	0,23	13,42
8,40	1,94	51,48
DMP	2,33 mm	100,00

Tabela 13: Estabilidade de agregados do sulco 1 na camada de 20-40 cm no dia 21 de novembro de 2001

Sulco 1 (camada de 20-40 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
1,90	0,01	5,19
1,45	0,02	4,70
2,13	0,05	7,73
1,74	0,08	12,69
3,18	0,27	19,22
6,97	1,68	50,46
DMP	2,09 mm	100,00

Tabela 14: Estabilidade de agregados do sulco 2 na camada de 0-20 cm no dia 21 de novembro 2001

Sulco 2 (camada de 0-20 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
1,11	0,00	5,13
2,64	0,03	6,60
3,28	0,07	10,65
2,91	0,13	13,93
2,41	0,21	18,18
4,54	1,12	45,52
DMP	1,57 mm	100,00

Tabela 15: Estabilidade de agregados do sulco 2 na camada de 20-40 cm no dia 21 de novembro de 2001

Sulco 2 (camada de 20-40 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
3,03	0,01	6,29
1,65	0,02	4,15
2,61	0,06	6,12
3,69	0,16	11,05
2,57	0,23	19,19
3,56	0,87	53,21
DMP	1,34 mm	100,00

Tabela 16: Estabilidade de agregados do sulco 3 na camada de 0-20 cm no dia 21 de novembro 2001

Sulco 3 (camada de 0-20 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
0,42	0,00	3,84
1,30	0,02	4,56
2,10	0,05	6,51
2,87	0,13	12,30
3,09	0,29	15,88
6,42	1,65	56,92
DMP	2,14 mm	100,00

Tabela 17: Estabilidade de agregados do sulco 3 na camada de 20-40 cm no dia 21 de novembro de 2001

Sulco 3 (camada de 20-40 cm)		
Peso seco retido nas peneiras	Diâmetro dos agregados em cada peneira	%
1,52	0,01	3,69
1,63	0,02	3,61
2,04	0,05	7,12
3,31	0,15	11,81
3,11	0,28	22,84
4,90	1,24	50,94
DMP	1,74 mm	100,00

Tabela 18: Análise granulométrica dos três sulcos nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm no início, meio e final do sulco no dia 13 de agosto de 2001

amostra	tara	tara+solo	arg	silte	sil.grosso	AF	AG	AT	tara	tara+solo	arg+silte
sub1 i 0-20	18,3953	18,5413	67	6	5	12	10	22	18,3142	18,4720	73
sub1 i 20-40	20,0218	20,1743	70	5	5	11	9	20	18,4961	18,6598	75
sub1m 0-20	18,1969	18,3482	69	5	6	12	8	20	18,9513	19,1129	74
sub1m 20-40	12,9653	13,1216	72	4	6	11	7	18	20,3292	20,4942	76
sub1 f 0-20	10,2359	10,3819	67	7	6	12	8	20	19,8027	19,9628	74
sub1 f 20-40	19,0536	19,2043	69	7	6	11	7	18	18,1325	18,2972	76
sub2 i 0-20	13,5073	13,6469	63	7	4	15	11	26	17,5297	17,6818	70
sub2 i 20-40	18,5172	18,6597	65	4	8	12	11	23	13,8950	14,0462	69
sub2m 0-20	17,6659	17,8103	66	7	4	14	9	23	18,5559	18,7138	73
sub2m 20-40	19,3942	19,5415	67	6	6	13	8	21	18,1810	18,3390	73
sub2 f 0-20	17,7715	17,9159	66	6	5	14	9	23	19,3203	19,4780	72
sub2 f 20-40	13,5281	13,6778	68	7	4	13	8	21	20,3334	20,4953	75
sub3 i 0-20	17,6577	17,7989	64	6	5	14	11	25	13,7477	13,9006	70
sub3 i 20-40	18,0954	18,2415	67	5	5	14	9	23	18,2988	18,4549	72
sub3m 0-20	18,2878	18,4336	66	5	7	14	8	22	20,7293	20,8843	71
sub3m 20-40	13,6260	13,7719	67	5	7	13	8	21	19,4379	19,5945	72
sub3 f 0-20	13,7854	13,9253	64	6	7	14	9	23	18,3306	18,4840	70
sub3 f 20-40	17,7288	17,8767	68	4	8	13	7	20	19,4379	19,5945	72
Branco	17,8987	17,9115	0,0128								

Tabela 19: Análise granulométrica dos três sulcos nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm no início, meio e final do sulco no dia 18 de setembro de 2001

amostra	tara	tara+solo	arg	silte	sil.grosso	AF	AG	AT	tara	tara+solo	arg+silte
sub1 i 0-20	10,4090	10,5553	66	6	6	13	9	22	18,1682	18,3250	72
sub1 i 20-40	14,0115	14,1629	69	6	6	12	7	19	17,7206	17,8836	75
sub1m 0-20	17,6650	17,8141	68	6	6	12	8	20	18,2870	18,4488	74
sub1m 20-40	18,4086	18,5639	71	5	4	12	8	20	17,7283	17,8936	76
sub1 f 0-20	19,0521	19,1925	63	10	7	12	8	20	18,7609	18,9207	73
sub1 f 20-40	17,5882	17,7414	70	5	6	11	8	19	18,1326	18,2972	75
sub2 i 0-20	18,3947	18,5383	65	7	4	16	8	24	13,2212	13,3783	72
sub2 i 20-40	14,0173	14,1636	66	6	6	14	8	22	18,0862	18,2443	72
sub2m 0-20	13,5683	13,7155	67	5	6	14	8	22	19,1437	19,3014	72
sub2m 20-40	14,0919	14,2411	68	4	7	13	8	21	20,0207	20,1787	72
sub2 f 0-20	13,7850	13,9349	68	6	5	13	8	21	18,0942	18,2560	74
sub2 f 20-40	18,5161	18,6669	68	5	5	14	8	22	18,1960	18,3568	73
sub3 i 0-20	13,4764	13,6076	59	8	12	13	8	21	19,3930	19,5414	67
sub3 i 20-40	13,9488	14,0899	64	6	3	16	11	27	13,8706	14,0253	70
sub3m 0-20	19,8163	19,9572	64	7	5	14	10	24	13,8123	13,9683	71
sub3m 20-40	17,5293	17,6765	67	5	5	14	9	23	18,5455	18,7030	72
sub3 f 0-20	18,3306	18,4733	64	8	6	13	9	22	13,8944	14,0526	72
sub3 f 20-40	13,6263	13,7762	68	6	4	14	8	22	13,2986	13,4613	74
Branco	10,8100	10,8238	0,0138								

Tabela 20: Análise granulométrica dos três sulcos nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm no início, meio e final do sulco no dia 21 de novembro de 2001

amostra	tara	tara+solo	arg	silte	sil.grosso	AF	AG	AT	tara	tara+solo	arg+silte
sulco1 i 0-20	19,0532	19,1974	65	6	8	13	8	21	17,5298	17,6863	71
sulco1 i20-40	18,8344	18,9808	66	7	7	12	8	20	19,1447	19,3035	73
sulco1m 0-20	17,9262	18,0699	65	7	7	13	8	21	18,2878	18,4444	72
sulco1m 20-40	10,3037	10,4489	66	7	7	12	8	20	18,7486	18,9084	73
sulco1 f 0-20	13,7476	13,8947	67	7	6	12	8	20	13,7858	13,9464	74
sulco1 f 20-40	11,4078	11,5545	67	7	8	11	7	18	14,0179	14,1793	74
sulco2 i 0-20	19,3205	19,4565	61	9	7	14	9	23	13,8712	14,0254	70
sulco2 i 20-40	19,4372	19,5825	66	6	7	13	8	21	13,9489	14,1055	72
sulco2m 0-20	18,3143	18,4476	60	10	7	14	9	23	17,8982	18,0526	70
sulco2m 20-40	13,4658	13,6088	65	6	8	13	8	21	17,5887	17,7435	71
sulco2 f 0-20	14,0124	14,1476	61	7	9	14	9	23	18,2988	18,4480	68
sulco2 f 20-40	10,8095	10,9556	66	5	8	13	8	21	13,5693	13,7250	71
sulco3 i 0-20	10,5030	10,6378	61	9	8	15	7	22	17,6528	17,8067	70
sulco3 i 20-40	18,3949	18,5392	65	7	8	13	7	20	13,8953	14,0523	72
sulco3m 0-20	18,9514	19,0869	61	5	12	14	8	22	18,7616	18,9066	66
sulco3m 20-40	17,7214	17,8668	66	5	9	13	7	20	13,8130	13,9681	71
sulco3 f 0-20	13,1154	13,2490	60	7	11	14	8	22	12,9727	13,1196	67
sulco3 f 20-40	13,8474	13,9918	65	6	8	13	8	21	18,5461	18,7019	71
Branco	18,4963	18,5098	0,0135								

Tabela 21: Densidade do solo – dia 25 de maio de 2001

Gleba	Prof. cm	Ds kg/m ³
Área preparada para o plantio do tomate	0-20	1079
	20-40	1483
	0-20	1266
	20-40	1286
	0-20	1295
	20-40	1252

Tabela 22: Densidade do solo – dia 20 de julho de 2001

Amostra	Prof. cm	Ds kg/m ³
Sulco 1	0-20	1240
Sulco 1	20-40	1290
Sulco 2	0-20	1310
Sulco 2	20-40	1430
Sulco 3	0-20	1450
Sulco 3	20-40	1300

Tabela 23: Densidade do solo – dia 14 de agosto de 2001

Amostra	Prof. cm	Ds kg/m ³
Sulco1	0-20	1353
Sulco1	20-40	1254
Sulco2	0-20	1282
Sulco2	20-40	1310
Sulco3	0-20	1309
Sulco3	20-40	1368

Tabela 24: Densidade do solo – dia 04 de outubro de 2001

Amostra	Prof. cm	Ds kg/m ³
Sulco1	0-20	1412
Sulco1	20-40	1299
Sulco2	0-20	1440
Sulco2	20-40	1456
Sulco3	0-20	1434
Sulco3	20-40	1353

Tabela 25: Umidade do solo do Sulco 1 na camada de 0-40 cm em 4 épocas

Sulco 1				
	04/setembro	11/setembro	18/setembro	04/outubro
Ua	0,24	0,25	0,27	0,28
Ud	0,34	0,35	0,36	0,38
CC	0,31	0,31	0,31	0,31
PMP	0,21	0,21	0,21	0,21

Tabela 26: Umidade do solo do Sulco 2 na camada de 0-40 cm em 4 épocas

Sulco 2				
	04/setembro	11/setembro	18/setembro	04/outubro
Ua	0,25	0,24	0,25	0,28
Ud	0,34	0,34	0,34	0,37
CC	0,31	0,31	0,31	0,31
PMP	0,21	0,21	0,21	0,21

Tabela 27: Umidade do solo do Sulco 3 na camada de 0-40 cm em 4 épocas

Sulco 3				
	04/setembro	11/setembro	18/setembro	04/outubro
Ua	0,24	0,25	0,25	0,27
Ud	0,33	0,34	0,34	0,36
CC	0,30	0,30	0,30	0,30
PMP	0,20	0,20	0,20	0,20

Tabela 28: Umidade do solo do Sulco 1 na camada de 0-20 cm em 4 épocas

Sulco 1				
	04/setembro	11/setembro	18/setembro	04/outubro
Ua	0,22	0,23	0,25	0,28
Ud	0,42	0,43	0,45	0,46
CC	0,31	0,31	0,31	0,31
PMP	0,21	0,21	0,21	0,21

Tabela 29: Umidade do solo do Sulco 2 na camada de 0-20 cm em 4 épocas

Sulco 2				
	04/setembro	11/setembro	18/setembro	04/outubro
Ua	0,24	0,24	0,24	0,29
Ud	0,44	0,44	0,44	0,46
CC	0,31	0,31	0,31	0,31
PMP	0,21	0,21	0,21	0,21

Tabela 30: Umidade do solo do Sulco 3 na camada de 0-20 cm em 4 épocas

Sulco 3				
	04/setembro	11/setembro	18/setembro	04/outubro
Ua	0,22	0,23	0,23	0,28
Ud	0,41	0,42	0,42	0,45
CC	0,30	0,30	0,30	0,30
PMP	0,20	0,20	0,20	0,20

Tabela 31: Seção transversal inicial dos sulcos (m²)

Seção transversal inicial do sulco (m²)							
Sulcos	Estação 1	Estação 2	Estação 3	Estação 4	Estação 5	Estação 6	Seção inicial média
1	0,0948	0,1077	0,0908	0,0949	0,0938	0,0869	0,0948
2	0,1017	0,0712	0,0702	0,0791	0,0836	0,0602	0,0777
3	0,0887	0,0955	0,0664	0,0747	0,0726	0,0567	0,0758

ANEXO

Quadro 1: DADOS CLIMATOLÓGICOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ESPÍRITO SANTO DE PINHAL/SP

Médias Temperaturas mensais, máxima absoluta, mínima absoluta e Precipitação						
Ano 2001 - Espirito Santo do Pinhal SP.						
Meses	T.Max.°C	T.Min°C	T.Med.°C	T.Max.abs	T.Min. abs	Precip. mm
Janeiro	29,7	18,1	23,6	32,9(09)	16,9(12)	188,9
Fevereiro	30,1	19,4	24,8	32,3(27)	17,9(28)	113,5
Março	29,2	19,8	24,5	31,7(27)	16,2(30)	170,2
Abril	28,5	17,8	23,2	30,5(21)	14,8(16)	62,5
Maiο	24,2	13,9	19,1	29,7(02)	6,2(17)	86,2
Junho	24,1	13,8	18,9	27,6(04)	4,8(27)	14,3
Julho	25,6	14,3	19,9	28,6(21)	7,2(29)	3,7
Agosto	25,6	15,2	20,4	28,7(23)	16,9(12)	35,9
Setembro	25,9	15,3	20,6	33,0(11)	16,9(12)	95,2
Outubro	27,2	16,7	21,9	32,6(31)	16,9(12)	187,5
Novembro	28,6	18,3	23,5	31,5(08)	16,9(12)	216,4
Dezembro	26,6	17,7	22,2	30,4(06)	16,9(12)	267,3
Ano 2001	27,1	16,7	21,9	33	4,8	1441,6