



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**DISSERTAÇÃO**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**DESENVOLVIMENTO DO PIMENTÃO IRRIGADO COM ÁGUA  
RESIDUÁRIA TRATADA**

**ANAMARIA DE SOUSA DUARTE**

**Campina Grande - Paraíba**  
**AGOSTO - 2002**

# **Desenvolvimento do Pimentão Irrigado com Água Residuária Tratada**

**Anamaria de Sousa Duarte**

Dissertação submetida ao Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Campina Grande, em cumprimento parcial às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

Orientadores: Vera Lucia Antunes de Lima, Dra.

Adrianus C. van Haandel, Ph.D.

Campina Grande

Setembro / 2002.



D812d  
2002

Duarte, Anamaria de Sousa  
Desenvolvimento do pimentão irrigado com água residuária  
tratada/Anamaria de Sousa Duarte. - Campina Grande: UFCC, 2002.  
108 p.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - FCG/CCT/DEAG  
Inclui Bibliografia

1.Irrigação 2. Pimentão (*Capsicum annum*, L.) 3. Água Residuária  
I.Título

CDU: 631.67:633.8



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

ANAMARIA DE SOUSA DUARTE

Título: "Desenvolvimento do Pimentão Irrigado com Água Residuária Tratada."

BANCA EXAMINADORA

PARECER

*Vera Lucia Antunes de Lima*  
Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima-Orientadora

APROVADO

*Adrianus Cornelius van Haandel*  
Dr. Adrianus Cornelius van Haandel-Orientador

*Aprovado*

*Carlos Alberto Vieira de Azevedo*  
Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo-Examinador

*Aprovado*

*Silvana Nunes da Costa*  
Dra. Silvana Nunes da Costa-Examinadora

*Aprovado*

AGOSTO - 2002

Quanto vale um neto?

Quanto valem milhões de netos?

Quanto valem todos os filhos desses netos

e os filhos de seus filhos?

E quanto vale um meio ambiente saudável, seguro e produtivo,

em que eles todos possam morar?

**(Dee Hock)**

Aos meus pais, Maria e José, pelo amor incondicional, perseverança e honestidade;

Ao meu esposo, amigo e companheiro, Gustavo Henrique, por acreditar em mim, pelo apoio e pela paciência.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser maravilhoso para comigo;

A José Duarte e Maria Duarte, pelo empenho em minha educação;

A Gustavo Henrique, pelo apoio, incentivo e compreensão;

A Edmur, Stela, Mila, Catinha, Shirley e Maks, pela valorosíssima amizade;

Aos professores Vera Lucia Antunes de Lima e Adrianus van Haandel, pela orientação deste trabalho;

À Prof<sup>ª</sup>. Vera, pela paciência e compreensão;

Aos colegas do PROSAB, Romário, Nélia, Adriana, Iacer e Ivana, pela colaboração durante o experimento;

À Betânia, Calina, Patrícia, Paulo, Fredsom, Israel, Audenice, José Maria e Dona Maria pela valiosa ajuda e pelos momentos de descontração;

À secretária do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rivanilda, pela constante ajuda nos serviços burocráticos;

À Cristina, secretária do DEC/AESA, pelo empréstimo dos livros;

Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) e do Laboratório de Irrigação e Drenagem (LEID), pela colaboração e atenção dispensada;

À CAPES pelo suporte financeiro nos seis últimos meses de pesquisa.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivos avaliar a produtividade do pimentão irrigado (*Capsicum annuum*, L.) com água residuária tratada; as qualidades físico-químicas e microbiológicas das águas de irrigação antes e após a percolação no solo; as características químicas e microbiológicas do solo antes e após a irrigação; e a qualidade microbiológica do pimentão irrigado com água residuária tratada. O experimento foi realizado durante o decorrer do ano de 2001, no período de 19 de julho a 31 de dezembro. Cultivou-se duas variedades de pimentão, Yollo-Wonder e Rubi-Giant, as quais foram irrigadas por gotejamento, utilizando-se quatro tipos de água: água de abastecimento público (T1), efluente de lagoa de polimento utilizando filtro de areia (T2), efluente de lagoa de polimento utilizando filtro de discos (T3) e efluente do reator UASB utilizando filtro de areia (T4). Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados para as águas de irrigação foram pH, condutividade elétrica, macronutrientes, sólidos totais fixos e voláteis, helmintos e coliformes fecais. Para o solo foram analisados os seguintes parâmetros: pH, macronutrientes, micronutrientes, matéria orgânica, *Salmonella spp.* e coliformes fecais. Os parâmetros nutricionais avaliados para as plantas foram os macro e micronutrientes do tecido foliar, enquanto para os frutos, avaliou-se os parâmetros microbiológicos *Salmonella spp.* e coliformes fecais. Foram avaliadas, ainda, medidas de comprimento, medidas de superfície e os componentes de produção. Os valores da condutividade elétrica e do pH para as águas de irrigação variaram de leve a moderada, e de neutro a levemente básico, respectivamente. Os teores de cálcio existentes nas águas de irrigação se enquadraram dentro dos limites considerados normais, enquanto que o potássio e magnésio mantiveram-se acima dos valores adequados. As águas residuárias utilizadas nas irrigações apresentaram altos teores de nitrogênio amoniacal e ortofosfato solúvel, os quais variaram de 38,7 mg/l a 48,7 mg/l e de 4,53 mg/l a 5,18 mg/l, respectivamente. Quanto a avaliação microbiológica, os valores de coliformes fecais das águas residuárias ficaram acima do limite recomendado pela WHO (World Health Organization) (200 UFC/100 ml). As águas percoladas apresentaram um alto teor de nitrato, necessitando de atenção especial. Antes das irrigações, o solo utilizado no experimento mostrou uma leve pobreza de macronutrientes, com exceção do fósforo, micronutrientes e matéria orgânica, e após as irrigações, supriu-se a carência de grande parte dos macronutrientes dos solos irrigados com água residuária. No geral, as plantas mostraram, no tecido

foliar, teores de macronutrientes dentro dos limites considerados adequados, o mesmo não aconteceu para os micronutrientes. Quanto a avaliação microbiológica dos frutos, as concentrações de coliformes fecais e *Salmonella spp.* ficaram dentro dos limites recomendados, não representando riscos à saúde dos consumidores. Em relação à produtividade, as plantas irrigadas com água residuária tenderam a se manter dentro da faixa normal de produtividade que é de 20 a 40 t/ha, entretanto os tratamentos T2 e T4 mantiveram-se acima da média para a variedade Yollo-Wonder, e apresentaram produtividade igual a 65,2 t/ha e 45,0 t/ha, respectivamente.

## ABSTRACT

This work aims the evaluation of: the productivity of the pepper when irrigated with treated wastewater; the physical, chemical and microbiological qualities of the irrigation water, before and after the percolation of the soil; the physical, chemical and microbiological characteristics of the soil, before and after the application of the irrigation water; and the microbiological quality of the pepper's fruit irrigated with treated wastewater.

The experiment was carried out in the time period beginning at July 19<sup>th</sup> to December 31<sup>th</sup>, in 2001. Two different varieties of pepper were cultivated, Yollo-Wonder and Rubi-Giant, which were drop irrigated individually by four different water types: Campina Grande's water supply system (T1); polishing pond effluent with sand filter (T2); polishing pond effluent with cloth filter (T3); and UASB reactor effluent with sand filter (T4). The following physical, chemical and microbiological parameters were analyzed for the different irrigation waters: pH, electrical conductivity, ammoniacal nitrogen, nitrate, soluble orthophosphate, calcium, magnesium, potassium, total solids and fractions, fecal coliforms and Helminths. For the soil, the following parameters were analyzed: macronutrients, micronutrients, organic matter, *Salmonella spp.* and fecal coliforms. The analyzed nutritional parameters for the plants were the macronutrients and the micronutrients of the tissue of the plant's leaf, while for the pepper's fruits the microbiological parameters were analyzed, such as *Salmonella spp.* and fecal coliforms. The production components and length and surface measurements were also analyzed.

The electrical conductivity and pH values for the different irrigation waters varied from slightly to moderate and from neutral to slightly basic, respectively. The concentration of calcium was considered adequate for the irrigation waters, while the concentration of potassium and magnesium was above the recommended values. The wastewater used for irrigation presented elevated values of ammoniacal nitrogen and soluble orthophosphate, varying from 38,7mg/l to 48,7mg/l and from 4,53mg/l to 5,18mg/l, respectively. For the microbiological analyses, the concentration of fecal coliforms in the wastewater remained above the limit recommended by WHO (World Health Organization) (200 UFC/100ml). The percolated waters presented high levels of nitrate, which required special attention. Before the irrigation process, the soil had lack of micronutrients, organic matter and macronutrients, except phosphorus, and after the irrigation process, the wastewater based treatments supplied the soil with the required macronutrients. The

tissue of the plant's leaf presented adequate values of macronutrients, which did not happen for the case of micronutrients. The concentration of fecal coliforms and *Salmonella spp.* was below the limits recommended, which consequently does not represent health risk for consumers. The productivity of the plants irrigated with treated wastewater remained within the expected productivity range, which is from 20 to 40 t/ha, while the productivity of the plants using T2 and T4 treatments remained above the expected productivity for the Yollo-Wonder variety and presented values equal to 62,5 t/ha and 45,7 t/ha, respectively.

---

---

# Índice

---

---

# ÍNDICE

<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 - Introdução	2
1.2- Objetivos do Trabalho	4
1.2.1 - Objetivo geral	4
1.2.2 - Objetivos Específicos	4
<b>Revisão Bibliográfica</b>	<b>5</b>
2.1 - Origem e Composição das Águas Residuárias	6
2.2 - Por que tratar as Águas Residuárias ?	7
2.3 - Reuso de Águas Residuárias	8
2.4 - Reuso na Agricultura	9
2.4.1 - Vantagens e desvantagens do reuso de águas residuárias	11
2.5 - A Qualidade da Água para a Agricultura	12
2.5.1 - Qualidade da Água com Relação a Salinidade	14
2.5.2 - Qualidade da Água com Relação a Infiltração de Água	15
2.5.3 - Qualidade da Água com Relação a Toxicidade de Ions Específicos	16
2.5.4 - Qualidade da Água com Relação ao Excesso de Nitrogênio	17
2.5.5 - Qualidade da Água com Relação aos Metais Pesados	17
2.5.6 - Qualidade da Água com Relação aos Aspectos Bacteriológicos	18
2.5.6.1 - Coliformes totais e fecais	20
2.5.6.2 - Estreptococos fecais	21
2.5.6.3 - Sobrevivência dos microorganismos na água, no solo e na cultura	22
2.6 - Macro e micronutrientes nos solos e nas plantas	25
2.6.1 - Cálcio trocável	25
2.6.2 - Magnésio trocável	26
2.6.3 - Potássio trocável	27
2.6.4 - Sódio trocável	28
2.6.5 - Alumínio trocável e hidrogênio dissociado (Acidez Potencial)	29
2.6.6 - Fósforo assimilável	30
2.6.7 - Nitrogênio	32
2.6.8 - Cobre	33
2.6.9 - Ferro	33
2.6.9 - Manganês	34
2.6.10 - Zinco	34
2.7 - O Cultivo do Pimentão	35
<b>Material e Métodos</b>	<b>36</b>
3.1. - Localização do Experimento	37
3.2 - Sistema de Irrigação Utilizado	37
3.3 - Águas de irrigação	39
3.1 - Água de Abastecimento	39
3.2 - Águas Residuárias	39
3.4 - Cultura Utilizada	40
3.5 - Condução do Experimento	41
3.5.1 - Confeção e Montagem dos Lísímetros	41
3.5.2 - Preparo do Solo	41
3.5.3 - Plantio das Mudas	42
3.5.4 - Transplântio das Mudas	42
3.5.5 - Tratos Culturais	42
3.5.5.1 - Adubação	42
3.5.5.2 - Condução das plantas	43
3.5.5.3 - Tratos Fitossanitários	43
3.7 - Coleta das Amostras de Água, dos Frutos e do Solo	44
3.7.1 - Águas de irrigação e percoladas	44
3.7.2 - Solo	44
3.7.3 - Frutos	44

3.8 – Parâmetros Avaliados	45
3.8.1 – para a planta	45
3.8.2 – para as águas de irrigação	45
3.8.3 – para o solo	46
<b>Apresentação, análise e discussão dos resultados</b>	<b>47</b>
4.1 – Solo e Planta	48
4.1.1 – Parâmetros químicos	48
4.1.1.1 – Cálcio trocável	48
4.1.1.2 – Magnésio trocável	51
4.1.1.3 – Potássio trocável	53
4.1.1.4 – Sódio trocável	55
4.2.1.5 – Alumínio trocável e hidrogênio dissociado (Acidez Potencial)	55
4.1.1.6 – Fósforo assimilável	57
4.1.1.7 – Nitrogênio	59
4.1.1.8 – Matéria Orgânica	60
4.1.1.9 – Cobre	62
4.1.1.10 – Ferro	63
4.1.1.11 – Manganês	63
4.1.1.12 – Zinco	64
4.1.1.13 – pH	65
4.2 – Águas de irrigação	67
4.2.1 – Parâmetros físico-químicos	67
4.2.1.1 - pH	67
4.2.1.2 – Condutividade elétrica	69
4.2.1.3 – Ortofosfato solúvel	71
4.2.1.4 – Nitrogênio amoniacal (NH <sub>4</sub> )	72
4.2.1.5 - Nitrato	73
4.2.1.6 – Sólidos totais, fixos e voláteis	75
4.2.1.7 – Cálcio	77
4.2.1.8 – Magnésio	78
4.2.1.9 – Potássio	79
4.3 - Parâmetros microbiológicos	81
4.3.1 – Para as águas de irrigação	81
4.3.1.1 – Coliformes fecais	81
4.3.1.2 – Helmintos	82
4.3.2 – Para o solo	83
4.3.2.1 – Coliformes fecais e Salmonella spp.	83
4.3.3 – para os frutos	84
4.3.3.1 – Coliformes fecais e Salmonella spp.	84
4.3 – Medidas de Crescimento e de Superfície	86
4.3.1 – Altura de planta e diâmetro do caule	86
4.3.2 – Número de folhas e área foliar	87
4.4 – Componentes de produção	93
<b>Conclusões</b>	<b>98</b>
5.0 - Conclusões	99
<b>Recomendações</b>	<b>101</b>
6.0 – Recomendações	102
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>103</b>
7.0 – Referências Bibliográficas	104

---

---

## Lista de Tabelas

---

---

<i>Tabela 2.1 - Diretrizes para a interpretação da qualidade de água para irrigação</i>	13
<i>Tabela 2.2 - Concentrações máximas de metais pesados recomendáveis para a irrigação</i>	19
<i>Tabela 2.3 - Período de sobrevivência dos microorganismos patogênicos para as águas residuárias, o solo e a cultura</i>	24
<i>Tabela 3.1: Características Operacionais da Lagoa de Polimento</i>	40
<i>Tabela 3.2 Características Operacionais do Reator UASB</i>	40
<i>Tabela 3.3: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos para a avaliação da qualidade das águas de irrigação e das águas percoladas.</i>	46
<i>Tabela 3.4: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos para a avaliação da qualidade do solo antes e após a irrigação.</i>	46
<i>Tabela 4.1 – Resultados da análise química do solo antes e após a irrigação com água de abastecimento e água residuária aos noventa dias (floração/frutificação).</i>	50
<i>Tabela 4.2 – Resultados da análise química do solo antes e após a irrigação com água de abastecimento e água residuária ao final do experimento.</i>	50
<i>Tabela 4.3 - Resultados médios dos teores de macronutrientes e micronutrientes existentes no tecido foliar das variedades Yollo-wonder e Rubi-Giant para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao final do experimento</i>	51
<i>Tabela 4.4 – Resultados médios, mínimos e máximos da qualidade das águas dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após as irrigações.</i>	68
<i>Tabela 4.5–Resultados médios, máximos e mínimos da qualidade microbiológica das águas de abastecimento e residuária antes e após as irrigações para os tratamentos T1, T2, T3 e T4.</i>	82
<i>Tabela 4.6 – Resultados qualitativos dos parâmetros microbiológicos analisados para o solo antes e após as irrigações para os tratamentos T1, T2, T3 e T4.</i>	84
<i>Tabela 4.7 – Resultados médios dos parâmetros microbiológicos analisados para os frutos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4.</i>	84
<i>Tabela 4.8 –Componentes da produção das variedades Yollo-Wonder e Rubi-Giant cultivadas durante o experimento para os tratamentos T1, T2, T3 e T4.</i>	93

---

---

## Lista de Figuras

---

---

<i>Figura 4.0 – Vista superior da montagem do experimento.</i>	38
<i>Figura 4.1 – Valores de cálcio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.</i>	49
<i>Figura 4.2 - Valores de cálcio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.</i>	49
<i>Figura 4.3 - Valores de magnésio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.</i>	52
<i>Figura 4.4 - Valores de magnésio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.</i>	52
<i>Figura 4.5 - Valores de potássio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.</i>	54
<i>Figura 4.6 - Valores de potássio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.</i>	54
<i>Figura 4.7 - Valores de sódio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.</i>	56
<i>Figura 4.8 - Valores de sódio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.</i>	56
<i>Figura 4.9 - Valores de fósforo assimilável (mg/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.</i>	58
<i>Figura 4.10 - Valores de fósforo assimilável (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.</i>	59
<i>Figura 4.11 - Valores da matéria orgânica (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.</i>	61
<i>Figura 4.12 - Valores de matéria orgânica (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.</i>	62
<i>Figura 4.13 - Valores do pH dos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.</i>	66
<i>Figura 4.14 – Valores médios do pH para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.</i>	69
<i>Figura 4.15 - Valores médios da CE (micromhos/cm) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.</i>	70
<i>Figura 4.16- Valores médios de ortofosfato solúvel (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.</i>	72
<i>Figura 4.17 - Valores médios do nitrogênio amoniacal (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.</i>	73
<i>Figura 4.18- Valores médios do nitrato (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.</i>	75
<i>Figura 4.19 - Valores médios de sólidos totais, fixos e voláteis (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.</i>	77
<i>Figura 4.20 - Valores médios de cálcio (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.</i>	78
<i>Figura 4.21 - Valores médios magnésio (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.</i>	79
<i>Figura 4.22- Valores médios de potássio (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.</i>	80
<i>Figura 4.23 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T1.</i>	88
<i>Figura 4.24 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T2.</i>	88

Figura 4.25 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T3.	88
Figura 4.26 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T4.	88
Figura 4.27 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Rubi-Giant dos tratamentos T1.	89
Figura 4.28 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Rubi-Giant dos tratamentos T2.	89
Figura 4.29 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Rubi-Giant dos tratamentos T3.	89
Figura 4.30 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Rubi-Giant dos tratamentos T4.	89
Figura 4.31 - Desenvolvimento área foliar (cm <sup>2</sup> ) e do número de folhas para a variedade Yollo-Wonder do tratamento T1.	91
Figura 4.32 - Desenvolvimento área foliar (cm <sup>2</sup> ) e do número de folhas para a variedade Yollo-Wonder do tratamento T2.	91
Figura 4.33 - Desenvolvimento área foliar (cm <sup>2</sup> ) e do número de folhas para a variedade Yollo-Wonder do tratamento T3.	91
Figura 4.34 - Desenvolvimento área foliar (cm <sup>2</sup> ) e do número de folhas para a variedade Yollo-Wonder do tratamento T4.	91
Figura 4.35 - Desenvolvimento área foliar (cm <sup>2</sup> ) e do número de plantas para a variedade Rubi-Giant do tratamento T1.	92
Figura 4.36 - Desenvolvimento área foliar (cm <sup>2</sup> ) e do número de plantas para a variedade Rubi-Giant do tratamento T2.	92
Figura 4.37 - Desenvolvimento área foliar (cm <sup>2</sup> ) e do número de plantas para a variedade Rubi-Giant do tratamento T3.	92
Figura 4.38 - Desenvolvimento área foliar (cm <sup>2</sup> ) e do número de plantas para a variedade Rubi-Giant do tratamento T4.	92
Figura 4.39 - Valor médio e percentual médio de frutos por planta para variedade Yollo-Wonder.	96
Figura 4.40 - Valor médio e percentual médio de frutos por planta para variedade Rubi-Giant.	96
Figura 4.41 - Valor médio e percentual médio do peso dos frutos por planta para variedade Yollo-Wonder.	96
Figura 4.42 - Valor médio e percentual médio do peso dos frutos por planta para variedade Rubi-Giant.	96
Figura 4.43 - Valor médio e percentual médio da produção (Kg) de frutos por planta para variedade Yollo-Wonder.	97
Figura 4.44 - Valor médio e percentual médio da produção (Kg) de frutos por planta para variedade Rubi-Giant.	97
Figura 4.45 - Valor médio e percentual médio do rendimento (t/ha) de frutos por tratamento para variedade Yollo-Wonder.	97
Figura 4.46 - Valor médio e percentual médio do rendimento (t/ha) de frutos por tratamento para variedade Rubi-Giant.	97

---

---

# Introdução

---

---

## 1.1 - INTRODUÇÃO

A região nordeste caracteriza-se pelo clima semi-árido, escassez de precipitação pluviométrica e altas taxas de evaporação, e quase todos os Estados apresentam estas características, com exceção do sul da Bahia e do estado do Maranhão.

A região paraibana, em especial, as microregiões do Agreste da Borborema (CAMPINA GRANDE) e dos Cariris Velhos (BOQUEIRÃO) apresentam as mesmas características climáticas. O clima é semi-árido quente, a precipitação média anual é de 479,0 mm, para o agreste, e de 239,7 mm para a região dos Cariris Velhos; a temperatura média para as duas regiões é em torno a 27,3°C (LMRS, 1999).

Nos últimos anos, estas regiões vem sofrendo com a escassez de água, devido aos constantes anos de seca, provenientes da falta de precipitação e uma grande taxa de evaporação, o que constitui uma diminuição no nível dos reservatórios das regiões. Como conseqüências severas pode-se citar a falta de água para o abastecimento público e irrigação das cidades pólos e cidades circunvizinhas, êxodo rural, empobrecimento econômico e social das duas regiões.

A questão da escassez de recursos hídricos não existe só no Brasil, é um problema de cunho mundial. Muitos países padecem com a falta de água potável, tanto para o consumo humano, como para irrigação e outros fins. Com isto, diversos países são forçados a praticar a reciclagem da água que utilizam diariamente, surgindo, assim, o reuso de águas residuárias. Diversos países, como por exemplo, Namíbia, Austrália, Estados Unidos, Israel, Peru e México reutilizam seus esgotos, seja para fins potáveis, para agricultura ou indústrias. No Brasil, a prática do reuso de águas residuária é ainda pequena, podendo no futuro próximo ser difundida em virtude das necessidades de água.

Entretanto, a falta de recursos hídricos, principalmente, os de boa qualidade, tem levado à prática indiscriminada de irrigação com águas de córregos, barreiros, açudes e rios, que na maioria das vezes estão contaminadas com esgotos domésticos ou por atividades industriais e agropastoris. Os agentes contaminadores mais freqüentemente encontrados nas águas são os compostos nitrogenados e fosfatados provenientes da adubação excessiva, os quais são facilmente lixiviados e transportados pelas águas das chuvas até os corpos aquáticos, favorecendo a eutrofização destes (Barros, 1997).

Segundo Ayers e Westcot (1991), além dos nutrientes, deve-se fazer um controle rigoroso do teor de compostos como cloretos, carbonatos, bicarbonatos e sulfatos, bem como de elementos como sódio, potássio e magnésio em qualquer água a ser utilizada

para irrigação, sob pena de problemas futuros como salinização do solo e queda de rendimentos.

Segundo Hammer (1997), para assegurar a qualidade dos esgotos domésticos e industriais a serem reutilizados, é necessário planejar um bom tratamento e controlar a qualidade do efluente, avaliando os aspectos físicos, químicos e bacteriológico do mesmo, para que assim estejam dentro dos critérios exigidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Atualmente, existem muitos sistemas de tratamento de esgotos, como por exemplo o tratamento anaeróbio com digestores anaeróbios de fluxo ascendente (DAFA) e as lagoas de estabilizações com suas variantes. Muitos países, utilizam os efluentes tratados por lagoas de estabilização em série em diversas atividades, destacando-se a irrigação, a criação de peixes e a produção de algas, pois o sistema de lagoas de estabilização, quando em perfeitas condições de funcionamento promovem uma boa remoção de patógenos, nutrientes e matéria orgânica (Santos,1997).

É notório que um meio de amenizar o problema ocasionado pela escassez de água potável seria o reuso de águas residuárias, principalmente, para fins agrícolas. Segundo Léon & Cavalinni (1996), o uso de efluente pode aumentar a produtividade agrícola devido ao alto conteúdo de nutrientes existente nas águas residuárias aumentando, assim, a produtividade. Entretanto, o uso de águas residuárias pode causar sérios problemas nos sistemas de irrigação, os altos teores de cálcio, magnésio e ferro podem causar incrustações nas canalizações dos sistema. Outro problema, principalmente, na irrigação pressurizada é a obstrução do emissor devido a grande concentração de sólidos e biomassa de algas presente no efluente. Entretanto, tratamentos físico-químicos podem diminuir o efeito da obstrução nos emissores.

Logo, a utilização de água residuária para irrigação deve ser feita de maneira criteriosa, por isso a avaliação físico-química e microbiológica destas águas é de extrema importância, pois desta forma pode-se evitar a contaminação das culturas e de seus consumidores, dos solos, dos corpos aquáticos, das águas subterrâneas, enfim, do meio ambiente como um todo, e com isto, pode-se obter bons rendimentos, menores custos e produtos de boa qualidade.

## **1.2– OBJETIVOS DO TRABALHO**

### **1.2.1 – Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento do pimentão (*Capsicum annuum*, L.) irrigado com água residuária tratada.

### **1.2.2 - Objetivos Específicos**

1. Analisar as características químicas e microbiológicas do solo antes e após a aplicação das águas de irrigação;
2. Avaliar as qualidades físico-químicas e microbiológicas das águas de irrigação utilizadas antes e após a percolação no solo;
3. Avaliar a qualidade microbiológica do pimentão irrigado com água residuária tratada;
4. Avaliar a produtividade do pimentão irrigado (*Capsicum annuum*, L.) com água residuária tratada.

---

---

## Revisão Bibliográfica

---

---

## 2.1 – ORIGEM E COMPOSIÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

As águas residuárias são águas servidas de uma comunidade resultante de diversas modalidades de uso. A sua classificação é feita segundo sua origem e divide-se em: domésticas, industriais, pluviais e de áreas agrícolas (von Sperling, 1996).

Para von Sperling (1996), as águas residuárias são águas poluídas pela adição de substâncias ou formas de energia, que direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos.

As águas residuárias se classificam segundo sua origem, e podem ser:

**Domésticas** – São aquelas que foram utilizadas para fins higiênicos provenientes de construções habitadas por seres humanos, como também de prédios públicos e comerciais;

**Industriais** – São as águas provenientes de pequenas fábricas, indústrias e grandes pólos industriais;

**Áreas agrícolas** – São as águas resultantes da irrigação realizadas nas grandes extensões agrícolas;

**Pluviais** – São as águas resultantes do escoamento superficial;

**Infiltração e vazões adicionais** – São as águas provenientes do volume de água que se infiltra no subsolo, e das águas das chuvas que são descarregadas de várias fontes, como calhas, drenos e coletores.

As águas residuárias domésticas são geralmente perenes, e sua composição é essencialmente orgânica e relativamente constante quando existe controle domiciliar de águas (Mendonça, 1990).

Segundo Mara e Cairncross (1989), cada indivíduo gera 1,8 L de excretas diariamente, correspondendo a 350 gramas de sólidos secos, incluindo 90 gramas de matéria orgânica, 20 gramas de nitrogênio e outros nutrientes como potássio e fósforo.

As águas residuárias domésticas contém 99% de água, e a fração restante é constituída dos sólidos orgânicos, inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como dos microorganismos, e é por causa desta fração que há a necessidade de se tratar as águas residuárias (von Sperling, 1996).

A concentração de sólidos existente nas águas residuárias é de grande importância na elaboração do projeto, operação e manutenção das estações de tratamento de esgotos. Além disso, a quantidade e qualidade do material sólido encontrado nas águas residuárias depende da comunidade servida e de seus hábitos, pois muitos dos sólidos encontrados freqüentemente nos despejos não

deveriam fazer parte de sua composição. Esta parte de material sólido denomina-se sólidos grosseiros, e são compostos por penas de galinha, sabugos de milho, artefatos de plástico e vidro, entre outros.

Além dos sólidos grosseiros encontrados nos despejos domésticos, existem os sólidos inorgânicos, os quais representam 30% da quantidade de material sólido presente nos despejos. Os sólidos inorgânicos são compostos por partículas de areia, sais e metais que podem acarretar abrasão excessiva nas tubulações, válvulas registros e bombas, entupimentos e obstruções nas tubulações, formação de depósitos de material inerte nos decantadores, digestores e reatores biológicos.

O material sólido orgânico presente nos despejos domésticos representam 70% do material sólido existente, e é constituído por carboidratos, gorduras, óleos, graxas, proteínas e outros materiais menos denso que a água, os quais podem causar o esvaziamento das fontes de oxigênio e o desenvolvimento de condições sépticas.

Segundo Mendonça (1990), o poder poluente da águas residuárias domésticas será maior, quanto mais elevada for a concentração de matéria orgânica, e esta concentração é medida principalmente pela DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica e Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio).

A composição e a concentração das águas residuárias de uma comunidade dependem da sua economia, hábitos alimentares, da qualidade e da quantidade de água consumida por esta comunidade. Em países, onde o consumo de água é alto (350 L/hab.dia a 400 L/hab.dia), a concentração das águas residuárias é fraca (a DBO<sub>5</sub> varia de 200 a 250 mg/L), enquanto nos países tropicais, onde o consumo de água é bem menor (40 L/hab.dia a 100 L/hab.dia) a concentração das águas residuárias é forte (a DBO<sub>5</sub> varia de 400 mg/L a 700 g/L) (Mendonça, 1990).

No Brasil, a variação da contribuição per capita de DBO<sub>5</sub> varia de 39 g/hab.dia a 54 g/hab.dia, e na cidade de Campina Grande a concentração da DBO<sub>5</sub> é de 288 mg/L (Mara, 1974). Entretanto, em pesquisas recentes, constatou-se que o valor médio da DBO<sub>5</sub> decresceu para 232 mg/L na mesma cidade.

## **2.2 – POR QUE TRATAR AS ÁGUAS RESIDUÁRIAS ?**

Basicamente, porque as águas residuárias quando não tratadas, são um perigo para a saúde humana e para o meio ambiente onde são lançadas.

O grande volume de águas residuárias produzido pela população e pela expansão das atividades agro-industriais, muitas vezes são lançados sem nenhum tipo de tratamento nos cursos d'água que cortam as cidades, provocando diversos efeitos como a poluição do meio ambiente, a morte dos corpos receptores e a propagação de doenças na população e nos animais que mantêm contato com estas águas.

Entretanto, quando o tratamento das águas residuárias é adequado, estas podem alcançar um nível de depuração aceitável, sendo possível evitar a poluição dos corpos aquáticos e do meio ambiente em geral, bem como combater o avanço das doenças de veiculação hídrica (Mara, 1976).

Para Shuval et al. (1985), as águas residuárias tratadas podem ser empregadas em vários tipos de atividades, como agricultura, indústria e aquicultura, desde que as normas de regulamentações para o reuso de águas sejam obedecidas.

### **2.3 – REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS**

A disponibilidade e a qualidade da água utilizada para as diversas atividades humanas estão diretamente ligadas ao crescimento populacional. Mundialmente, a água é recurso natural escasso e dela depende toda forma de vida existente na Biosfera (Ehrlich & Ehrlich, 1974).

O volume total de água disponível é avaliado em  $1,36 \times 10^{18} \text{ m}^3$ , estando apenas 0,8% à disposição do homem, em lençóis subterrâneos, lagos, rios, córregos e riachos (von Sperling, 1996). Mesmo sendo a água um recurso escasso e de grande valor, o consumo à nível mundial vem aumentando consideravelmente, devido ao crescimento populacional e ao aumento da demanda de água utilizada nas indústrias e na agricultura.

A escassez generalizada de água, os custos onerosos para a construção, manutenção e desenvolvimento de novas fontes de abastecimento, bem como todos os impostos que incidem sobre a comercialização da água fazem com que seja imprescindível a conservação dos recursos naturais existentes (Mara, 1976).

Uma solução para amenizar estes problemas, segundo Shuval et al. (1985), é reutilizar as águas residuárias tratadas em diversas atividades, desde que sejam seguidos os padrões recomendados.

O reuso de águas residuárias vem sendo amplamente difundido pelo mundo, e é definido como a prática da reutilização de esgotos produzidos pelas atividades domésticas e industriais. Quando se reutiliza as águas residuárias, se faz necessário ter total conhecimento de

suas características físicas, químicas e microbiológicas. Pois assim, é fácil escolher as atividades em que estas águas poderão ser empregadas, evitando malefícios aos que dela usufruem.

Segundo Feigin et al (1991), o reuso de águas residuárias é empregado em diversas atividades, tais como resfriamento de águas nas indústrias, recarga de aquíferos, água potável para uso doméstico, irrigação paisagística e de produtos agrícolas.

Apesar do reuso planejado ser amplamente difundido e utilizado mundialmente, no Brasil, mesmo com toda escassez dos recursos hídricos em algumas regiões, esta prática não tem sido utilizada intensivamente.

No Brasil, existem poucos registros do reuso de efluentes tratados em diversas atividades, principalmente na agricultura. Entretanto, isto não quer dizer que não haja a prática informal desta atividade. De acordo com Bastos & Mara (1993), a falta de sistemas de tratamento de esgotos na maioria dos municípios das cidades brasileiras, a falta de mananciais com água de boa qualidade, pois muitos deles são corpos receptores de esgotos, e a escassez de água de boa qualidade favorecem a prática do reuso indiscriminado de águas residuárias.

No Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, desde 1983 é praticado o reuso planejado de efluentes tratados provenientes do Pólo Petroquímico do Sul. Este efluente é utilizado para irrigação de uma área de 225 hectares, onde se cultiva capim e cana-de-açúcar (Cavalcante, 1997).

No campo industrial, em comparação com o campo agrícola, o reuso ainda é pouco praticado, sendo reutilizados efluentes para resfriamento de torres e caldeiras, combate a incêndios e lavagem de pisos (Barros, 1997).

Um bom planejamento na prática do reuso permite que haja continuidade das atividades exercidas pelo homem, sobretudo a agricultura, já que tal atividade vem sendo diretamente afetada pela grande escassez de água. Além disso, o reuso de águas residuárias na agricultura não proporciona só o volume de água exigido pelas plantas, mas também os nutrientes que estas necessitam para se desenvolver, bem como proporciona economia de água, podendo, assim, ser empregada em atividades mais nobres.

## **2.4 – REUSO NA AGRICULTURA**

A prática de colocar dejetos humanos e de animais no solo como fertilizante, e para a aquicultura é bastante antiga nos países do sul asiático, principalmente na China. Em épocas remotas, em Atenas (a.C.), utilizavam-se esgotos para a irrigação, e há registros de que durante a Idade Média, empregava-se o reuso na Alemanha e na Escócia ( Shuval et al., 1985).

A disposição de esgoto no solo originou as fazendas de esgotos situadas em alguns países da Europa. Na Inglaterra, em 1850, foi aprovada a prática do reuso pela Comissão Real da Disposição de Esgoto. Esta comissão recomendou o uso de filtros construídos artificialmente para purificar o esgoto, antes deste ser usado na irrigação. Em 1868, na França, implantou-se um sistema de coleta de esgotos, e quatro anos depois, irrigavam-se novecentos hectares com parte dos esgotos de Paris. Na mesma época, na Alemanha, irrigava-se com esgoto tratado centeio, trigo, cevada, aveia, milho, batata, beterraba e cenoura. Na Austrália, precisamente em Melbourne, implantou-se a Fazenda Werribee, com intuito de descartar e tratar seu esgoto antes de utilizá-lo na irrigação de plantas forrageiras para a alimentação de bovinos e ovinos. Até hoje, este empreendimento é bem sucedido e atualmente, irrigam-se 10.000 ha com efluente proveniente do maior sistema de lagoas de estabilização do mundo. Nos EUA, os primeiros projetos de reuso foram criados em 1880, e o principal tratamento de esgoto era a disposição no solo (König et al., 1997).

Entretanto, no início do século XX, as fazendas de esgotos foram abandonadas nos EUA e na Europa, devido a explosão populacional e ao processo de industrialização que acarretou um aumento no volume de esgoto produzido, inviabilizando o tratamento dos esgotos através de sua disposição no solo, já que não se disponibilizava mais de grandes extensões de terra. Além disso, havia uma grande preocupação com a saúde pública, pois fatores como odores desagradáveis, disseminação de doenças através do consumo de água, ou vegetais contaminados afetavam a saúde de trabalhadores e consumidores.

Apesar dos problemas que ocorreram, a escassez de recursos hídricos, sobretudo nas zonas áridas e semi-áridas, fez com que o homem recorresse novamente a prática do reuso de esgotos. Porém, desta vez, houve a busca de métodos e técnicas de tratamento de esgotos que fossem eficientes, baratos e que não causassem riscos a saúde humana, ou a poluição do meio ambiente.

Segundo Araújo (1999), o reuso de águas tratadas tem sido praticado mundialmente, principalmente em regiões áridas ou semi-áridas, como pode-se confirmar nos casos a seguir:

1. **México** – são irrigados, na cidade do México, 80.000 ha de milho, alfafa, cevada e aveia com esgoto bruto;
2. **Tunísia** – Em Tunis, irrigam-se citros com esgoto tratado convencionalmente;
3. **Arábia Saudita** – Em Riyadh e Dirab, irriga-se uma área de 2.500 ha de trigo e pastagens com esgoto tratado;
4. **Estados Unidos** – Na Califórnia, são irrigados 5.000 ha de verduras;
5. **Chile** – em Santiago, utiliza-se esgoto não tratado para a irrigação de uma área de 16.000 ha cultivados com verduras e hortaliças;

## 6. Israel – Recicla 70% de seus esgotos, e reverte parte para irrigação.

No Brasil, a prática planejada do reuso é pequena e se resume a algumas experiências isoladas em cidades do Rio Grande do Sul, São Paulo e Ceará. Além disso, o Brasil não possui uma política própria de regulamentação para a prática do reuso, utilizando então, normas recomendadas por órgãos como a OMS, ou as normas para uso de águas recomendadas pelo CONAMA.

### 2.4.1 – Vantagens e desvantagens do reuso de águas residuárias

Segundo WHO (1989), dentre as vantagens do reuso de águas residuárias, pode-se citar:

- obtenção de um efluente de melhor qualidade;
- recuperação e economia de água;
- alto poder fertilizante do efluente, pois este possui macro e micronutrientes em abundância, podendo ser disponibilizados para as plantas;
- formação de húmus, devido a mineralização da matéria orgânica presente no esgoto;
- redução ou eliminação da poluição ambiental.

Como desvantagens pode-se citar:

- presença excessiva de nitrogênio, podendo comprometer as culturas;
- elevados teores de sais contido nas águas de irrigação, podendo salinizar o solo e prejudicar o rendimento das culturas;
- presença de íons como sódio, boro e cloretos, os quais são tóxicos às culturas;
- riscos de contaminação, devido aos organismos patogênicos, para o trabalhador e para o consumidor dos produtos irrigados.

Contudo, um bom manejo do conjunto solo, água e planta é capaz de amenizar os problemas provocados pelo o uso das águas residuárias. Quanto a saúde dos trabalhadores e consumidores, é necessário realizar uma boa manutenção do sistema de tratamento de águas residuárias, escolher o sistema de irrigação adequado para a cultura a ser cultivada, não manusear o sistema quando o mesmo estiver funcionando, e se manuseá-lo, usar luvas e/ou botas. Além disso, respeitar as normas para a reutilização de águas residuárias, e fazer assepsia dos produtos a serem consumidos.

## 2.5 – A QUALIDADE DA ÁGUA PARA A AGRICULTURA

A qualidade da água é de extrema importância para a irrigação, pois a agricultura irrigada depende tanto deste fator, quanto da quantidade de água utilizada para a irrigação. No passado, o fator qualidade não era visto como prioridade, pois as fontes d'água eram abundantes e de boa qualidade (Ayers & Westcot, 1991).

Todavia, o uso intensivo de quase todas as águas de boa qualidade implicou na diminuição ou falta deste bem precioso, e provocou, pois muitos usuários não têm escolha, a utilização de águas de qualidade inferior. Para evitar problemas com a utilização destas águas, deve-se planejar bem o seu uso, de acordo com suas qualidades e onde serão empregadas.

O conceito de qualidade de água refere-se às suas características, as quais podem ser ou não aceitas pelo consumidor, dependendo de suas necessidades. A qualidade de uma água define-se por uma ou mais características físicas, químicas e biológicas. Geralmente, para as águas de irrigação, a qualidade é definida pela concentração dos sais dissolvidos e pela composição iônica, entretanto de acordo com Araújo (1999), as águas de irrigação devem ser analisadas em relação aos parâmetros fundamentais como salinidade, sodicidade, toxidez, concentração de ions e aspectos sanitários.

Com intuito de avaliar a qualidade das águas de irrigação e seus efeitos na produção das culturas, foram elaboradas diretrizes fundamentadas em diretrizes preparadas pela Universidade da Califórnia em 1974 e em pesquisas mais recentes.

Segundo de Lima (1998), considerando a qualidade das águas de irrigação sobre o rendimento das culturas, as características físico-químicas do solo e mudanças do meio ambiente, Ayers & Westcot (1991) classificaram as águas para irrigação em três grupos: sem restrição ao uso, com restrição leve a moderada e com restrição severa (Tabela 2.1). Entre os parâmetros utilizados nesta classificação, destacam-se a salinidade, a sodicidade, a toxidez, efeitos diversos e o pH.

**Tabela 2.1 - Diretrizes para a interpretação da qualidade de água para irrigação**

Problema Potencial	Unidades	Grau de restrição ao uso		
		Nenhum	Leve a moderado	Severo
<b>Salinidade</b>				
CEa <sup>1</sup>	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
SDT <sup>2</sup>	mg/L	< 450	450 – 2000	> 2000
<b>Infiltração</b>				
RAS <sup>3</sup> = 0 – 3 e CEa		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
= 3 – 6		> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
= 6 – 12		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
= 12 – 20		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
= 20 – 40		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
<b>Toxicidade de íons específicos</b>				
<b>Sódio (Na)</b>				
Irrigação por superfície	RAS	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão	meq/L	< 3,0	> 3	
<b>Cloretos (Cl)</b>				
Irrigação por superfície	meq/L	< 4,0	4,0 – 10,0	> 10,0
Irrigação por aspersão	meq/L	< 3,0	> 3,0	
<b>Boro (B)</b>	mg/L	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
<b>OUTROS</b>				
<b>Nitrogênio (NO<sub>3</sub> – N)<sup>4</sup></b>	mg/L	< 5,0	5,0 – 30,0	> 30,0
<b>Bicarbonatos (HCO<sub>3</sub>)</b>	meq/L	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
<b>PH</b>		Faixa normal: 6,50 – 8,40		

Fonte: Ayers & Westcot, 1991.

- 1 Condutividade elétrica da água medida a 25 ° C, expressa em deciSiemens por metro;
- 2 Sólidos dissolvidos totais;
- 3 RAS – Relação de Adsorção de Sódio;
- 4 Nitrogênio expresso na forma de nitrato expressos em termos de nitrogênio elementar.

### 2.5.1 – Qualidade da Água com Relação a Salinidade

A salinidade da água ou do solo está diretamente ligada ao teor de sais contidos nestes, e a elevação do teor de sais reduz a disponibilidade de água para as plantas. Quando a solução do solo possui muitos sais, o rendimento das culturas é afetado significativamente, pois as plantas ficam sob um estado de estresse hídrico causado pela salinidade e não conseguem extrair água suficiente da zona radicular. Como a planta não consegue retirar água suficiente, esta diminui de tamanho, murcha, apresenta coloração verde-azulado escuro e folhas cerosas com espessura maior que o normal, e geralmente, estes sintomas levam ao falso diagnóstico de falta de água, o que complica ainda mais o estado da planta e do solo, já que existe a tendência de irrigar para compensar esta aparente falta de água.

Os sais que contribuem para criar problemas de salinidade são solúveis e facilmente transportados pela água. Uma parte dos sais acumulados no solo por irrigações anteriores pode ser lixiviada além da zona radicular, sempre e quando for aplicada uma fração de água maior do que a planta necessita.

O teor de sais na zona radicular varia de acordo com a profundidade. Pouco tempo após a irrigação, a concentração de sais na superfície é aproximadamente igual da água de irrigação, e isto ocorre devido a concentração de sais existentes na zona radicular da planta, provocada pela a intensa evapotranspiração da água de irrigação pela cultura. Os sais presentes na zona radicular são deslocados para parte inferior da camada de solo devido as irrigações, onde se acumulam para serem lixiviados em maiores profundidades (Ayers e Westcot, 1991).

Nem todas as culturas respondem bem à salinidade. Algumas culturas possuem uma grande capacidade de adaptação osmótica e conseguem retirar a água em condições de alta salinidade, produzindo, assim, rendimentos aceitáveis. Todavia, existem outras culturas que não possuem esta adaptação e acabam tendo baixos rendimentos. Culturas como beterraba, algodão, milho, sorgo e trigo produzem bem a água salinas, enquanto que feijão, cebola, cenoura, morango, abacate, manga e maracujá são extremamente sensíveis.

Para evitar que os sais se acumulem em concentrações maléficas nas plantas, é necessário lixiviar quantidades de sais igual ou maior a aplicada através da água de irrigação. Este volume de água colocado a mais, chama-se de fração de lixiviação e depende da qualidade da água de irrigação e da tolerância da cultura à salinidade. Além da lixiviação dos sais, outras práticas podem evitar ou atenuar a salinidade, dentre muitas, tem-se substituição das culturas, irrigações mais frequentes, drenagem do solo, terraceamento, nivelamento do solo, rebaixamento do lençol

freático, cuidados com aplicação de fertilizantes, métodos de irrigação e métodos de semeadura adequados (Ayers e Westcot, 1991).

Segundo (Ayers e Westcot, 1991), para a cultura do pimentão, as águas com condutividade elétrica maior que 1,5 dS/m podem causar uma queda de 10% no rendimento potencial, e quanto maior a salinidade das águas utilizadas para irrigação menor será o rendimento.

### **2.5.2 – Qualidade da Água com Relação a Infiltração de Água**

A infiltração refere-se à facilidade com que a água atravessa a superfície do solo, e é medida em termos de velocidade (Ayers e Westcot, 1991).

Existem problemas relacionados à qualidade da água, quando a velocidade de infiltração da água de irrigação ou da chuva se reduz drasticamente, e como consequência pode haver alagamento da camada superior do solo, propiciando aparecimento de pragas, doenças fúngicas, ervas daninhas, problemas de má germinação, transtornos com a nutrição, falta de aeração e, principalmente, a falta de água no sistema radicular, causando estresse para a planta, pois esta não tem como extrair a água do solo.

O efeito da redução da infiltração da água é similar ao efeito causado pela a salinidade, pois em ambos os casos, ocorre uma diminuição de suprimento de água para as plantas, só que por razões diferentes. No problema de infiltração, a planta é penalizada porque não tem água disponível para o sistema radicular retirar, enquanto que no problema com a salinidade, existe água disponível no seu sistema radicular, mas a planta não consegue extrair a água, devido as forças que retêm a água no solo serem superior as forças de extração das raízes.

A infiltração da água nos solos varia bastante e depende da qualidade da água de irrigação, características físicas do solo, como porosidade, estrutura, grau de compactação e teor de matéria orgânica, bem como de suas características químicas, incluindo-se os cátions trocáveis.

A diminuição da infiltração, frequentemente, é condicionada ao problema da sodicidade. Segundo de Lima (1998), a sodicidade refere-se à elevada atividade do íon sódio, em relação aos íons cálcio e magnésio. Quando há presença excessiva de sódio na solução do solo, ocorre a desagregação e a dispersão dos minerais de argila em partículas muito pequenas que causam a obstrução dos poros do solo. Com as sucessivas irrigações, forma-se uma camada impermeável, reduzindo a permeabilidade do solo, e conseqüentemente, a infiltração.

A sodicidade da água é geralmente estimada através da razão de adsorção de sódio, RAS, conforme a equação:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (1)$$

Os tratamentos para solucionar problemas de infiltração podem ser físico ou químico, incluindo a adição de corretivos como o gesso, com intuito de modificar e melhorar a estrutura do solo, ou a mistura de duas ou mais águas de qualidades diferentes, melhorando assim a qualidade da água de irrigação. Existem ainda, os corretivos ácidos, como enxofre, que por meio de oxidação, transforma-se em ácido sulfúrico e reage com o calcário existente no solo, liberando assim, o cálcio. Entretanto, o processo de oxidação é lento e requer sólidos úmidos, quentes e bem arejados. Um manejo bem adequado do sistema de irrigação, como irrigações mais freqüentes, prolongamento das irrigações e irrigações no pré-plantio, bem como os tratos culturais como aração e aplicação de resíduos orgânicos, complementam os métodos químicos e físicos, resolvendo os problemas de infiltração.

Para as águas de irrigação, segundo Ayers e Westcot (1991), os teores recomendados de cálcio e magnésio são 400 mg/L e 60 mg/L, respectivamente.

### 2.5.3 – Qualidade da Água com Relação a Toxicidade de Ions Específicos

Além dos riscos relacionados à salinidade e à sodicidade já citados, existem determinados ions que podem ser tóxicos para algumas culturas. Isto ocorre quando estes ions presente na solução do solo estão em concentrações acima daquelas toleradas por estas culturas.

Os problemas de toxicidade e salinidade são diferentes, a toxicidade não é originada pela falta aparente d'água, é um problema interno da planta, e ocorre quando certos cátions são absorvidos pela planta, concentrando-se nestas em quantidades suficientemente prejudiciais. (Ayers & Westcot, 1991).

O grau de toxicidade depende da quantidade de ions absorvidos, da sensibilidade da cultura e do uso de água pela cultura. Em culturas sensíveis, concentrações pequenas de ions podem ser suficientes para que ocorra queimaduras nas bordas das folhas, clorose na área internevural, e se a dose for um pouco alta, poderá causar a morte das plantas, prejudicando, assim, o rendimento. Dentre esses ions, destacam-se os cloretos, o sódio e o boro ( de Lima, 1998; Ayers e Westcot, 1991).

Para combater o efeito de toxidez nas plantas é necessário aplicar uma lâmina de lixiviação, adotar culturas mais tolerantes e fazer algumas práticas de irrigação, como a irrigação noturna e/ou em horas frias, evitar irrigação nos períodos de ventos fortes, e dependendo da concentração de íons, evitar o uso do sistema de irrigação por aspersão.

#### **2.5.4 – Qualidade da Água com Relação ao Excesso de Nitrogênio**

O nitrogênio é para as plantas um nutriente estimulante de crescimento, e quando contido nas águas de irrigação, exerce o mesmo efeito do nitrogênio utilizado como fertilizante. Entretanto, quantidades elevadas deste elemento podem causar crescimento desordenado das plantas e retardamento na maturação dos frutos, propiciando colheitas de baixa qualidade.

A forma mais assimilável do nitrogênio pelas plantas é o nitrato ( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ) e o amônio ( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ), sendo que o nitrato é preferível pelas plantas por ser pouco tóxico e porque circula em maiores concentrações na seiva (Primavesi, 1987). De acordo com Lima (1996) citado por Araújo (1999), a desnitrificação é um importante mecanismo de remoção de nitrogênio do solo, e a forma de nitrogênio mais lixiviável é o nitrato. Segundo CETESB (1988), a concentração máxima de nitrato nas águas utilizadas para abastecimento público deve ser menor que 10 mg/L, enquanto que a concentração de amônia deve ser menor que 1 mg/L. As águas residuárias possuem uma elevada concentração de nitrogênio, entre 10 e 50 mg/L, estas concentrações podem comprometer as culturas que não são tolerantes ao excesso de nitrogênio, como por exemplo a beterraba açucareira que aumenta seu tamanho e produz um açúcar de péssima qualidade; e a videira que tem o seu período vegetativo prolongado e diminui a produção de frutos. De acordo com Ayers e Westcot (1991), foram irrigadas, na Líbia, videiras com efluente contendo 50 mg/L de nitrogênio, e tais videiras não frutificaram.

A sensibilidade das culturas ao excesso de nitrogênio varia de acordo com as fases do ciclo fenológico, nas duas primeiras fases os altos níveis deste elemento podem ser benéficos, mas nas fases finais o excesso de nitrogênio atrasa o florescimento e a maturação dos frutos (Ayers e Westcot, 1991).

#### **2.5.5 – Qualidade da Água com Relação aos Metais Pesados**

Os metais pesados podem ser encontrados principalmente nos esgotos industriais e nos lodos provenientes destes esgotos. Segundo Araújo (1999), a maioria dos metais pesados ficam retidos no solo, sobretudo se o solo for rico em matéria orgânica e tiver pH maior que 7,0. Entretanto, se o solo for ácido, este perde a capacidade de reter estes elementos, e por lixiviação podem comprometer as águas do lençol freático.

Elementos como zinco, cobre e boro, em pequenas concentrações, são benéficos às culturas, contudo podem causar problemas de toxidez devido ao seu poder acumulativo. Entretanto, existem metais como chumbo, arsênio, mercúrio e cádmio que são altamente tóxicos, não só para as plantas, mas para o homem e os animais. Enquanto que os três primeiros elementos mencionados contribuem para o desenvolvimento e metabolização das proteínas e carboidratos da planta, estes quatro últimos elementos contaminam a água, o solo e a cultura, e como consequência causam doenças como vários tipos de câncer, degeneração múltiplas dos tecidos ou ainda ser letal para os consumidores. Na tabela 2.2 são encontradas as concentrações máximas de metais pesados recomendáveis para a irrigação.

### **2.5.6 – Qualidade da Água com Relação aos Aspectos Bacteriológicos**

No passado, desde o início da prática do reuso, as civilizações se preocupavam com a qualidade da água, preferindo a águas limpas e transparentes, pois as águas turvas eram relacionadas com a profilaxia de doenças.

Estima-se que as descargas de despejos nos rios, lagos e oceanos da América Latina e do Caribe são iguais a 40 milhões de metros cúbicos por dia, e deste total, apenas 10% recebe tratamento prévio, antes da descarga nestes corpos aquáticos (Araújo, 1999). Esta situação, torna-se ainda mais crítica devido ao fato de que grande parte deste esgoto não tratado é utilizado para fins agrícolas. A prática indiscriminada do reuso de esgotos não tratados ocorre em diversas partes do mundo, sendo muito freqüente na América Latina. No Brasil, nas mais diversas regiões, muitos corpos d'água recebem descargas de esgotos domésticos e industriais, ficando com suas águas contaminadas, as quais são utilizadas indiscriminadamente na irrigação de culturas.

Segundo Ceballos (1995), na região de Sapé (PB), o afluente da ETE tem em média  $4,6 \times 10^5$  coliformes fecais por 100 ml, e uma parte de sua vazão, cerca de 11L/s é utilizada para irrigação de batatas e verduras. Em Campina Grande (PB), Araújo (1999) cita que um estudo feito por (Mayer, 1998) mostrou que as águas do riacho Bodocongó apresentaram teores médios de  $10^6$  a  $10^7$  de coliformes fecais, e suas águas são usadas na irrigação de plantações de tomate, feijão e capim-elefante.

Quando as águas residuárias domésticas são lançadas nos corpos receptores sem tratamento prévio, as águas destes córregos são contaminadas por microorganismos patogênicos como vírus, bactérias, protozoários e helmintos, os quais podem trazer sérios comprometimento para a saúde pública (Léon & Cavallini, 1996).

**Tabela 2.2 - Concentrações máximas de metais pesados recomendáveis para a irrigação**

Elemento	Concentração (mg/L)	Observações
Alumínio (Al)	5,00	Causa acidez do solo (pH<5,5); elimina a toxidade em solos com pH > 7,0.
Arsênio (As)	0,10	Nível tóxico varia entre 0,05 mg/L para o arroz a 12 mg/L para o capim-sudão.
Berílio (Be)	0,10	Nível tóxico varia entre 0,05 mg/L a 5 mg/L dependendo da cultura.
Cádmio (Cd)	0,01	Tóxico para feijão e beterraba em concentrações 0,1 mg/L; possui poder acumulativo e é perigoso para seres humanos
Cobalto (Co)	0,05	Tóxico para tomateiro em concentrações 0,1 mg/l em soluções nutritivas; torna-se inativo em solos neutros ou alcalinos.
Cromo (Cr)	0,10	Sem informações sobre as concentrações.
Cobre (Cu)	0,20	A toxidez varia em concentrações de 0,1 mg/L a 1,0 mg/L.
Flúor (F)	1,00	torna-se inativo em solos neutros ou alcalinos
Ferro (Fe)	5,00	Contribui para a acidez e a indisponibilidade do fósforo e molibdênio.
Lítio (Li)	2,50	Muitas culturas toleram até 5mg/L, mas citros só toleram concentrações < 0,075 mg/L.
Manganês (Mn)	0,20	Tóxico só em solos ácidos.
Molibdênio (Mo)	0,01	Em concentrações não é tóxico para as plantas, porem pode sê-lo para animais que consomem pastagens cultivados em solos com altos teores deste elemento.
Níquel (Ni)	0,20	Tóxico em concentrações que variam de 0,5 mg/L até 1,0 mg/L.
Chumbo (Pb)	5,00	Em altas concentrações, inibe o crescimento celular.
Selênio (Se)	0,02	Tóxico para plantas em baixíssimas concentrações < 0,025 mg/L; pode tóxico para animais, apesar de em concentrações baixas ser essencial para os mesmos
Estanho (Sn)	-	-
Titânio (Ti)	-	-
Tungstênio (W)	-	-
Vanádio (V)	0,10	Tóxicos para muitas culturas, mesmo em concentrações baixas
Zinco (Zn)	2,00	Tóxico para muitas plantas, porém sua toxidade diminui em solos de textura fina e com pH > 6,0

Fonte: Ayers e Westcot, 1991.

Além destes microorganismos patogênicos, no caso do reuso, deve-se dar atenção prioritária à remoção de ovos de helmintos, sobretudo, aos ovos de *Ascaris lumbricoides*, por serem muito persistentes à maioria das técnicas de tratamento de esgotos. Todavia, um sistema com tempo de detenção elevado, como uma série de lagoas de polimento já é suficiente para eliminá-los.

Os microorganismos patogênicos são descarregados na água de forma contínua e em pequenos números, e as práticas para isolamento, qualificação e quantificação destes organismos exigem serviço especializado, alto custo e tempo prolongado, precisando de no mínimo seis dias para chegar ao resultado final. Então, até a detecção destes organismos, a população já teria consumido a água e os alimentos contaminados (Ceballos, 1990).

Como consequência disto, foi sugerido o uso de microorganismos como indicadores de contaminação poluição fecal, e que de certa forma indicasse a presença do patógeno. O microorganismo indicador segundo (Feachem et al., 1983), deve apresentar as seguintes características:

1. ser um componente normal da flora intestinal de indivíduos sadios;
2. ser de origem exclusivamente fecal;
3. estar ausente no meio ambiente e em animais;
4. estar presente sempre que os patógenos estiverem;
5. apresentar números mais elevados que os patógenos intestinais;
6. não se reproduzir fora da flora intestinal;
7. apresentar taxa de mortalidade igual ou levemente menor que os patógenos intestinais;
8. ser fácil de identificar e quantificar;
9. não ser patogênico.

Sendo assim, bactérias do grupo coliformes fecais e totais, estreptococos fecais e *clostridium perfringens* são bons indicadores de poluição, pois apresentam a maioria destas características. Entretanto, é útil avaliar a presença do patógeno *salmonella spp.*, pois este patógeno apesar de não ser indicador de contaminação fecal, é responsável por uma série de doenças relacionadas à qualidade das águas e das culturas.

#### **2.5.6.1 – Coliformes totais e fecais**

O grupo das bactérias coliformes, denominado de coliformes totais (CT) é constituído por vários gêneros da família Enterobacteriaceae (*Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Escherichia*), que são definidos como bastonetes Gram-negativos, não esporulados, com

metabolismo anaeróbio facultativo e que fermentam a lactose de 24 – 48 horas com produção de ácido e gás em temperatura de 35°C a 37°C (APHA, 1995).

De acordo com Ceballos (1995), a definição acima baseia-se no método de quantificação por tubos múltiplos, e abrange um grupo bastante heterogêneo de bactérias, as quais apresentam características necessárias para indicar contaminação fecal. Atualmente, os coliformes totais (CT) não são mais utilizados como indicadores de poluição fecal, pois estão presentes na biota normal da água e dos vegetais, podendo se reproduzir neste ambientes.

Os coliformes fecais (CF) se diferenciam do totais por duas razões, a termotolerância e a utilização como indicadores universais de contaminação fecal (APHA, 1995). Os coliformes fecais possuem a mesma definição dos totais, entretanto acrescentam-se características exclusivas do grupo: fermentam-se a lactose com produção de gás e ácido à temperaturas de  $44, 5 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$  em 24 horas.

Até o momento, os coliformes fecais são os melhores indicadores de poluição fecal, embora *Klebsiella spp.* termotolerante apresente capacidade de reprodução no exterior, bem como está presente no solo e na água (Feachem et al, 1983).

#### 2.5.6.2 – *Streptococos fecais*

Os estreptococos são cocos Gram-positivos que formam parte da biota normal de animais de sangue quente (Paz, 1998). Os estreptococos fecais pertencem ao grupo sorológico “D” da classificação antigênica de Lancefield e reúne as espécies *S. faecalis*, *S. faecium*, *S. avium*, *S. galinarium*, *S. bovis*, e *S. equinus* (APHA,1995).

Atualmente, a taxonomia dos estreptococos fecais foi revista, e considera-se que são pertencentes a dois grupo: estreptococos e enterococos.

No subgrupo dos enterococos, encontram-se as espécies *S. faecalis*, *S. faecium*, *S. avium*, *S. galinarium*, que se diferenciam das outras espécies, pois apresentam características de maior tolerância. Estas espécies crescem na presença de sais biliares, toleram temperatura de 10°C a 40°C, se desenvolvem em concentrações de 6,5 % de NaCl e em um pH em torno de 9,0 (Ceballos, 1990).

Por estes motivos, os estreptococos são empregados como indicadores auxiliares de contaminação fecal, complementando as contagens de coliformes fecais, principalmente quando ocorrem contaminações intermitentes, baixas ou ausentes (Drozdowicz et al.,1991).

### 2.5.6.3 – Sobrevivência dos microorganismos na água, no solo e na cultura

Existem poucas literaturas sobre sobrevivência de patógenos no solo, mas geralmente, utilizam-se as literaturas sobre a sobrevivência de potógenos no lodo, pois são, de modo geral, muito similares (Feachem et al. 1983).

De acordo com o mesmo autor, a sobrevivência dos organismos patogênicos depende de fatores como a temperatura, pois as bactérias são mais persistentes em baixas temperaturas, e a presença de outros organismos, os quais podem promover competição e predatismo.

Algumas bactérias frequentemente sobrevivem mais tempo em águas limpas do que em águas poluídas, contudo há evidências que a sobrevivência de organismos como vírus é prolongada nestas águas. As bactérias do grupo coliformes fecais, em especial a *E. coli*, podem sobreviver na água no máximo por 50 dias em temperaturas de 20 a 30°C por um período máximo de 20 dias. A *Salmonella spp.* possui um tempo de sobrevivência máximo na água de 60 dias, entretanto a sobrevivência média de 30 dias é mais comum. A *Shiguella spp.* e o vibrião colérico são pouco resistentes, e sua sobrevivência raramente passa dos 20 dias.

Os microorganismos do solo após serem excretados juntamente com as fezes, podem sobreviver e se multiplicarem no ambiente, principalmente no esgoto, no solo e nas culturas (Araújo, 1999). De acordo com Feachem et al. (1983), o tempo de sobrevivência dos patógenos no solo pode ser afetados por fatores como o antagonismo da flora do solo, conteúdo de umidade do solo, matéria orgânica, pH, exposição a luz solar e temperatura.

No solo, as bactérias do grupo coliformes fecais podem sobreviver por muitos meses, desde que as condições sejam favoráveis. Em climas quentes, especialmente em regiões áridas, a sobrevivência limita-se de 2 a 3 meses. A temperatura, também é um fator limitante para a *Salmonella spp.*, pois em climas frios, esta poderá sobreviver acima de 1 ano, entretanto se houver variações no clima o período máximo de sobrevivência no solo será de 50 dias. Quanto aos ovos de helmintos, apesar de não haver um consenso geral, sabe-se que a sua sobrevivência no solo varia muito, sobretudo, ovos de *Ascaris lumbricoides*, que podem sobreviver por muitos anos, devido sua resistência. Em relação aos vírus, sugere-se que devido ao seu pequeno tamanho, estes podem ficar adsorvidos nas partículas do solo, sobretudo se o solo for argiloso, pois desta forma o solo funcionará como um filtro para estes organismos (Feachem et al., 1983).

Lewis et al. (1986) afirma que o processo de filtração exercido pelo o solo é um mecanismo altamente eficiente quanto à remoção de bactéria, protozoários e ovos de helmintos devido ao seu tamanho (> 25 micras). Os fatores que mais favorecem esta remoção são a adsorção das partículas do solo, aeração, disponibilidade de alimentos, dessecação, radiação e temperatura.

De acordo com a mesma fonte, estes fatores são responsáveis por cerca de 92 a 97% da remoção total dos microorganismos

Bactérias e vírus quando excretados não podem penetrar nos tecidos das plantas ou nos frutos, salvo se a membrana exterior que recobre o tecido vegetal estiver danificada (Feachem et al.,1983). Entretanto, o tempo de sobrevivência dos microorganismos nas culturas é alto o suficiente para que os mesmos cheguem até à mesa dos consumidores, por causa da alta aderência destes patógenos às superfícies das plantas. Contudo, a presença destes organismos nas culturas não é um sinônimo de risco imediato à saúde dos consumidores.

De acordo com Araújo (1999), o risco à saúde dos consumidores depende da potencialidade da dose infectiva, sendo necessário, por exemplo, que o indivíduo saudável ingira cerca de  $10^8$  *E. coli* ou *vibrio cholera*, ou  $10^4$  a  $10^9$  *Salmonella* para causar alguma doença. Entretanto, existem alguns organismos que possuem dose infectiva muito baixa, como a *shiguella* ( $10$  a  $10^2$ ), alguns protozoários como a *Entamoeba histolytica* (20 cistos) e alguns vírus.

Em 1981, Trabulsi observou que a dose infectiva de patógenos em culturas irrigadas com águas residuária depende da eficiência de remoção dos sistemas de tratamento de esgotos, morfologia da planta, latência dos microorganismos e persistência destes.

Para Feachem et al. (1983) existem mais dois fatores tão importantes quanto os que Trabulsi (1981) observou. Estes fatores são o método de irrigação utilizado e o tipo de cultura escolhida. Culturas que crescem sobre ou perto da superfície do solo ou que recebam água por aspersão, certamente serão altamente contaminadas. As irrigações subsuperficiais, por gotejamento e por sulcos não adjacentes às culturas são os mais indicados para evitar contaminação.

Contudo, é de extrema importância lembrar que há uma distinção entre as culturas que se comem cruas e as que se comem cozidas. As primeiras constituem um alto risco à saúde humana, se não forem obedecidos os critérios para irrigação com águas residuárias. Atualmente, seguem-se os padrões para reuso de águas residuárias adotados pela Organização Mundial de Saúde.

Na Tabela 2.3, encontra-se o período de sobrevivência dos microorganismos patogênicos para as águas residuárias, os solos e as culturas.

**Tabela 2.3** - Período de sobrevivência dos microorganismos patogênicos para as águas residuárias, o solo e a cultura

Patógenos	Tempo de sobrevivência, t (dias)		
	Águas residuárias	Solos	Culturas
<b>Viroses</b>			
Entoviroses	50<t<120	20<t<100	15<t<60
<b>Bactéria</b>			
Coliformes Fecais	30<t<60	20<t<70	15<t<30
<i>Salmonella spp.</i>	30<t<60	20<t<70	15<t<30
<i>Shiguella spp.</i>	10<t<30	-	5<t<10
<i>Vibrio cholerae</i>	10<t<30	10<t<30	2<t<5
<b>Protozoários</b>			
<i>Entamoeba histolytica</i>	15<t<30	10<t<20	2<t<10
<b>Helmintos</b>			
<i>Ascaris lombricóides</i>	Muitos meses	Muitos meses	30<t<60

Fonte: Feachem et al., 1983.

## 2.6 – MACRO E MICRONUTRIENTES NOS SOLOS E NAS PLANTAS

### 2.6.1 – Cálcio trocável

No solo, o cálcio geralmente se encontra nas formas de carbonato fosfato, sulfato, silicato, trocável e em solução, sendo que estas duas últimas formas são as de maior interesse para as plantas, pois é nestas formas que ocorre a absorção do elemento. Em solos considerados normais, a quantidade de cálcio varia de 10 a 30 toneladas por hectare, e geralmente, é suficiente para atender às necessidades de grande parte das culturas cultivadas (Malavolta et al., 1974).

Segundo Primavesi (1987), em quase todos os solos de zonas tropicais existe deficiência de cálcio, devido o mesmo ser o primeiro cátion a ser lixiviado, juntamente com o magnésio e potássio. O mesmo autor cita ainda que o cálcio existente no solo possui quatro funções importantes: corrigir o pH do solo, elevando-o até um nível em que o alumínio trocável e o manganês tóxico não prejudique a disponibilidade dos outros nutrientes; flocular o solo, conferindo-lhe uma melhor agregação; melhorar a capacidade de troca catiônica e ser um importante nutriente vegetal.

O cálcio exerce muitos efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta, entre eles pode-se citar o atraso no amadurecimento dos frutos, na senescência e na abscisão. O cálcio melhora a qualidade dos frutos e das hortaliças, altera a ação geotrópica, a fotossíntese e outros processos como a divisão celular, movimentos citoplasmáticos e volume celular (Malavolta, 1997).

Uma grande parte do cálcio na maioria das plantas está localizado nas folhas, e em contraste com o fósforo e o potássio, as folhas mais velhas são as que apresentam maiores teores, e isto se deve a baixa mobilidade do cálcio na planta (Malavolta, 1974). Em virtude desta imobilidade, quando há carência de cálcio no sistema radicular, este não se redistribui facilmente na planta provocando deficiência nas folhas e frutos novos, bem como em toda região mais nova da planta.

Os sintomas mais frequentes com relação à deficiência de cálcio nas plantas são amarelecimento de uma região limitada da margem das folhas mais novas, crescimento não uniforme da folha, do qual resultam folhas tortas e às vezes com gancho na ponta, murchamento e morte das gemas terminais, gemas laterais dormentes, deformações de tubérculos, murchamento das folhas e colapso do pecíolo, pequena frutificação, produção anormal de frutos e sementes, aparência gelatinosa das raízes, pelos absorventes inchados, entre outras (Malavolta, 1997). Quanto aos

sintomas de excesso, não são bem conhecidos, mas é possível que haja deficiência de magnésio e potássio no solo.

Com relação à cultura do pimentão, (Fernandes, 1971) apresentou os seguintes sintomas de deficiência nas plantas: redução de crescimento das plantas, mau desenvolvimento das folhas novas, apresentando-se com tonalidade verde-clara, folhas velhas totalmente amarelas e se desprendendo da planta, morte das gemas terminais, queda das flores, frutos em pequeno número e mal formados.

### 2.6.2 – Magnésio trocável

O magnésio contido no solo se origina principalmente da decomposição de minerais como a olivina, a serpentina, a biotita, a clorita, a dolomita e outros. Havendo a decomposição, o magnésio liberado é lentamente adsorvido pelas partículas de argila e pela matéria orgânica contidas no solo, após isso uma parte do magnésio perde-se por lixiviação, outra parte é absorvida pelas plantas e organismos, e uma última parte precipita-se na forma de minerais secundários (Malavolta et al., 1974).

Segundo Malavolta (1981), a deficiência de magnésio nos solos brasileiros é muito semelhante a deficiência de cálcio, e deve-se a fatores como a pobreza original do solo, lavagem do magnésio trocável para camadas mais profundas do solo, onde há baixa proporção de raízes absorventes; falta de umidade no solo, diminuindo o contato do magnésio trocável com as raízes por fluxo de massa; alta relação K/Mg no solo, causando menor absorção deste último; baixo uso de calcário dolomítico ou adubos magnesianos.

As plantas absorvem o magnésio na forma iônica  $Mg^{+}$ , e as raízes são capazes de retirá-lo da solução do solo, bem como aquele que foi adsorvido pelo complexo coloidal do solo. O magnésio é um elemento muito móvel e por isso sua translocação dentro da planta se dá de forma muito rápida, e isto acarreta uma maior acumulação deste nutriente nos órgãos mais novos, provocando assim, o aparecimento de deficiência nas folhas mais velhas.

Como nutriente, a importância do magnésio para planta pode estar ligada a dois fatores: a sua presença na molécula de clorofila, participando intensamente na fotossíntese, e seu papel de ativador de numerosas enzimas implicadas no metabolismo dos carboidratos, das gorduras e das proteínas (Malavolta, 1997).

Os sintomas visuais mais freqüentes da deficiência de magnésio são clorose das folhas mais velhas, clorose internerval, sendo que esta clorose é seguida pelo desenvolvimento da cor alaranjada, vermelha ou roxa. Os sintomas químicos de deficiência mais freqüentes são a

diminuição no metabolismo do fósforo e menor teor de clorofila. Acredita-se que o excesso de absorção de magnésio pode causar deficiência de cálcio e potássio nas plantas.

Estudando nutrição mineral do pimentão, (Fernandes,1971) apresentou os seguintes sintomas visuais de deficiência de magnésio: clorose internerval das folhas velhas, cujo limbo se enrola em torno da nervura apical com a face abaxial para dentro, frutos em número reduzidos, mal formados e intensa queda de flores.

### **2.6.3 – Potássio trocável**

O potássio é um elemento muito abundante nas rochas e nos solos, e grande parte encontra-se em minerais que contêm esse elemento nas estruturas cristalinas. Os minerais mais importantes portadores de potássio são os feldspatos e as micas, além de minerais secundários como as argilas do tipo 2:1 (van Raij, 1991).

A importância destes minerais está no fato de que o potássio contido neles pode participar da nutrição das plantas, seja pela liberação do referido elemento para a solução do solo, ou através da fixação do mesmo em forma não disponível.

No solo, o potássio ocorre na sua forma estrutural, na forma de cátion trocável, e na solução do solo aparece na forma iônica  $K^+$ , a qual é absorvida pelas plantas. Entretanto, segundo Malavolta et al.(1974), o cultivo contínuo de plantas em alguns solos com baixo teor de potássio trocável, não levou a uma diminuição sensível deste elemento, mostrando que a cultura também utilizou as formas de potássio não trocável existente naqueles solos, e acredita-se que este fato se deu pela boa mobilidade que o potássio tem no solo.

Na maioria dos solos brasileiros há quantidades suficientes de potássio, e os teores variam de 1780 mg/L a 14200 mg/L, e apenas uma sexta parte do nosso solo apresentam quantidades insuficientes de potássio (Primavesi, 1987). De acordo com Anderson & Bowen (1992), os quais trabalharam com nutrição de cana de açúcar, observou-se que em solos franco-arenosos a lixiviação de potássio pode ser elevada, e nos outros tipos de solos as perdas deste nutriente é insignificante.

O potássio é o segundo macronutriente em teor contido nas plantas, e depois do fósforo, é o nutriente mais consumido como fertilizante pela agricultura brasileira.

Na planta, o potássio é absorvido da solução do solo na forma iônica  $K^+$ . A maior parte do potássio da planta, cerca de 70%, encontra-se localizado no suco celular ou pelo menos apresenta-se em forma solúvel na água, os outros 30% estão adsorvidos nas proteínas do protoplasma (Malavolta et al, 1974). O potássio possui alta mobilidade na planta e a sua redistribuição é fácil, ocorrendo quase continuamente durante o ciclo fenológico da planta. Devido

a sua alta mobilidade, os tecidos em crescimento apresentam maior capacidade de acumulação de K, contrastando com as células que formam os tecidos mais velhos. Em virtude disto, os sintomas de deficiência de potássio se manifestam primeiramente nas folhas mais velhas, e com o progredir da carência, os sintomas aparecem nas folhas e órgãos mais novos.

Dentre as muitas funções metabólicas das plantas, o potássio participa dos processos osmóticos, como abertura das células-guardas dos estômatos, da síntese e manutenção de proteínas, permeabilidade da membrana e no controle do pH.

Os sintomas de potássio visíveis nas plantas são clorose e necrose das margens e pontas das folhas mais velhas, diminuição da dominância apical, menor tamanho dos frutos e deficiência de ferro induzida (Malavolta, 1997). Geralmente, a carência de potássio não mostra sintomas imediatos, caracterizando a situação de fome oculta, então após um determinado período aparecem os sintomas visuais citados.

A carência de potássio na cultura de pimentão pode ser notada através dos seguintes sintomas: o crescimento da planta cessa, manchas cloróticas no limbo das folhas mais novas, folhas médias e velhas apresentam coloração verde-clara, a clorose é substituída pela necrose próximo aos bordos das folhas (Fernandes, 1971).

Altas concentrações de potássio na planta podem levar a deficiência de magnésio.

#### **2.6.4 – Sódio trocável**

No solo, o sódio tem um comportamento semelhante ao do potássio. A forma química que ocorre nos minerais, na solução do solo e como cátion trocável é a do íon  $\text{Na}^+$ . Este elemento é muito lixiviável no solo e em geral há menos sódio total do que potássio em solos de climas úmidos, entretanto em solos de regiões semiáridas, o sódio tende a se acumular na superfície dos solos na forma dos sais  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , e  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (van Raij, 1991). É justamente por este acúmulo de sódio na superfície do solo, que deve-se ter maior atenção na agricultura do semiárido, pois altos teores de sódio provocam graves problemas de dispersão do solo, deteriorando sua estrutura, as propriedades de infiltração da água e a sua aeração.

O sódio não é considerado um elemento essencial para as plantas, embora seja encontrado em pequenas quantidades nos tecidos vegetais (Anderson & Bowen, 1992). Entretanto, em algumas culturas como a beterraba açucareira e a cana-de-açúcar, o sódio é benéfico, desde que seja em pequenas quantidades.

De um modo geral, o sódio é absorvido pelas plantas na forma  $\text{Na}^+$ , e geralmente, a presença de pequenas concentrações deste favorecem a absorção de  $\text{K}^+$ . De acordo com Malavolta

(1997), sabe-se que dentro de alguns limites, e dependendo da espécie cultivada, o sódio pode substituir o potássio em funções não específicas. Geralmente, o sódio tende a se acumular em concentrações mais altas no vacúolo, e o potássio se acumula no citoplasma, deste modo, quando o suprimento de K vacuolar estiver limitado, pode-se esperar que haja a substituição do potássio pelo sódio, proporcionando o turgor celular. Lembrar sempre que normalmente, a manutenção do turgor celular é feito pelo K vacuolar.

Algumas plantas que fixam CO<sub>2</sub> via C4 respondem bem ao sódio, como a beterraba e a cana-de-açúcar, outras como milho e feijão não se desenvolvem satisfatoriamente. Entretanto existem espécies, como a *Atriplex vesicaria* que necessitam de sódio para se desenvolver, e quando há ausência deste nutriente, apresentam sintomas de deficiência como clorose e necrose das folhas, diminuição de crescimento e morte das plantas. Neste caso, as plantas com deficiência severa se recuperam uma semana depois de receber sódio em solução nutritiva (Malavolta,1997).

Os sintomas típicos de toxicidade por sódio nas plantas são queimaduras ou necroses ao longo das bordas das folhas, alargamento das folhas, principalmente em cana-de-açúcar, e decaimento da clorofila. Os sintomas aparecem primeiro nas folhas mais velhas e em suas bordas e, à medida que a necrose progride, espalha-se da área internervural até o centro das folhas (Ayers & Westcot, 1991) (Anderson & Bowen,1992).

### 2.6.5 – Alumínio trocável e hidrogênio dissociado (Acidez Potencial)

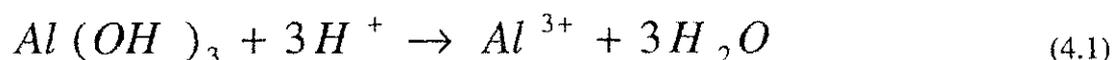
Segundo van Raij (1991), a acidez do solo é o primeiro fator a ser conhecido em um área a ser cultivada, pois caso a acidez estiver alta, se faz necessário tomar algumas providências corretivas antes de se fazer o cultivo.

Do ponto de vista químico, ácidos são substâncias que, em solução, liberam prótons (íons de hidrogênio). Ao contrário, as bases são substâncias capazes de receber prótons. Logo, o ácido se dissocia em solução aquosa resultando em H<sup>+</sup> e o ânion correspondente:



O ácido HA se dissocia no cátion H<sup>+</sup> e no ânion A<sup>-</sup>. Os ácidos chamados fortes dissociam-se completamente, mas os ácidos fracos dissociam-se muito pouco, e são estes que mais contribuem para os problemas de acidez nos solos. Segundo Malavolta (1981), a fração de hidrogênio do solo que se encontra dissociada na forma de H<sup>+</sup> corresponde à acidez ativa, a qual é determinada pelo índice do pH do solo. A fração HA no primeiro membro da equação indica a acidez potencial.

Em solos muito ácidos ocorre a dissolução de alumínio, o qual passa a ser um componente da acidez potencial do solo. Esta reação é mostrada pela seguinte equação:



Os solos podem ser naturalmente ácidos, ou por causa da pobreza de materiais de origem desprovidos de base, ou pela pedogênese do solo, ou ainda por condições de formação do solo que favoreçam a lixiviação dos cátions do solo. Além disso, os solos cultivados têm sua acidez elevada por causa da erosão, lixiviação dos cátions, absorção dos cátions básicos pelas culturas e adição de adubos.

O solo será tanto mais ácido quanto menor for sua capacidade de troca de cátions básicos como cálcio, magnésio, potássio e sódio. O processo de acidificação dos solos consiste, portanto, na remoção desses cátions do complexo de troca catiônica, substituindo-os pelo alumínio trocável e pelo o hidrogênio não dissociado (van Raij,1991).

Embora o hidrogênio participe da acidez dos solos, é mesmo o alumínio quem causa a acidez excessiva destes, sendo o elemento mais responsável pelos efeitos maléficos da acidez dos solos sobre as culturas, pois o mesmo é um elemento fitotóxico. Nos solos com acidez muito elevada, podem ocorrer concentrações tóxicas de elementos como ferro e manganês, os quais podem ser extremamente tóxicos para as plantas, caso sejam absorvidos em quantidades excessivas.

#### **2.6.6 – Fósforo assimilável**

O fósforo encontra-se na solução do solo como íons ortofosfato, forma derivada do ácido ortofosfórico,  $H_3PO_4$ . Na fase sólida do solo, o fósforo combina, como ortofosfato com metais como ferro, alumínio e cálcio, ocorrendo também na matéria orgânica (van Raij,1991). A combinação dos compostos inorgânicos de fósforo com estes metais é condicionada pelo pH e pela quantidade de minerais existentes na fração de argila do solo.

De acordo van Raij (1991), o fósforo pode ser encontrado no solo em diferentes posições, seja na superfície das partículas do solo, ou ocluso dentro das partículas recobertas por óxidos de ferro. Segundo o mesmo autor, as formas de fósforo mais aplicáveis à nutrição de plantas são o fósforo em solução do solo, o fósforo lábil e o não lábil. O fósforo encontrado na solução do solo é o disponível para a planta, entretanto estes teores são, em geral, baixos, porque os compostos de fósforo existentes no solo possuem baixa solubilidade, além deste elemento ser facilmente adsorvido pelas partículas de solo. O fósforo lábil possui sempre um equilíbrio rápido com o fósforo encontrado na solução do solo, e ele é representado por compostos de fósforo em formação. A fração de fósforo não-lábil é em sua maior parte formada pelo fósforo inorgânico do solo,

representado pelos compostos insolúveis, os quais podem se transformar, lentamente, em fosfatos lábeis.

Devido a grande afinidade que o fósforo tem com alguns elementos do solo, geralmente, ele se fixa e forma complexos pouco acessíveis às plantas. O fósforo, geralmente, se liga a algum composto no solo, e pode ocorrer na forma de humatos, de apatita, ou ligado ao ferro, ou ao alumínio. De acordo com Primavesi (1987), para que haja uma boa disponibilidade de fósforo para as plantas é necessário que o pH do solo esteja acima de 5,5, diminuindo, assim, a fixação deste nutriente pelo alumínio. Além disso, é necessário que haja uma boa aeração no solo, e que este tenha uma boa estrutura, bem como teores adequados de cálcio e matéria orgânica.

Apesar de ser o macronutriente primário menos utilizado pelas plantas, o fósforo é extremamente importante para as mesmas, pois sem ele não existiria crescimento vegetal, já que o mesmo é responsável pela transferência de energia na síntese de substâncias orgânicas (Primavesi, 1987).

No pH que geralmente o fósforo ocorre nos solos cultivados, as plantas o absorvem na forma iônica  $H_2PO_4$ . Juntamente com o nitrogênio, o fósforo é um dos elementos mais móveis na planta, podendo ser conduzido, via floema e xilema para folhas novas e frutos em desenvolvimento.

O fósforo participa de muitos processos metabólicos das plantas. Um suprimento adequado deste nutriente promove um bom desenvolvimento vegetal, estimula o desenvolvimento radicular, a boa formação de frutos e a precocidade da produção (van Raij, 1991).

De maneira geral, o sintoma mais marcante da carência de fósforo é o crescimento retardado das plantas, somando-se a esta característica tem-se desenvolvimento da cor amarelada nas folhas mais velhas, cor verde azulada ou manchas pardas, ângulo foliares estreitos, gemas laterais dormentes, número reduzidos de frutos e sementes, e atraso no florescimento.

Trabalhando com nutrição mineral do pimentão, Fernandes (1971) observou que os principais sintomas de deficiência de fósforo foram clorose das folhas velhas, as mesmas enrolavam-se em torno da nervura apical, folhas novas de tamanho reduzido, queda de flores e frutos pequenos e mal formados.

O excesso de fósforo no solo pode causar, segundo Malavolta (1997), deficiência induzida de ferro, cobre, zinco e manganês.

### 2.6.7 – Nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais difundidos na natureza, entretanto ele não é encontrado nas rochas que originam o solo. Na verdade, a fonte primária do nitrogênio não é o solo, mas o ar.

Existem dois mecanismos que garantem a transferência de nitrogênio do ar para o solo em condições naturais. O primeiro, é a transformação do nitrogênio elementar ( $N_2$ ) em óxidos, por meio de descargas elétricas na atmosfera, transformando assim, o nitrogênio em nitrato, o qual é facilmente absorvido pelas plantas. O segundo mecanismo é a fixação direta do nitrogênio do ar por microorganismos do solo, por exemplo, as bactérias do gênero *Azotobacter*, *Beijerinckia* e *Rhizobium*, sendo que esta última é de extrema importância na agricultura. (van Raij, 1991).

No solo, o nitrogênio existe predominantemente em formas orgânicas, mas uma pequena parte do nitrogênio total do solo encontra-se nas formas minerais de amônia ( $NH_4$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ) e nitrito ( $NO_2^-$ ), sendo que as duas primeiras são as formas aproveitáveis pelas plantas, e portanto, de maior interesse para a nutrição das mesmas. Geralmente, existe pouco nitrito no solo, pois este é rapidamente oxidado a nitrato, o que é de grande valia, pois o nitrito é tóxico às plantas e aos animais. O nitrato é rapidamente absorvido pelas plantas, pois encontra-se diretamente na solução do solo, ao contrário do íon amônio que permanece no solo em forma trocável, devido a alta adsorção pelas partículas do solo (van Raij, 1991).

A disponibilidade de nitrogênio no solo depende de fatores como presença de resíduos orgânicos, relação C/N do solo e dos resíduos, umidade e pH do solo, e quantidade de matéria orgânica.

O nitrogênio é um dos macronutrientes mais importantes para as culturas. Ele participa ativamente dos processos metabólicos das plantas e é um elemento constituinte da molécula da clorofila. Segundo Anderson & Bowen (1992), o nitrogênio é um componente essencial de todas as proteínas sendo imprescindível para os processos enzimáticos.

Em geral, os principais sintomas de carência de nitrogênio, segundo Malavolta (1997), são folhas amareladas, especialmente as mais velhas, dormência das gemas laterais, redução do perfilhamento, senescência precoce, menor número de folhas e diminuição de crescimento das plantas.

Em 1971, Fernandes estudando nutrição mineral na cultura do pimentão, observou a seguinte sintomatologia para carência de nitrogênio: redução do crescimento das plantas, folhas velhas pálidas, devido a alta mobilidade do nitrogênio na planta, caules finos, frutos pequenos e escassos.

### 2.6.8 – Cobre

O cobre além de ser um metal pesado, atende aos critérios de essencialidade para as plantas e microorganismos, sendo classificado como micronutriente (Sodré et al., 2001). Segundo McBride (1994), a concentração média de cobre no solo é igual a 20 µg/g, variando de 6 µg/g a 80 µg/g, porém estes valores podem ser acrescidos ao solo por meio de resíduos urbanos industriais, pesticidas, fertilizantes e outros. A dinâmica do cobre no solo é bastante complexa e muito afetada pelos muitos fatores do meio, principalmente, a composição química, física e mineralógica do solo, quantidade de matéria orgânica e o pH (Sodré et al., 2001). De acordo com van Raij (1991), a solubilidade do cobre é extremamente reduzida em solos orgânicos e em solos com pH alto.

Na solução do solo, o cobre encontra-se na forma  $\text{Cu}^{2+}$ , e é esta forma que é absorvida pelas plantas. O cobre participa ativamente no processo da fotossíntese e na fixação do nitrogênio inorgânico, principalmente, nas leguminosas. Em geral, o cobre se acumula nas raízes e possui uma baixa mobilidade, sendo observados, portanto, nos órgãos mais novos, os primeiros sintomas de carência deste elemento. Entretanto, os sintomas de toxidez aparecem primeiramente nas raízes, que escurecem e perdem os nutrientes previamente absorvidos.

Malavolta (1997) descreveu os seguintes sintomas de deficiência de cobre nas plantas: folhas com coloração verde-escuras, tornando-se cloróticas, morte descendente de ramos e gemas múltiplas. O mesmo autor citou, como sintomas de excesso: deficiência induzida de ferro, manchas aquosas e cloróticas, desfolhamento precoce e diminuição do crescimento da planta.

### 2.6.9 – Ferro

Geralmente, as quantidades de ferro existentes nos solos são grandes e superam as quantidades dos outros micronutrientes. O ferro dos solos origina-se da decomposição de minerais ferro-magnesianos, das piritas e outros minerais primários. De um modo geral, a quantidade de ferro trócvavel na solução são bem pequenas em solos bem drenados, entretanto as terras encharcadas possuem altos teores deste elemento (Malavolta, 1974).

A disponibilidade de ferro, segundo Tisdale e Nelson (1966), para as plantas é afetada por fatores como a quantidade total de ferro presente no solo; pH, porque a disponibilidade de  $\text{Fe}^{3+}$  aumenta com a acidez do solo; concentração de *Mn*, *Cu* e *Zn* no solo, pois em solos muito ácidos o excesso destes micronutrientes causam carência induzida de ferro.

O ferro se encontra na solução do solo principalmente como  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e quelatizado, sendo absorvido nas duas últimas formas. O ferro participa de vários processos metabólicos das plantas, por exemplo, a respiração, fotossíntese, assimilação e fixação de N (Malavolta, 1997).

O ferro é pouco móvel dentro da planta, sendo assim os sintomas de carência aparecem primeiramente nas folhas novas, as quais chegam a ficar esbranquiçadas com as bordas esverdeadas. Malavolta (1997) descreveu os seguintes sintomas de carência de ferro nas plantas: clorose nas folhas novas, diminuição no crescimento e na frutificação.

### 2.6.9 – Manganês

As quantidades de Mn total no solo são relativamente grandes, e estas derivam-se principalmente da decomposição das rochas ferromagnesianas. O Mn no solo encontra-se em três estados de valência:  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$  e  $Mn^{4+}$ , sendo que a forma divalente é a absorvida pelas plantas. A disponibilidade do manganês para as plantas pode ser afetada em solos com pH alto e grandes quantidade de matéria orgânica devido à formação de complexos insolúveis (Malavolta, 1974).

O manganês participa de vários processos metabólicos das plantas, entre muitos, pode-se citar a fotossíntese, redução do nitrato e defesa contra doenças.

O manganês é bastante imóvel na planta, não sendo traslocado para os órgãos mais novos, sobretudo, quando existe deficiência deste elemento no solo. Os sintomas visuais mais freqüentes de deficiência de manganês no solo são clorose nas folhas novas, mancha pequenas e necróticas nas folhas e formas anormais das folhas.

### 2.6.10 – Zinco

A quantidade total de zinco nos solos varia entre 40 mg/kg a 58 mg/kg, destas quantidades uma porção pequena encontra-se solúvel na solução do solo, parte se encontra como zinco trocável e uma fração muito maior encontra-se relativamente insolúvel. Segundo Malavolta (1974), as camadas superficiais do solo são mais ricas em zinco do que as camadas mais profundas, e isto se deve a remoção pelas plantas e a devolução efetuada pelas folhas que caem no solo, promovendo um acumulação relativa deste metal na superfície do solo.

O zinco participa na síntese do AIA, RNA, oxidases e redução do nitrato.

Como os outros micronutrientes discutidos anteriormente, o zinco é pouco móvel na planta, e os sintomas visuais mais freqüentes são encurtamento dos internódios, plantas anãs, folhas novas pequenas, estreitas e alanogadas, e ocorre diminuição na produção de sementes.

## 2.7 – O CULTIVO DO PIMENTÃO

Apesar ter origem nas Américas, as plantas do gênero *Capsicum* são cultivadas e bem adaptadas em regiões tropicais e temperadas. Na família *solanaceae* são encontradas onze gêneros e cinco espécies de capsicum. As espécies mais cultivadas são: *C. Annuum*, *C. Frutences*, *C.chinese*, *C. Baccatum* e *C. Pubescens*, sendo que esta última, é a única não cultivada no Brasil (Casali & Couto, 1984)

Geralmente, as plantas possuem porte arbustivo e ramificado, atingindo uma altura média que varia de 0,60m a 0,80m, entretanto dependendo da espécie e do local do cultivo, as plantas podem atingir alturas mais elevadas.

De acordo com Filgueira (1981), o pimentão é uma cultura de clima tropical quente e sub-úmido, exigindo temperaturas mais elevadas durante sua germinação. A melhor temperatura para o cultivo do pimentão varia de 27 a 30°C, e acima de 35°C, o desenvolvimento dos frutos é bastante prejudicado.

Além da temperatura, efeitos como luminosidade, pragas, doenças, acidez e salinidade da água e do solo podem afetar o desenvolvimento do pimentão

A maioria dos consumidores preferem os frutos verdes, brilhantes e tenros, por isto os frutos devem ser colhidos quando atingirem seu desenvolvimento máximo. Segundo Pereira (1990), os rendimentos normais de produtividade variam de 20 a 40 t/ha, mas podem chegar a rendimentos ótimos de 80 t/ha, neste caso, tem-se uma média de 12 a 15 frutos por planta.

---

---

## Material e Métodos

---

---

### 3.1. – LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado durante o decorrer do ano de 2001, a partir do dia 19 de julho até 30 de dezembro do referido ano em uma área pertencente a Universidade Federal de Campina Grande, onde se encontra o prédio do PROSAB (Programa de Saneamento Básico). Esta área encontra-se localizada na cidade de Campina Grande – PB

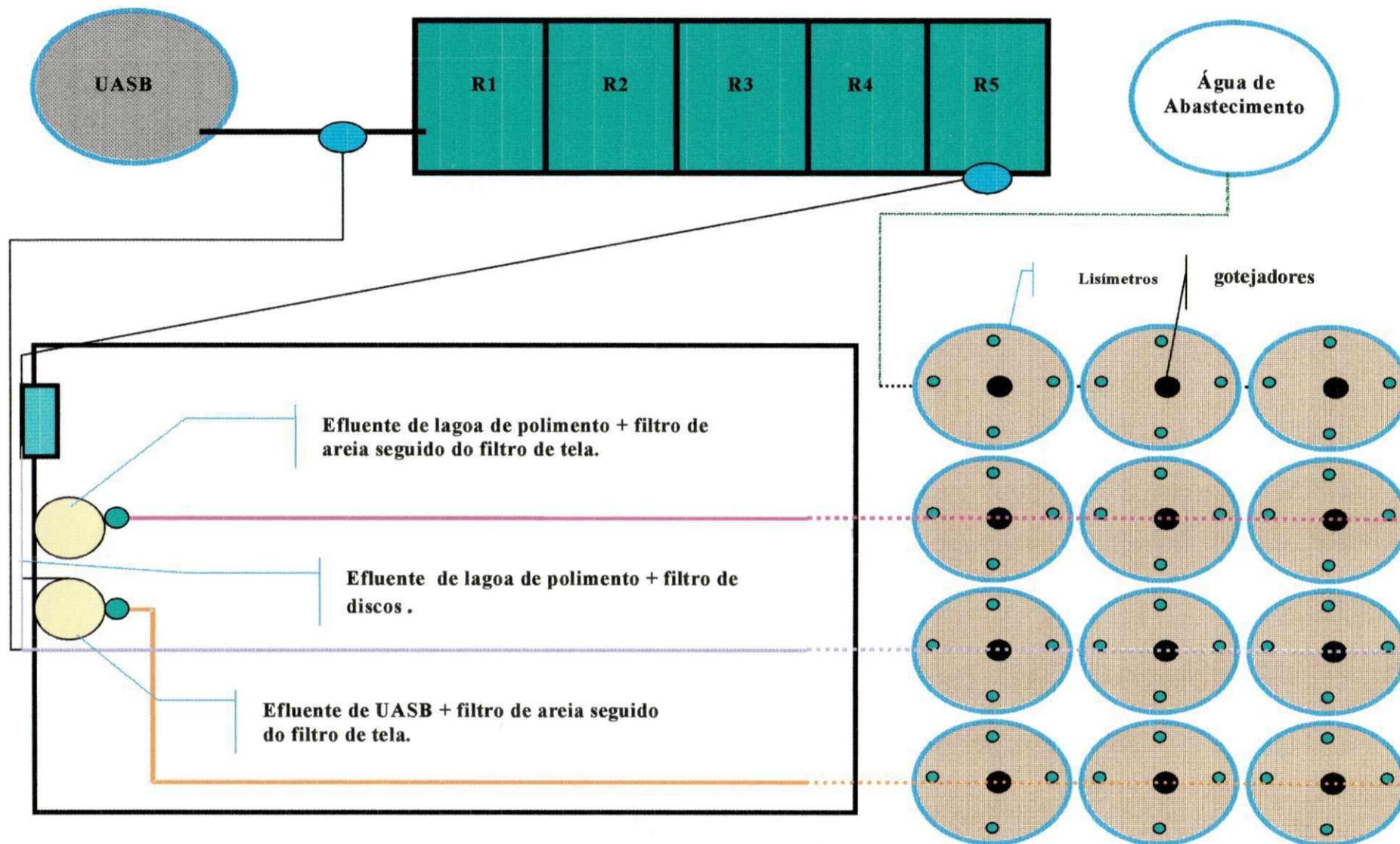
### 3.2 - SISTEMA DE IRRIGAÇÃO UTILIZADO

Utilizou-se no experimento, um sistema de irrigação pressurizado por gotejamento, composto pelos seguintes componentes:

- bombas de 0,5 CV de potência para adução das águas residuárias;
- linhas primárias de PVC rígido com 2' de diâmetro;
- linhas secundárias de plástico flexível com ½' de diâmetro;
- filtro de areia;
- filtro de tela;
- filtro de discos;
- gotejadores de vazão igual a 3,75 L/h e pressão de 15 Kpa.

Verifica-se na figura 4.1, um esquema da disposição do experimento. As águas residuárias utilizadas foram captadas por meio de duas bombas com potência de 0,5 CV e aduzidas por linhas primárias enterradas de PVC rígido de 2' de diâmetro até os filtros utilizados para cada tipo de água utilizada. Após o processo de filtragem, as águas chegavam aos gotejadores, os quais estavam dispostos sobre os lisímetros. Em cada lisímetro contendo quatro plantas foi disposto um gotejador com vazão de 3,75 L/h. Para a adução da água de abastecimento, utilizou-se uma caixa de volume igual a 500L, acondicionada sob uma plataforma com 1,80m de altura, fazendo com que a água fosse aduzida por gravidade até aos lisímetros. Neste tratamento, utilizou-se os mesmos tipos de gotejadores e mangueiras flexíveis de ½' de diâmetro para a adução da água.

Figura 4.0 - Vista superior da montagem do experimento.



### 3.3 – ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO

No experimento, utilizou-se quatro tipos de água, os quais compuseram os tratamentos T1, T2, T3 e T4. Utilizou-se água de abastecimento público para o tratamento T1, Para os tratamentos T2 e T3, utilizou-se efluente tratado por lagoas de polimento, o qual fora submetido a dois diferentes processos de filtração. Para a filtração da água do tratamento T2, utilizou-se um filtro de areia e um filtro de tela, enquanto para a filtração da água do tratamento T3, utilizou-se um filtro de discos. A água do tratamento T4 consistiu na filtragem do efluente do reator UASB, utilizando um filtro de areia e um filtro de tela.

#### 3.1 – Água de Abastecimento

A água de abastecimento público utilizada como testemunha no experimento proveio da rede de abastecimento público de água da cidade de Campina Grande – PB. Armazenou-se a água de abastecimento em uma caixa d'água de fibra de vidro com volume igual a 500 L que se encontrava sob uma plataforma de alvenaria, fazendo com que a água fosse aduzida por gravidade. A caixa d'água permaneceu fechada durante todo o experimento, evitando, assim, a entrada de pequenos animais e insetos para o interior da mesma, preservando a qualidade da água.

#### 3.2 – Águas Residuárias

Para a irrigação das culturas com água residuária, utilizou-se efluente de lagoas de polimento e efluente de um reator UASB, os quais tratavam o esgoto bruto doméstico proveniente de bairros circunvizinhos à região do bairro do Catolé, localizado na cidade de Campina Grande – PB.

O efluente de lagoa de polimento foi tratado por uma série de lagoas construídas de alvenaria de tijolos, divididas internamente por cinco paredes, formando assim cinco divisões denominadas raias R1, R2, R3, R4 e R5. Todas as raias possuíam as seguintes dimensões: 10 m de comprimento, 1m de largura e 0,60 m de profundidade. A passagem do efluente de uma raia para outra se dava no sentido topo-fundo, realizado com o auxílio de um tubo de PVC de 50 mm de diâmetro. Na parte superior do tubo havia um disco que servia para reter a massa algal das lagoas e direcionar o fluxo de uma lagoa para outra. Na Tabela 3.1, encontram-se as características operacionais da lagoa de polimento.

**Tabela 3.1: Características Operacionais da Lagoa de Polimento**

Características Operacionais	Valores
Fonte de Alimentação da lagoa	Efluente do reator UASB
Vazão (m <sup>3</sup> /dia)	6,0
Tempo de Detenção Hidráulica (dias)	7,0

O efluente de lagoa de polimento era retirado da última raia (R5), por apresentar melhor qualidade. Após isso, este era aduzido por meio de uma bomba de 0,5 CV de potência ao cabeçal de controle, para que ocorresse o processo de filtração e, assim, fosse efetuada a irrigação da cultura.

O outro tipo de efluente utilizado na irrigação da cultura era proveniente do reator UASB. O reator foi confeccionado em uma caixa d'água de fibra de vidro com capacidade igual a 5.000 L, o mesmo possuía uma construção bastante simples e econômica, aliás esta é uma de suas maiores vantagens. Através de uma bomba de 0,5 CV de potência, a água era captada e levada ao cabeçal de controle, para que fosse realizada a irrigação. As características operacionais do reator UASB são mostradas na Tabela 3.2. Na figura 4.2 e 4.3 são mostrados o reator UASB e as lagoas de polimento de onde foi retirado o efluente.

**Tabela 3.2 Características Operacionais do Reator UASB**

Características Operacionais	Valores
Fonte de Alimentação do reator	Esgoto bruto
Vazão (m <sup>3</sup> /dia)	4,0
Tempo de Detenção Hidráulica (dias)	5,0

### 3.4 – CULTURA UTILIZADA

Utilizou-se duas variedades de pimentão (*Capsicum annuum*, L.), denominadas de Yollo – Wonder (V1) e Rubi Giant (V2). A planta da variedade Yollo–wonder possui ampla folhagem, é vigorosa e muito produtiva. Seus frutos de formato quadrado, possuem coloração verde brilhante, e quando estão maduros são vermelhos. Geralmente, possuem a polpa muito espessa e pesam entre 130g a 150g. A colheita inicia-se a partir dos 100 a 110 dias após a semeadura. Por ser uma cultivar rústica e bastante resistente apresenta boa aceitação no mercado nordestino.

A cultivar da variedade Rubi – Giant possui folhagem densa e abundante. Seus frutos, de formato quadrado, são firmes e de coloração vermelha brilhante após sua maturação.

Como estes frutos são colhidos após sua maturação, a colheita demora mais do que a outra variedade, e geralmente ocorre 120 dias após a semeadura.

Em geral, as sementes comercializadas são previamente tratadas com inseticidas, isto é feito para que a semente não seja tão vulnerável à doenças na época da germinação. Todavia, o cultivo do pimentão (*Capsicum annuum*, L.) ainda é trabalhoso, pois é uma cultivar sensível e susceptível a pragas e doenças.

### **3.5 – CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO**

#### **3.5.1 – Confeção e Montagem dos Lisímetros**

Confeccionou-se ao todo doze lisímetros em caixas de fibra de vidro de volume igual a 500 L, o diâmetro da face superior e inferior eram iguais a 110 cm e 90 cm, respectivamente, com 70 cm de altura. Em cada lisímetro foram colocados tubos de PVC rígido com diâmetro igual a  $\frac{3}{4}$ ” perfurados com orifícios de 5mm de diâmetro na face superior, drenando, assim, para o exterior do lisímetro. A água drenada era coletada diariamente para leitura do volume diário drenado, e quizenalmente, para as análises físico-químicas e microbiológicas.

Colocou-se em cada lisímetro uma camada de 10 cm de espessura de brita 0, uma camada de 10 cm de espessura de areia média e uma camada de solo com espessura igual a 50cm. O solo utilizado para o preenchimento dos lisímetros foi retirado de um terreno situado próximo a Universidade Federal de Campina Grande. O solo foi classificado edafologicamente, segundo Embrapa (2001), como um Regossolo. Estes tipos de solos não passaram por um processo completo de intemperização, e por isso são considerados solos jovens e pouco profundos.

O local definitivo onde foram dispostos os lisímetros foi coberto para que o experimento não sofresse influência das chuvas.

#### **3.5.2 – Preparo do Solo**

Antes do preenchimento dos lisímetros, o solo foi posto para secar, e após isso foi destorroado e peneirado. O solo utilizado não recebeu adubação orgânica ou mineral antes do transplante das mudas. Não foi necessário fazer correção para combater acidez ou salinidade, pois o mesmo não apresentava tais problemas segundo as análises químicas realizadas.

A limpeza da superfície do solo era realizada quando necessário, utilizando-se ferramentas para jardinagem.

### 3.5.3 – Plantio das Mudas

As mudas de pimentão (*Capsicum annuum*, L.) foram plantadas em copos de plástico descartáveis perfurados na superfície inferior, e acondicionadas em casa de vegetação durante os trinta primeiros dias. Utilizou-se como substrato vermiculita e uma mistura de casca de coco e arroz, na proporção 2:1, como é sugerido por Filgueira (2000). Em cada copo foram plantadas cinco sementes a poucos milímetros da superfície, evitando o crescimento das primeiras folhas dentro do substrato. Além disso, tomou-se cuidados como não adensar muito o substrato, permitindo assim o crescimento da raiz e da parte aérea; não deixar as mudas expostas ao meio ambiente, evitando pragas e doenças; não molhar demasiadamente as mudas, favorecendo uma boa oxigenação do meio, lembrando sempre que o pimentão (*Capsicum annuum*, L.) é muito exigente em água, mas não tolera encharcamento; e irrigar em horários de temperatura amena. Estes cuidados proporcionam boa germinação e mudas vigorosas.

A irrigação das mudas era realizada sempre nas primeiras horas da manhã. A lâmina de água utilizada e intervalo de irrigação foram calculados de acordo com Gomes (1999), levando-se em conta a necessidade hídrica da cultura, os fatores climáticos e os tipos de águas utilizadas no experimento. Desde o princípio, utilizou-se os mesmos tipos de água, ou seja: água de abastecimento, efluente de lagoa de polimento e efluente do reator UASB.

### 3.5.4 – Transplântio das Mudas

No dia anterior ao transplântio deixou-se o solo em capacidade de campo. As mudas foram trasplantadas para os lisímetros as 17:30 do dia 18/08/2001, e escolheu-se as duas mudas mais vigorosas de cada variedade para ser transplantadas em local definitivo. Em geral, o espaçamento adotado para o pimentão (*Capsicum annuum*, L.) é de 0,40 m entre plantas e 0,80 m entre fileiras. Todavia, segundo Pinto et al. (1984), o espaçamento para o pimentão (*Capsicum annuum*, L.) depende das condições de clima, da cultivar e dos tratos culturais empregados. No experimento foi utilizado espaçamento de 0,40 m entre plantas e entre fileiras devido ao espaço disponível para o cultivo.

### 3.5.5 – Tratos Culturais

#### 3.5.5.1 – Adubação

A análise química e de fertilidade do solo utilizado revelou que havia baixos níveis de nutrientes e matéria orgânica, com exceção de cálcio e magnésio, os quais se apresentavam em maiores quantidades. Em virtude desta análise, foram realizadas, no solo irrigado com água de abastecimento, adubações utilizando N, P, K, com intuito de suprir as necessidades nutricionais que

## 4.1 – SOLO E PLANTA

### 4.1.1 – Parâmetros químicos

#### 4.1.1.1 – Cálcio trocável

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4.1, a concentração de cálcio no solo antes das irrigações foi de 11,30 g/kg, aos noventa dias, os solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentaram, no período da floração/frutificação, teores de cálcio que variaram de 5,6 g/kg para T4 a 8,40 g/kg para T2, observar Figura 4.1. Segundo van Raij (1991), os teores de cálcio apresentados pelo solo antes da irrigação e pelos solos dos tratamentos T1, T2 e T3 foram caracterizados como mediano (8,4 g/kg a 16 g/kg), enquanto que o solo do tratamento T4 apresentou um teor abaixo do adequado (< 8,0 g/kg).

Ao término do experimento, vide Tabela 4.2, os teores de cálcio no solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 variaram de 4,32 g/kg para T1 a 7,20 g/kg para T2, dependendo da água de irrigação. Os teores de cálcio de todos os tratamentos, de acordo com a Figura 4.2, apresentaram-se abaixo do limite adequado (< 8,0 g/kg), segundo a mesma fonte citada acima.

Note-se que houve decréscimo nos teores de cálcio existentes nos solos de todos os tratamentos, em relação ao solo no início do experimento, e isto provavelmente ocorreu devido ao consumo da cultura durante o seu ciclo fenológico e a lixiviação deste elemento pelas águas de irrigação. Segundo Haag et al. (1970), a extração de cálcio pela cultura do pimentão é intensa e crescente, ultrapassando a extração de nitrogênio após os 100 dias de idade da cultura.

Apesar dos teores de cálcio no solo se classificarem como baixos, isto não provocou danos às plantas, pois de acordo com Ayers e Westcot (1991), os teores contidos nas águas de irrigação foram suficientes para suprir a demanda deste nutriente exercida pelas plantas.

Na análise do tecido foliar, segundo a Tabela 4.3, os teores de cálcio para a variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 foram de 34,0 g/kg, 37,5 g/kg, 39,9 g/kg e 37,4 g/kg, respectivamente. Para a variedade Rubi-Giant, os teores de cálcio foram iguais a 36,5 g/kg, 45,5 g/kg, 32,5 g/kg e 33,5 g/kg, respectivamente.

Desta forma, os teores de cálcio existentes no tecido foliar analisado para as duas variedades cultivadas apresentaram-se acima do teor considerado adequado por (Malavolta, 1997) que é 25 g/kg, com isto pode-se afirmar que o estado nutricional da planta, naquele momento, era

satisfatório. Também, ao longo do experimento, não foram observados problemas de toxidez ou sintomas de excesso deste nutriente nas plantas.

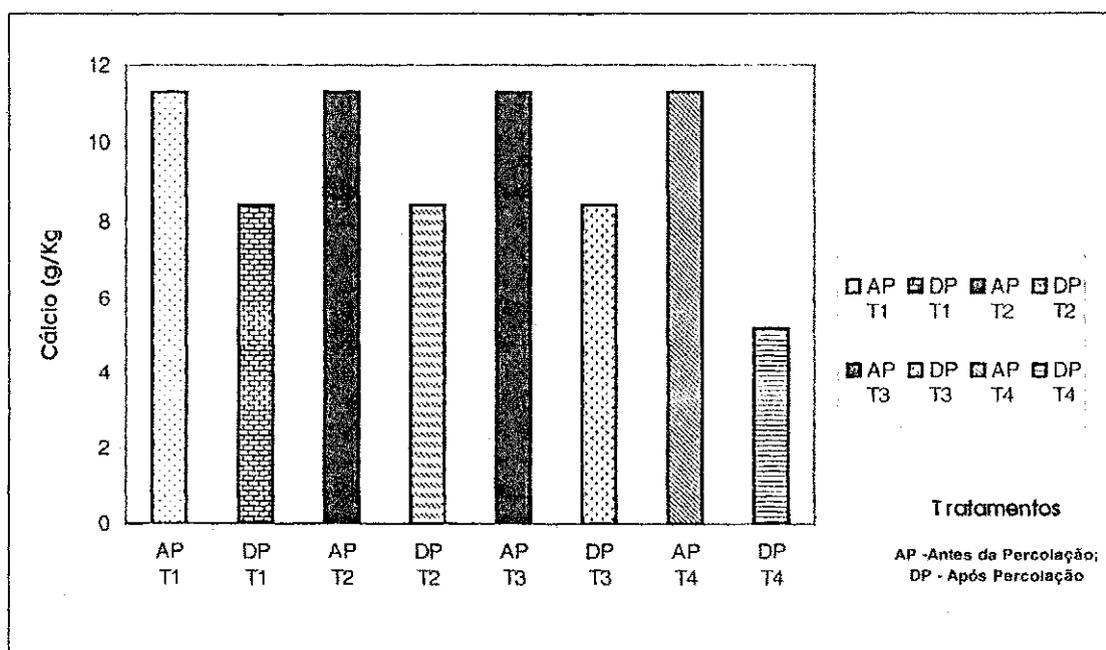


Figura 4.1 – Valores de cálcio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.

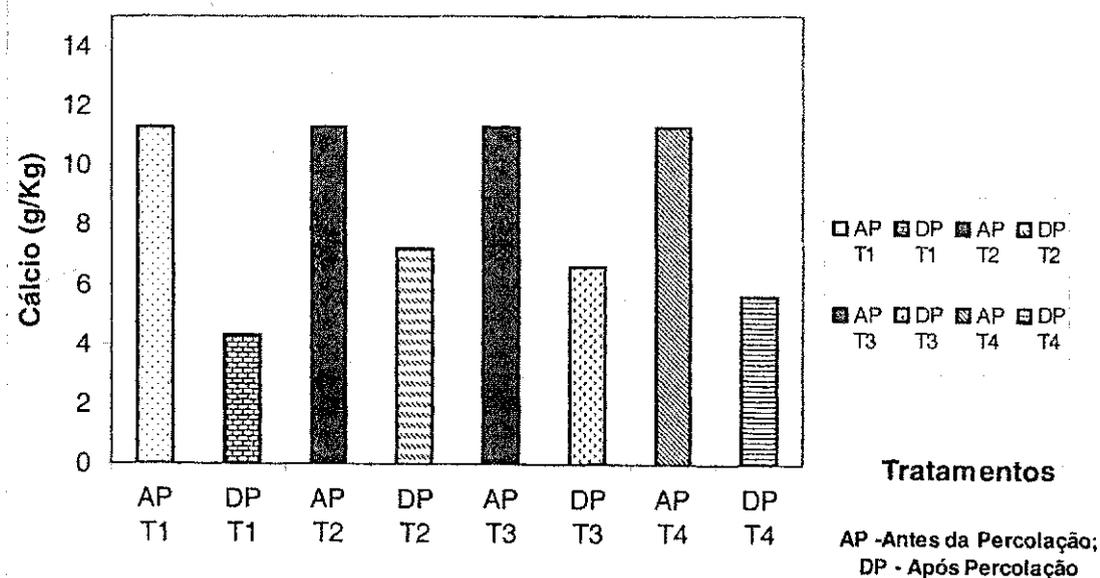


Figura 4.2 - Valores de cálcio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.

São apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2 os resultados das análises químicas antes e após a irrigação com as águas de abastecimento e residuária para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, aos noventa dias (floração/frutificação) e ao final do experimento.

**Tabela 4.1** – Resultados da análise química do solo antes e após a irrigação com água de abastecimento e água residuária aos noventa dias (floração/frutificação).

Parâmetros	Tratamentos							
	T1		T2		T3		T4	
	AI	DI	AI	DI	AI	DI	AI	DI
Ca (g/kg)	11,30	8,40	11,30	8,40	11,30	8,40	11,30	5,20
Mg (g/kg)	2,33	2,20	2,33	2,20	2,33	2,20	2,33	2,20
K (g/kg)	0,64	0,68	0,64	0,84	0,64	0,84	0,64	0,68
Na (g/kg)	0,016	2,30	0,016	2,90	0,016	2,94	0,016	1,38
H (g/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al (g/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fósforo Assimilável (mg/kg)	15,00	27,00	15,00	20,00	15,00	13,00	15,00	18,00
MO (g/kg)	6,50	3,46	6,50	3,10	6,50	4,42	6,50	2,89
pH (Extrato de saturação)	6,86	6,10	6,86	6,70	6,86	6,50	6,86	5,90

AI - Antes da irrigação; DI - Após a irrigação; T1 - Água de abastecimento + adubação mineral; T2 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de areia; T3 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de discos; T4 - Efluente do reator UASB + filtro de areia;

**Tabela 4.2** – Resultados da análise química do solo antes e após a irrigação com água de abastecimento e água residuária ao final do experimento.

Parâmetros	Tratamentos							
	T1		T2		T3		T4	
	AI	DI	AI	DI	AI	DI	AI	DI
Ca (g/kg)	11,30	4,32	11,30	7,20	11,30	6,60	11,30	5,60
Mg (g/kg)	2,33	2,67	2,33	2,68	2,33	2,55	2,33	3,55
K (g/kg)	0,64	0,96	0,64	0,56	0,64	0,56	0,64	0,72
Na (g/kg)	0,016	0,82	0,016	0,74	0,016	0,99	0,016	1,79
H (g/kg)	0,00	0,014	0,00	0,005	0,00	0,08	0,00	0,11
Al (g/kg)	0,00	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,53
Fósforo Assimilável (mg/kg)	15,00	27,00	15,00	40,0	15,00	27,00	15,00	24,00
MO (g/kg)	6,50	-	6,50	2,70	6,50	3,00	6,50	1,90
N (g/kg)	8,75	51,80	8,75	38,85	8,75	33,95	8,75	84,00
Cu (mg/kg)	0,04	0,09	0,04	0,09	0,04	0,09	0,04	0,07
Fe (mg/kg)	11,75	8,62	11,75	8,53	11,75	9,18	11,75	7,91
Mn (mg/kg)	1,73	1,74	1,73	1,76	1,73	1,21	1,73	1,01
Zn (mg/kg)	0,93	2,44	0,93	0,97	0,93	0,80	0,93	0,97
pH (Extrato de saturação)	6,86	4,48	6,86	6,24	6,86	6,48	6,86	5,33

AI - Antes da irrigação; DI - Após a irrigação; T1 - Água de abastecimento + adubação mineral; T2 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de areia; T3 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de discos; T4 - Efluente do reator UASB + filtro de areia;

Os resultados médios dos teores de macro e micronutrientes existentes no tecido foliar das variedades Yollo-wonder e Rubi Giant para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 são apresentados na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3 - Resultados médios dos teores de macronutrientes e micronutrientes existentes no tecido foliar das variedades Yollo-wonder e Rubi-Giant para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao final do experimento**

Parâmetros	Tratamentos							
	T1		T2		T3		T4	
	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
N (g/kg)	39,9	40,7	40,5	38,9	39,7	40,1	37,6	40,9
K (g/kg)	26,0	30,4	31,5	32,3	28,1	31,5	21,5	29,1
P (g/kg)	2,2	3,1	3,2	2,0	4,3	2,8	3,4	2,60
Ca (g/kg)	34,0	36,5	37,5	45,5	39,9	38,5	37,4	33,5
Mg (g/kg)	12,6	11,6	15,8	15,3	15,8	12,5	14,9	14,3
Cu (mg/kg)	8,5	8,6	6,7	9,7	13,8	10,7	16,4	8,3
Fe (mg/kg)	271	253	268,3	291,7	228,7	254,3	225	222,3
Mn (mg/kg)	137,5	229	59,7	51,0	50,0	42,0	112	79,3
Zn (mg/kg)	72,8	99,6	35,1	49,3	42,0	53,1	57,3	59,2

V1- Variedade Yollo-Wonder; V2- Variedade Rubi-Giant; T1 – Água de abastecimento + adubação mineral; T2 – Efluente de lagoa de polimento + filtro de areia; T3 – Efluente de lagoa de polimento + filtro de discos; T4 – Efluente do reator UASB + filtro de areia;

#### 4.1.1.2 – Magnésio trocável

O teor de magnésio existente no solo antes das irrigações foi de 2,33 g/kg, e aos noventa dias, todos os solos apresentaram teores de magnésio iguais a 2,20g/kg, ver Tabela 4.1. No final do experimento, de acordo com os dados apresentados na Tabela 4.2, os solos dos tratamentos estudados mostraram um leve aumento nos teores de magnésio, apresentando valores médios que variaram de 2,67 g/kg para T1 a 3,55 g/kg para T2. De acordo com van Raij (1991), o teor de magnésio existente no solo antes da irrigação foi caracterizado como mediano (1,45 g/kg a 2,43 g/kg), entretanto após as irrigações os solos apresentaram teores considerados adequados pelo mesmo autor (> 2,43 g/kg).

No período da floração e frutificação (vide Figura 4.3) houve um leve decréscimo nos teores de magnésio para todos os tratamentos, e isto provavelmente aconteceu porque nestas fases ocorrem as maiores retiradas de nutrientes pelas plantas, além disso, parte do magnésio existente no solo foi lixiviado. Ao final do experimento (vide Figura 4.4), houve um leve acréscimo nos teores de magnésio existentes no solo de todos os tratamentos, e isto se deu devido as águas de irrigação possuírem teores altos deste elemento, proporcionando a elevação dos teores de magnésio do solo. Além disso, segundo (Fernandes, 1971), o magnésio não é um nutriente muito requerido pela cultura do pimentão, pois a mesma necessita e retira do solo maiores quantidades de nutrientes como o potássio, o cálcio e o nitrogênio.

---

---

## **Apresentação, análise e discussão dos resultados**

---

---

Na análise do tecido foliar, os teores de magnésio para a variedade Yollo-Wonder variaram de 12,6 g/kg para T1 a 15,8 g/kg para T2, enquanto que para a variedade Rubi-Giant, os teores variaram de 11,6 g/kg a 15,3 g/kg, para T1 e T2, respectivamente.

Os teores de magnésio existentes no tecido foliar analisado para as duas variedades cultivadas foram considerados adequados por (Malavolta,1997) que é 7,5 g/kg, mostrando, assim, o bom estado nutricional da planta em relação a este nutriente.

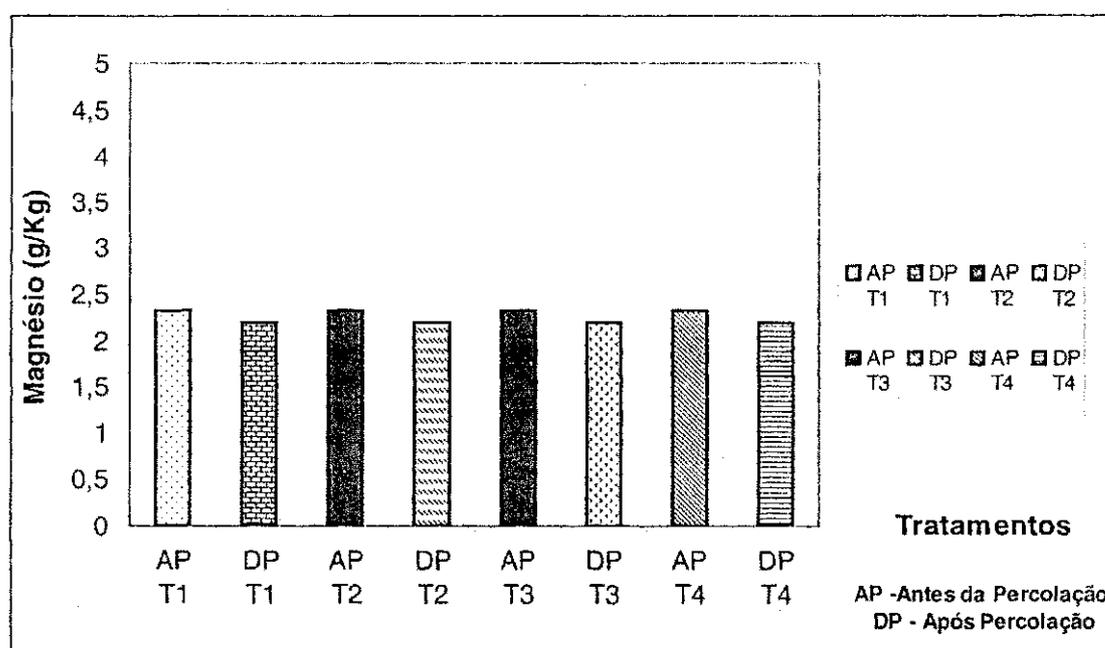


Figura 4.3 - Valores de magnésio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.

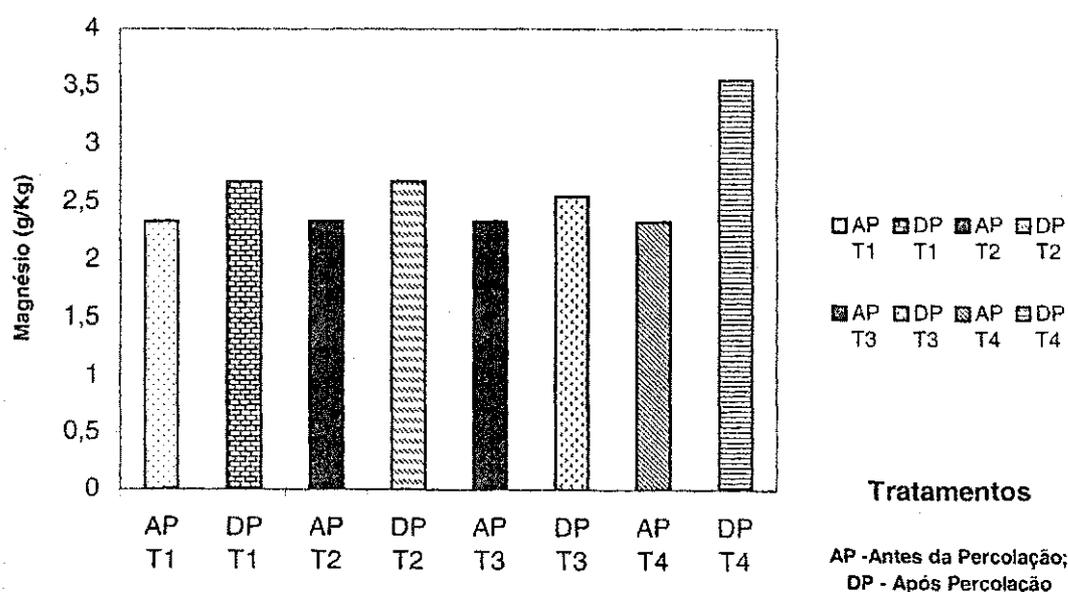


Figura 4.4 - Valores de magnésio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.

#### 4.1.1.3 – Potássio trocável

O teor de potássio existente no solo antes das irrigações foi de 0,64 g/kg, e no período da floração e frutificação, os solos dos tratamentos T1 e T4 apresentaram teores de potássio iguais a 0,68 g/kg, enquanto os solos dos tratamentos T2 e T3 mostraram valores iguais a 0,84 g/kg. No final do experimento, os solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentaram, respectivamente, valores iguais a 0,96 g/kg, 0,56 g/kg, 0,56 g/kg e 0,72g/kg. De acordo com Malavolta (1997), o teor de potássio existente no solo antes da irrigação foi caracterizado como mediano (0,40 g/kg a 0,80 g/kg). No período da floração e frutificação, vide Tabela 4.1, os tratamentos T1 e T4 apresentaram teores medianos de potássio (0,40 g/kg a 0,80 g/kg), enquanto que os tratamentos T2 e T3 apresentaram valores adequados (>0,8 g/kg). Ao final do experimento, observa-se na Tabela 4.2 que o tratamento T1 mostrou um teor adequado de potássio no solo (>0,8 g/kg), enquanto que os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram valores medianos (0,40 g/kg a 0,80 g/kg).

Em relação ao teor de potássio existente no solo antes da irrigação, observou-se que o solo do tratamento T1 após as irrigações apresentou um aumento leve aumento no teor de potássio, enquanto que os solos dos tratamentos T2, T3 e T4 não apresentaram grandes variações, vide Figuras 4.5 e 4.6. O acréscimo no teor de potássio no solo do tratamento T1 foi ocasionado pela adubação potássica realizada durante o experimento, com intuito de elevar o potássio existente no solo para o teor adequado, que de acordo com Malavolta (1997), deve ser maior que 0,80 g/kg. Além da adubação, acredita-se que a morte de algumas plantas durante o experimento pode ter ocasionado uma diminuição no consumo deste elemento, fazendo com que o mesmo ficasse em maior quantidade no solo. O leve decréscimo do teor de potássio no solo para os tratamentos T2 e T3 pode ter ocorrido por causa do maior consumo deste nutriente pelas plantas. Quanto ao tratamento T4, não se pode afirmar com afinco, mas o aumento do teor de potássio no solo pode estar relacionado com o alto teor de magnésio ali também existente. Segundo Malavolta (1997), altos teores de magnésio no solo podem induzir a deficiência de potássio na planta, e se a planta não consegue retirar o potássio do solo, é de se esperar que se encontre teores mais elevados deste nutriente.

Verifica-se na Tabela 4.3, que na análise do tecido foliar, as concentrações de potássio para a variedade Yollo-Wonder variaram de 21,5 g/kg para T1 a 31,5 g/kg para T2, enquanto para a variedade Rubi-Giant, esta variação foi igual 29,1 g/kg e 32,3 g/kg para T4 e T2, respectivamente.

As concentrações de potássio existentes no tecido foliar analisado para as duas variedades cultivadas foram todos maiores do teor considerado adequado por (Malavolta,1997) que é 25 g/kg, exceto para a variedade V1 do tratamento T4.

O baixo teor de potássio na variedade Yollo-Wonder do tratamento T4 pode estar relacionado com dois fatores: altas concentrações de magnésio no solo, o que proporciona deficiência induzida de potássio, ou no período da coleta, retirou-se um número maior de folhas velhas, as quais possuem baixas concentrações deste nutriente devido a alta mobilidade do mesmo. Em relação aos tratamentos T2 e T3, o decréscimo do teor de potássio no solo possivelmente está relacionado ao maior consumo deste nutriente pelas plantas.

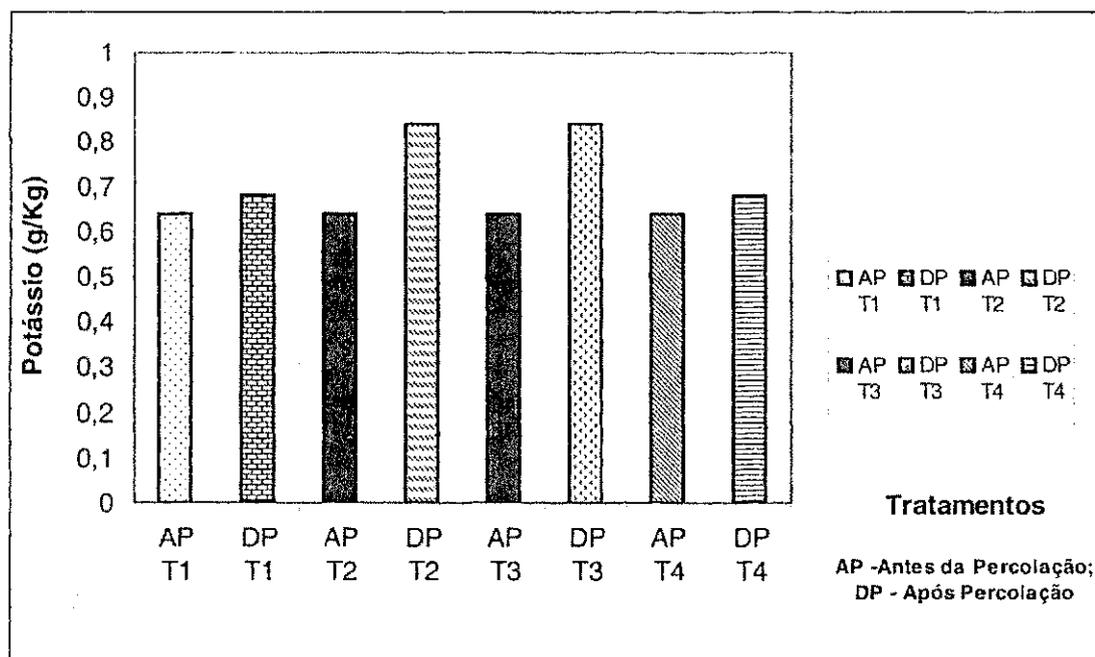


Figura 4.5 - Valores de potássio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.

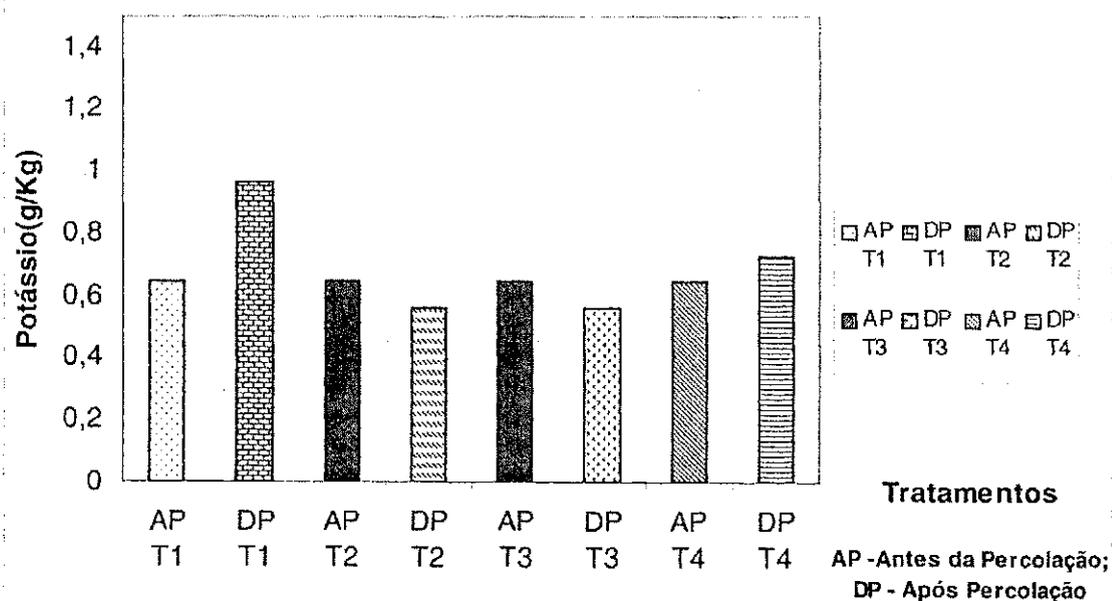


Figura 4.6 - Valores de potássio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.

#### **4.1.1.4 – Sódio trocável**

De acordo com os dados da Tabela 4.1, verifica-se que a concentração de sódio no solo antes das irrigações foi igual a 0,016 g/kg, após noventa dias de irrigação houve um aumento nas concentrações deste elemento nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4, os quais apresentaram valores iguais a 2,30 g/kg, 2,90 g/kg, 2,94 g/kg e 1,38g/kg, respectivamente. Ao final do experimento, vide Tabela 4.2, as concentrações de sódio diminuíram um pouco em relação ao período da floração/frutificação para os tratamentos T1, T2 e T3, e estes apresentaram valores iguais a 0,82 g/kg, 0,74 g/kg e 0,99 g/kg, respectivamente. No tratamento T4, observou-se um leve aumento na concentração de sódio em relação ao período citado acima, apresentando assim, um valor igual a 1,79 g/kg.

Em relação ao solo antes das irrigações, como apresentado nas Figuras 4.7 e 4.8, observou-se um acréscimo da concentração de sódio no solo para todos os tratamentos, e isto provavelmente aconteceu devido a adição deste elemento através das águas de irrigação e da adubação mineral utilizada no tratamento T1. Devido ao sódio não ser considerado um nutriente essencial às plantas e sua quantidade no solo ser bem pequena em relação aos outros macronutrientes, principalmente o potássio, que é o macronutriente encontrado em menor abundância, não se encontrou bibliografias que mostrassem teores maléficos e benéficos de sódio. Entretanto, (Tomé Jr, 1997) recomenda atenção especial quando as concentrações de sódio presentes no solo sejam proporcionais as concentrações dos outros cátions, sobretudo, o potássio. O mesmo autor sugere que normalmente, o teor de sódio no solo deve ser menor que 0,23 g/kg, desta forma os solos do tratamentos T1, T2, T3 e T4 mereceriam uma atenção especial e um manejo bem cuidadoso, sob pena de futuros problemas de salinização.

Não foram realizadas análises de teores de sódio no tecido vegetal, contudo não foram observados, durante o experimento, sintomas de toxidez por sódio nas plantas.

#### **4.2.1.5 – Alumínio trocável e hidrogênio dissociado (Acidez Potencial)**

Não houve presença de alumínio trocável no solo antes das irrigações, nem nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 até aos noventa dias (Tabela 4.1). Ao final do experimento, os tratamentos T2 e T4 apresentaram teores de alumínio trocável iguais a 0,53 g/kg, não sendo detectado, portanto, a presença deste elemento nos tratamentos T1 e T3 (Tabela 4.2).

Segundo Tomé Jr. (1997), o teor de alumínio trocável existente nos solos dos tratamentos T2 e T4 foi considerado baixo, já que os mesmos apresentaram valor menor que 1,3 g/kg. A acidez potencial ( $Al^{3+} + H^+$ ), a qual é representada pela soma do alumínio trocável e do hidrogênio dissociado, se mostrou ausente no solo antes das irrigações, como também nos solos de

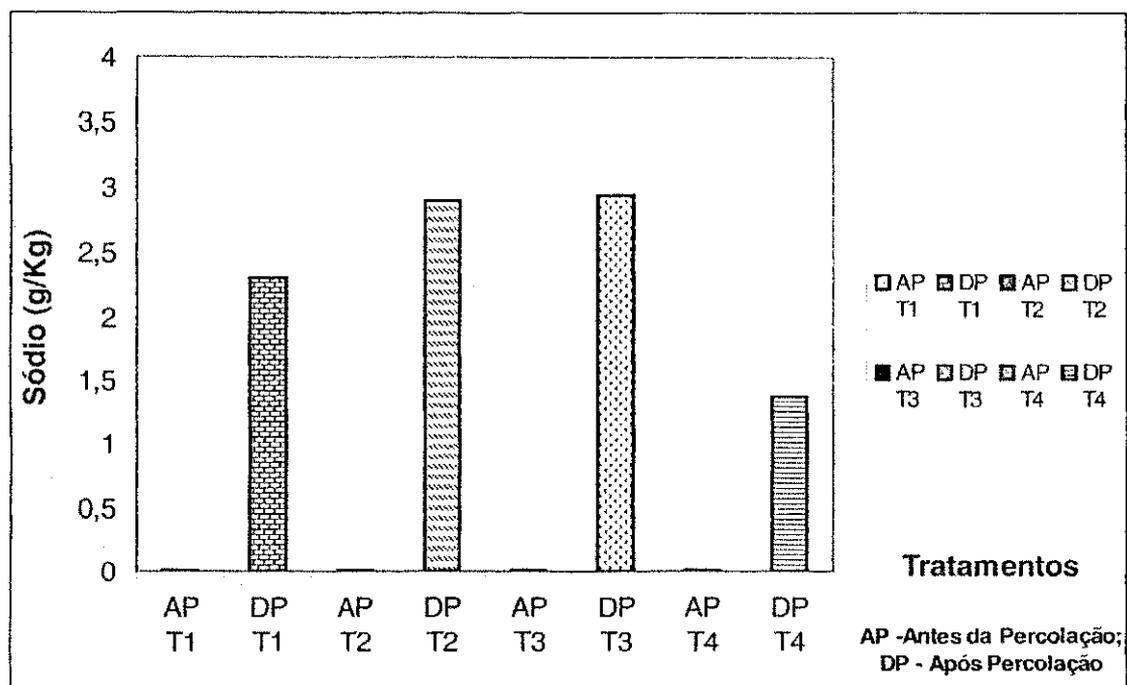


Figura 4.7 - Valores de sódio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.

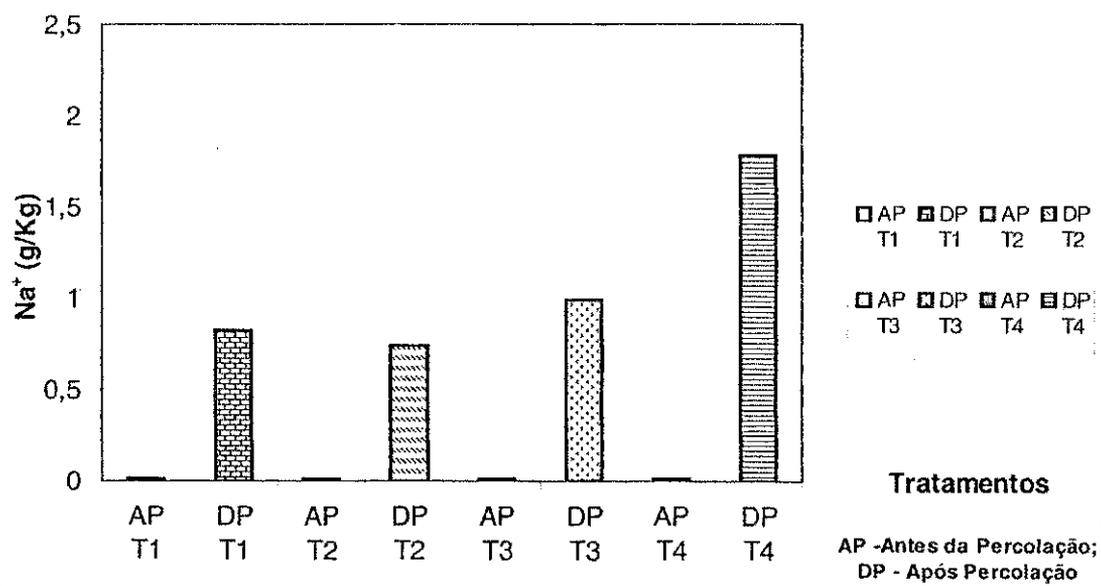


Figura 4.8 - Valores de sódio (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.

todos os tratamentos aos noventa dias. Ao término do experimento, verificou-se um leve aumento na acidez trocável do solo para todos os tratamentos, e esta pequena elevação se deu por conta da presença de hidrogênio no solo, adicionado pelas águas de irrigação. Os menores valores de acidez trocável foram iguais a 0,014 g/kg em T1 e 0,08 g/kg em T3, enquanto que T2 e T4 apresentaram valores iguais a 0,535 g/kg e 0,64 g/kg, respectivamente. Segundo Tomé Jr. (1997), não existe classificação para a acidez trocável, pois o objetivo principal dessa determinação é o cálculo da capacidade de troca catiônica (CTC).

Ao final do experimento, verificou-se que a CTC efetiva para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 foi de 4,23  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , 4,05  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , 4,09  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  e 4,84  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ , respectivamente. Sendo assim, a saturação por bases V(%) foi de 66% para T1, 83% para T2, 80% para T3 e 73% para T4. Em toda bibliografia sobre fertilidade dos solos, descreve-se que o método de saturação por base é um indicativo das boas condições de fertilidade dos solos, classificando-os em três grupos: os eutróficos ( $V > 50\%$ ), os distróficos ( $V < 50\%$ ) e álicos ( $\text{Al trocável} > 0,3 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ). Com isto, pode-se concluir que os solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 mostraram bons índices de fertilidade.

#### **4.1.1.6 – Fósforo assimilável**

O teor de fósforo existente no solo antes das irrigações, segundo os dados mostrados na Tabela 4.1, foi de 15 mg/kg, e aos noventa dias, os solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentaram teores de fósforo entre 13 mg/kg e 27 mg/kg, dependendo do tratamento. Observa-se nas Figuras 4.9 e 4.10, que ao término do experimento, os solos de todos os tratamentos, exceto T1, mostraram um aumento nos teores de fósforo. O solo do tratamento T1 não apresentou mudanças nos teores de fósforo, entretanto os solos dos outros tratamentos apresentaram valores entre 24 mg/kg e 40 mg/kg de fósforo assimilável (Tabela 4.2). De acordo com Malavolta (1997), o teor de fósforo existente nos solos antes e após as irrigações foi caracterizado como adequado ( $>10 \text{ mg/kg}$ ).

A elevação do teor de fósforo no solo do tratamento T1 ocorreu devido a utilização de adubação fosfatada no início do experimento, já que a água utilizada na irrigação de T1 continha baixos teores de ortofosfato solúvel. Ao contrário do tratamento T1, o aumento dos teores de fósforo nos tratamentos T2, T3 e T4 se deu principalmente pelo tipo de água usada para irrigação, as quais tinham altos teores de ortofosfatos solúveis.

Na análise do tecido foliar, como apresentado na Tabela 4.3, as concentrações de fósforo assimilável antes das irrigações para a variedade Yollo-Wonder estiveram entre 2,2 g/kg para T1 e 4,3 g/kg para T3, enquanto para a variedade Rubi-Giant, estas concentrações variaram de 2,0 g/kg para T2 a 3,1 g/kg para T1.

De acordo com Malavolta (1997), os teores de fósforo existentes no tecido foliar analisado para as duas variedades cultivadas dos tratamentos T3 e T4 foram adequados, isto é acima de 2,5 g/kg. Os dois outros tratamentos apresentaram deficiência de fósforo no tecido vegetal analisado, em T1 para a Yollo-Wonder e em T2 para a Rubi-Giant.

Apesar de não terem mostrado nenhuma deficiência visual de fósforo, sabe-se através da análise do tecido vegetal que algumas plantas ficaram abaixo do teor adequado. Primavesi (1987) cita que a disponibilidade do fósforo é afetada pelo pH do solo, pela presença de alumínio e de nitrogênio amoniacal no solo. Contudo, nenhuma destas razões seriam coerentes para explicar o motivo pelo qual estas plantas apresentaram baixo teores de fósforo no tecido vegetal, já que estes fatos não aconteceram para as plantas dos tratamentos T1 e T2, pois estes tratamentos apresentaram as características citadas acima. Além disso, o tratamento T4 apresentou o mesmo teor de alumínio no solo que o tratamento T2, e os teores de fósforo no tecido vegetal das plantas do tratamento T4 foram adequados. Então, pode-se inferir que o material coletado tinha mais folhas velhas do que novas, e sabe-se que o teor de fósforo é menor nas folhas velhas devido a alta mobilidade do fósforo na planta, assim este elemento pode ter migrado dos órgãos mais velhos para tecidos em desenvolvimento, como folhas e frutos novos, e desta forma, o teor de fósforo no tecido vegetal analisado para as referidas plantas estaria abaixo do adequado.

Nas Figuras 4.9 e 4.10 é apresentada a evolução dos teores de fósforo assimilável durante o experimento.

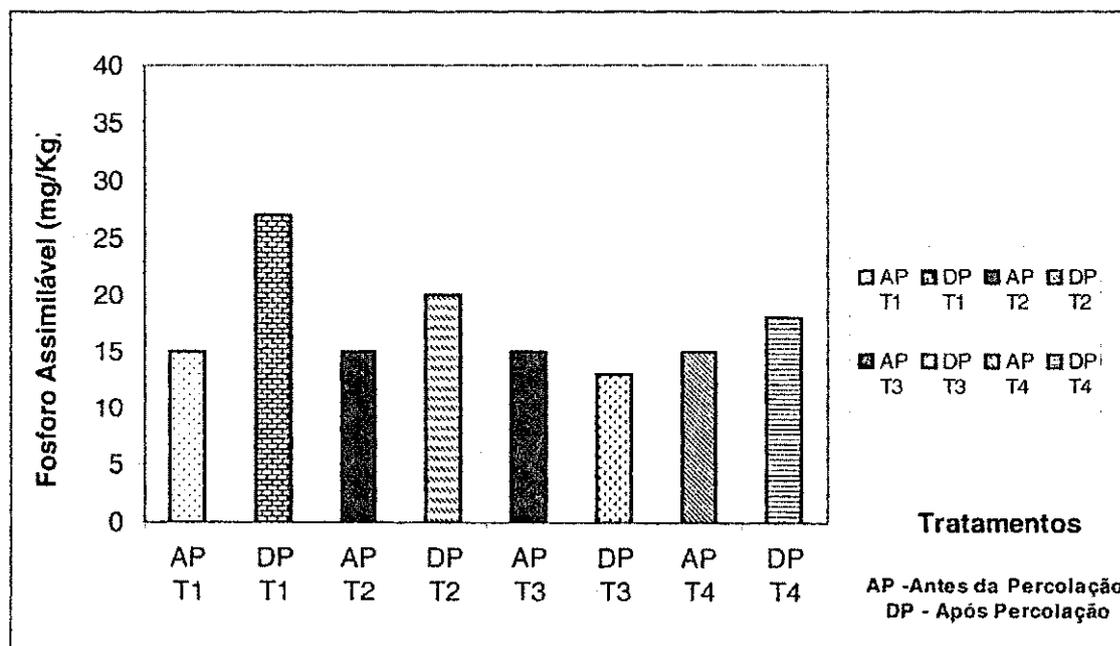


Figura 4.9 - Valores de fósforo assimilável (mg/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.

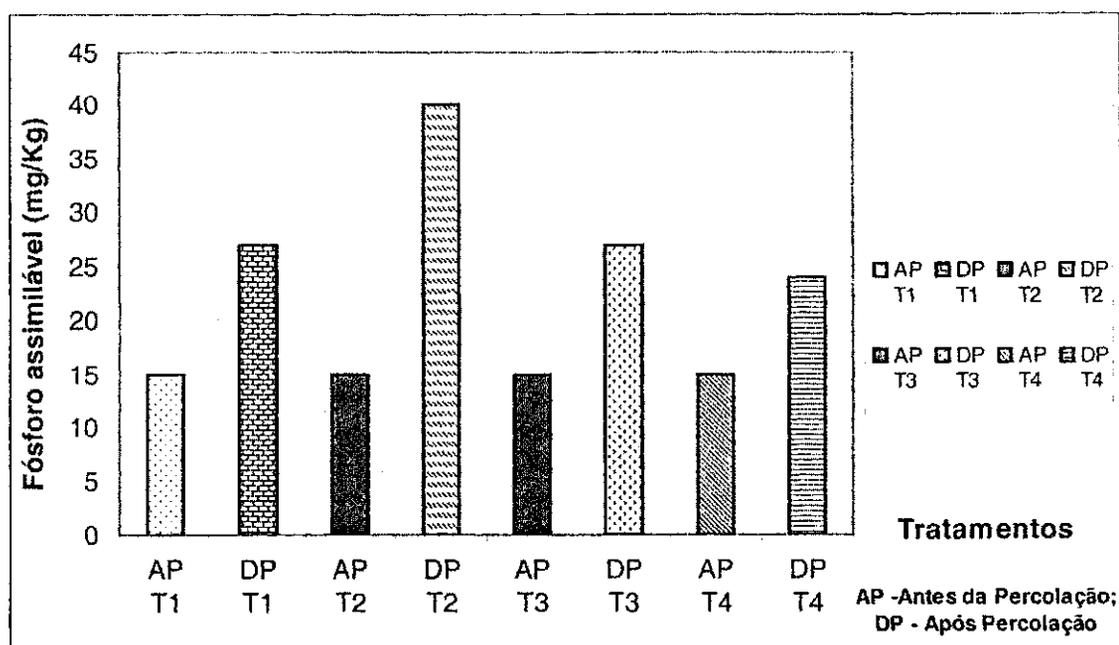


Figura 4.10 - Valores de fósforo assimilável (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.

#### 4.1.1.7 – Nitrogênio

O teor de nitrogênio existente no solo antes das irrigações foi igual 8,75 mg/kg. Ao término do experimento, segundo os dados apresentados na Tabela 4.2, solos de todos os tratamentos mostraram um aumento nos teores de nitrogênio que variou de quatro a dez vezes. Este acréscimo de nitrogênio no solo foi ocasionado pela adição de adubos nitrogenados no tratamento T1 e pelas irrigações com águas residuárias nos outros tratamentos. Os teores de nitrogênio existentes nos solos variaram de 51,80 mg/kg para T1 a 84 mg/kg para T4. De acordo com Malavolta (1997), o teor adequado de nitrogênio no solo deve ser maior que 1400 mg/kg, sendo assim, constata-se que inicialmente o solo possuía uma pobreza excessiva deste nutriente, e mesmo depois do acréscimo de nitrogênio incorporado ao solo, estes não atingiram o nível de nitrogênio recomendado para o cultivo.

Além da pobreza inicial do solo, as irrigações favoreceram a lixiviação deste elemento, principalmente na forma de nitrato, provocando, assim, um decréscimo deste nutriente no solo. Pode-se observar na Tabela 4.1 que as águas percoladas apresentaram altos teores de nitrato, mostrando nitidamente a alta lixiviação deste anion no solo.

Na análise do tecido foliar, vide Tabela 4.3, os teores de nitrogênio para a variedade Yollo-Wonder variaram de 37,6 g/kg para T4 a 40,5 g/kg T2, enquanto para a variedade Rubi-Giant, estes teores estiveram entre 38,9 g/kg e 40,9 g/kg, para T2 e T4, respectivamente.

Os teores de nitrogênio existentes no tecido foliar analisado para as duas variedades cultivadas foram considerados adequados por (Malavolta,1997) que é 35 g/kg, mostrando assim o bom estado nutricional das plantas em relação a este nutriente.

Apesar da pobreza de nitrogênio no solo, as plantas não mostraram deficiência deste nutriente, pois as águas de irrigação supriram a demanda de nitrogênio exigida pela cultura.

#### **4.1.1.8 – Matéria Orgânica**

A existência de matéria orgânica no solo demonstra a ação dos agentes biológicos, diferenciando o solo do regolito. Por causa da atividade biológica existente no solo, este passa a conter, através da matéria orgânica, elementos como carbono e nitrogênio, os quais não são encontrados no material original do solo (van Raij,1991).

A degradação de vegetais, animais e outros organismos ajuda no processo de transformação das rochas em solos, permitindo o acúmulo progressivo de matéria orgânica no solo. Como foi citado anteriormente, na matéria orgânica do solo são encontrados dois elementos de extrema importância: o carbono, que provém do gás carbônico do ar fixado pelas plantas através do processo da fotossíntese, e o nitrogênio, que provém das adições anuais de N<sub>2</sub> pelas chuvas e pela fixação do nitrogênio atmosférico por microorganismos. Além destes dois elementos, o fósforo e o enxofre são encontrados em boas proporções na matéria orgânica.

De acordo com Primavesi (1987), o papel da matéria orgânica não é unicamente adicionar nutrientes ao solo, pois ela fornece substâncias agregantes a este, tornando-o grumoso, com uma bioestrutura estável à ação das chuvas; fornece, também, ácidos orgânicos e alcoóis durante sua decomposição que servem de fonte de carbono e nitrogênio aos microorganismos; fornece alimentos aos organismos ativos na decomposição, favorecendo um desenvolvimento maior da biota do solo. Além disso, aumenta a CTC e o poder tampão do solo, bem como a absorção do fósforo, a respiração e a sanidade vegetal.

Os teores de matéria orgânica para os solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4, bem como o solo antes das irrigações são apresentados nas Tabelas 4.3 e 4.4, o quais foram considerados abaixo do teor considerado adequado, que segundo Tomé Jr (1997), varia de 26 g/kg a 50 g/kg.

O solo antes das irrigações apresentou um teor de matéria orgânica de 6,5 g/kg e após noventa dias de experimento, houve uma redução de matéria orgânica nos solos de todos os tratamentos, a qual variou de 2,89 g/kg para T4 a 4,42 g/kg para T3 (Tabela 4.1). Ao término do experimento, os teores de matéria orgânica dos tratamentos T2, T3 e T4 foram de 2,70 g/kg, 3,00 g/kg e 1,90 g/kg, respectivamente.

Os valores baixos de matéria orgânica no solo virgem era esperado, pois a maioria dos solos paraibanos não possuem altos teores de matéria orgânica, já que são solos jovens, pouco profundos e com baixo grau de intemperismo. Além disso, o solo utilizado no experimento foi retirado de um local com intenso processo de lixiviação.

Mesmo sabendo da carência de matéria orgânica no solo, decidiu-se não incorporar nenhum tipo de material orgânico ao solo, com intuito de avaliar somente o desempenho das águas utilizadas para a irrigação. Como pode-se observar nas Figura 4.11 e 4.12, todos os teores de matéria orgânica diminuíram ao longo do experimento, e estes decréscimos podem ter ocorrido por causa da mineralização de parte da matéria orgânica do solo.

Apesar dos baixos teores de matéria orgânica no solo, as plantas dos tratamentos T2, T3 e T4 desenvolveram-se bem, pois as águas residuárias utilizadas na irrigação supriram as necessidades das plantas. Entretanto, as plantas do tratamento T1 não se desenvolveram bem, e isto mostra a importância da matéria orgânica como agente condicionador do solo, contribuindo para a sua estrutura e as trocas catiônicas. Logo, observou-se que não adianta incorporar adubos ao solo sem que este tenha uma quantidade adequada de matéria orgânica para os cultivos, conforme comenta Primavesi (1987). Observou-se, também, que apesar das águas residuárias serem excelentes fontes de nutrientes, a quantidade de matéria orgânica existente nestas águas não foi suficiente para elevar o teor de matéria orgânica do solo. Tendo em vista isso, uma boa opção para aumentar os teores de matéria orgânica do solo, seria utilizar o lodo tratado proveniente do esgoto doméstico, pois este confere ao solo excelentes condições químicas, físicas e sanitárias.

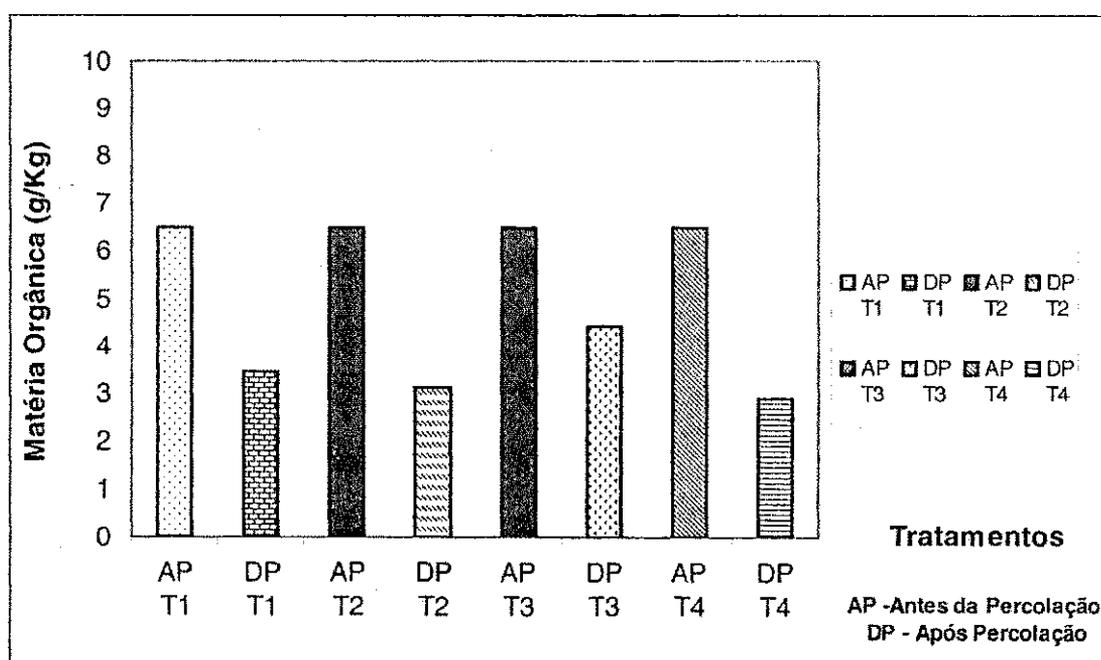


Figura 4.11 - Valores da matéria orgânica (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos noventa dias.

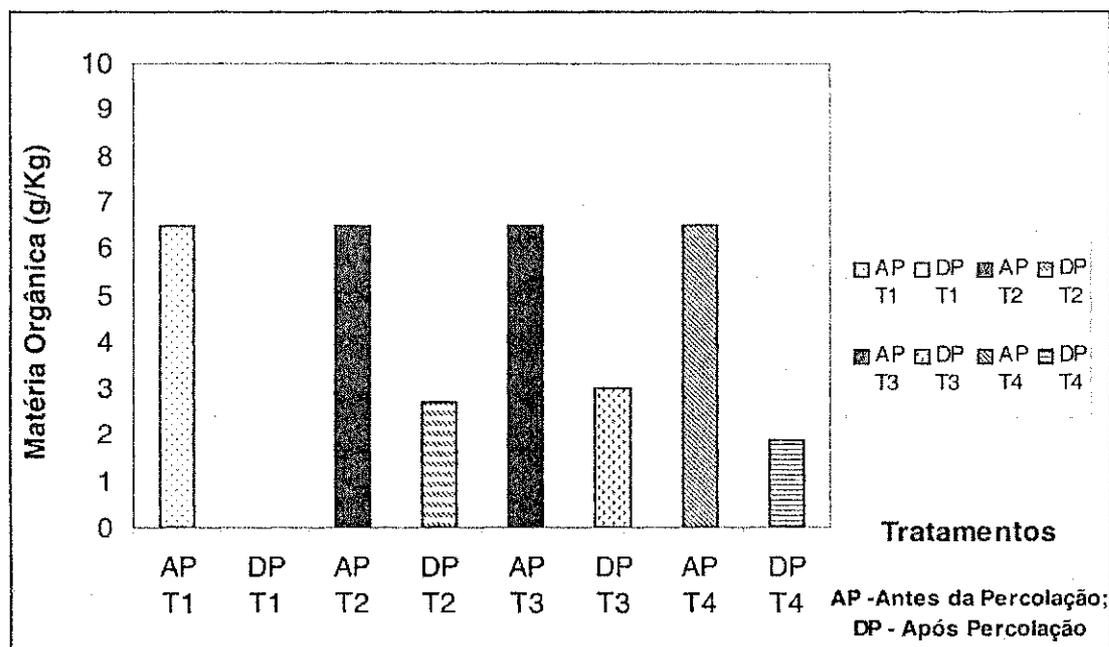


Figura 4.12 - Valores de matéria orgânica (g/kg) existentes nos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.

#### 4.1.1.9 – Cobre

O teor de cobre existente no solo antes das irrigações foi de 0,04 mg/kg, e ao final do experimento, os solos de todos os tratamentos mostraram um leve aumento nos teores deste elemento, como constata-se na Tabela 4.2. Os tratamentos T1 e T2 apresentaram um teor de cobre igual a 0,09 mg/kg, enquanto que os tratamentos T3, e T4 apresentaram valores iguais a 0,04 mg/kg e 0,07 mg/kg, respectivamente. De acordo com Malavolta (1997), o teor de cobre existente nos solos antes e após as irrigações foram considerados baixos já que o teor adequado deveria ser maior do que 0,8 mg/kg.

Como pode-se observar na Figura 4.13, em todos os tratamentos houve um leve aumento no teor de cobre, porém não foi suficiente para elevar estes teores à níveis adequados para as plantas. Estes resultados já eram esperados, pois as águas de irrigação utilizadas não continham cobre em boas proporções para o cultivo, sendo assim, não poderia haver grandes incrementos deste elemento ao solo. Além disso, o solo revelou uma pobreza excessiva em relação a este nutriente.

Na análise do tecido vegetal, de acordo com os dados apresentados na Tabela 4.3, os teores de cobre para a variedade Yollo-Wonder variaram de 6,7 mg/kg a 16,4 mg/kg, para T2 e T4, respectivamente. Para a variedade Rubi-Giant, os teores de cobre estiveram entre 8,3 mg/kg e 10,7 mg/kg dependendo do tratamento.

Não foi encontrada nenhuma bibliografia sobre o teor de cobre para a análise do tecido vegetal do pimentão, assim, tomou-se como exemplo os níveis adequados para o tomateiro,

por pertencer a mesma família do pimentão. Os teores adequados de cobre existentes no tecido foliar analisado, de acordo com Malavolta (1997), deveriam variar de 10 mg/kg a 15mg/kg, então de acordo com o autor, apenas as duas variedades do tratamento T3 e a variedade Yollo-Wonder do tratamento T4 mantiveram-se em níveis adequados. A deficiência de cobre nas demais plantas pode ser explicada pela junção de dois fatores: a pobreza do solo e a difícil translocação deste nutriente nas plantas. É muito provável que nas raízes das plantas e nas folhas mais velhas existisse uma maior concentração de cobre, e por causa de sua baixa mobilidade, não foram constatados níveis adequados deste elemento nas folhas recém maduras.

Em nenhuma planta foi constatado sintomas visuais de carência de cobre.

#### **4.1.1.10 – Ferro**

O teor de ferro existente no solo antes das irrigações foi de 11,75 mg/kg. Ao término do experimento, vide Tabela 4.2, os solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4, apresentaram teores de ferro iguais a 8,62 mg/kg, 8,53 mg/kg, 9,18 mg/kg e 7,91 mg/kg, respectivamente. De acordo com Malavolta (1997), o teor de ferro existente nos solos antes e após as irrigações ficaram abaixo do nível adequado, que deveria ser maior do que 30 mg/kg.

Este decréscimo de ferro no solo foi ocasionado pela retirada deste elemento pelas plantas e pela lixiviação do solo ocorrida durante as irrigações, além da pobreza do solo em relação a este nutriente.

Na análise do tecido vegetal, os teores de ferro para a variedade Yollo-Wonder variaram de 225 mg/kg a 271 mg/kg, dependendo do tratamento. Para a variedade Rubi-Giant, os menores teores de ferro foram de 222,3 mg/kg para T4 e 253 mg/kg para T1, enquanto que os maiores valores foram 291,7 mg/kg para T2 e 254,3 mg/kg para T3, vide Tabela 4.3.

Pela falta de bibliografia que indique níveis adequados de nutrição no pimentão, utilizou-se como padrão os níveis adequados para o tomateiro. De acordo com Malavolta (1997), os teores de ferro existentes nos tecidos vegetais analisados ficaram abaixo do adequado varia de 500 mg/kg a 700 mg/kg. Este resultado está coerente com os teores de ferro existente no solo, pois uma vez que o solo se encontrava com deficiência deste elemento era de se esperar que as plantas não mostrassem níveis satisfatório deste elemento no tecido foliar. Entretanto, as plantas não mostraram nenhum sintoma de deficiência durante o experimento.

#### **4.1.1.11 – Manganês**

Apresenta-se na Tabela 4.2 o teor de manganês existente no solo antes das irrigações, o qual foi igual 1,73 mg/kg. Ao fim do experimento, os solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4

mostraram teores de manganês iguais a 1,74 mg/kg, 1,76 mg/kg, 1,21 mg/kg e 1,01 mg/kg, respectivamente. De acordo com Malavolta (1997), o teor de manganês existente nos solos antes e após as irrigações ficou abaixo do nível adequado que deve ser maior do que 5 mg/kg.

Na análise do tecido vegetal, os teores de manganês para a variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 foram iguais a 137,5 mg/kg, 59,7 mg/kg, 50,0 mg/kg e 112,0 mg/kg, respectivamente. Para a variedade Rubi-Giant, os teores de manganês foram de 229 mg/kg, 51,0 mg/kg, 42,0 mg/kg e 79,3 mg/kg, respectivamente.

A análise dos teores de manganês no tecido vegetal mostrou uma deficiência deste elemento em todas as plantas, pois de acordo com Malavolta (1997), os índices adequados de manganês para as folhas do tomateiro (tomou-se o tomateiro pela falta de informações sobre os micronutrientes no pimentão e por ser da mesma família) variam de 250 mg/kg a 400 mg/kg.

A deficiência de manganês encontrada no tecido foliar analisado, se deu provavelmente, devido a escassez deste elemento no solo, ou até mesmo por causa da sua baixa migração para folhas recém maduras e novas.

#### **4.1.1.12 – Zinco**

O teor de zinco existente no solo antes das irrigações foi de 0,93 mg/kg. No final do experimento, os solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 mostraram teores de zinco iguais a 2,44 mg/kg, 0,97 mg/kg, 0,80 mg/kg e 0,97 mg/kg, respectivamente. De acordo com Malavolta (1997), o teor de zinco existente no solo antes das irrigações, e para os solos dos tratamentos T2, T3 e T4 após as irrigações foi classificado como mediano (0,5 mg/kg a 1,0 mg/kg). O solo do tratamento T1 apresentou um teor adequado de zinco ( $> 1,0$  mg/kg), segundo o mesmo autor.

O acúmulo relativo de zinco no tratamento T1, como verifica-se na Tabela 4.2, pode ter acontecido devido a menor demanda deste elemento pelo o número de plantas existentes neste tratamento, tendo em vista que ao longo do experimento houve perda de algumas plantas, influenciando, assim, no teor final de zinco no solo.

Na análise do tecido vegetal, os teores de zinco para a variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 foram iguais a 72,8 mg/kg, 35,1 mg/kg, 42,0 mg/kg e 57,3 mg/kg, respectivamente. Para a variedade Rubi-Giant, os teores de zinco foram de 99,6 mg/kg, 49,3 mg/kg, 53,1 mg/kg e 59,2 mg/kg, respectivamente.

Exceto para as plantas do tratamento T1, a análise dos teores de zinco no tecido foliar analisado mostrou uma deficiência deste elemento para as demais plantas cultivadas, pois de acordo com Malavolta (1997), os índices foliares adequados de zinco do tomateiro variam de 60 mg/kg a 70 mg/kg.

Segundo Malavolta (1974), a disponibilidade do zinco para as plantas pode ser afetada por fatores como pH, altos teores de fósforo, cálcio e magnésio. O zinco torna-se mais disponível para as plantas em solos com pH baixo, geralmente em torno de 5,0.

Tendo em vista a explicação acima, pode-se notar que os maiores teores de zinco no tecido foliar foi encontrado para os tratamentos que tiveram o pH abaixo de 5,5, ou seja, T1 e T4. Os tratamentos T2 e T3, além de apresentar um pH do solo maior que 6,0, apresentaram também, altos teores de fósforo, dificultando ainda mais a absorção do zinco pela planta.

#### 4.1.1.13 – pH

O pH (potencial hidrogeniônico) de uma solução, significa nada mais que a quantidade de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) dissociados e, portanto, livres. Quanto mais ions livres de  $H^+$ , tanto mais ácida será a solução. Assim, conclui-se que um solo é ácido quando possui muitos ions livres de  $H^+$ , e poucos ions de cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), potássio ( $K^{2+}$ ) e sódio ( $Na^+$ ) adsorvidos em seu complexo coloidal (Primavesi, 1987).

O pH ideal do solo para o cultivo da maioria das culturas é 6,5, contudo existem plantas que vivem em diversas faixas de pH, sendo que algumas se adaptam mais facilmente em solos com pH mais baixo, como por exemplo a seringueira (3,5–8,0), e outras em solos com pH mais alto, como a alfafa (6,5–8,5). A cultura do pimentão se desenvolve bem em solos com pH variando de 5,5 a 6,5, sendo moderadamente sensível à variações extremas do pH (Filgueira, 1981).

O pH não é uma causa, mas sim um indicador de uma situação que é anormal quando alcança valores extremos. Quando o pH do solo se eleva, o ferro, o manganês, o cobre e o zinco tornam-se menos solúveis, diminuindo o perigo da toxidez para as plantas, entretanto se pH subir demais, a solubilidade destes elementos diminuirá tanto que as plantas mostrarão sintomas de deficiência. Por outro lado, se o pH do solo for muito ácido, acarretará a indisponibilidade de todos os macronutrientes primários e secundários, além de ser um sinal de problemas na estrutura do solo.

O solo antes das irrigações, de acordo com os dados da Tabela 4.1, mostrou um pH igual a 6,86, e após noventa dias, o pH do solos dos tratamentos T1, T2, T3 e variaram de 5,90 para T4 a 6,70 para T2. Ao término do experimento, como pode-se observar na Tabela 4.2, os valores do pH estiveram entre 4,48 e 6,48, dependendo do tratamento.

Note-se que durante o experimento houve um decréscimo no valor do pH para todos os tratamentos, e com mais relevância para os tratamentos T1 e T4 (Figura 4.13). Os valores apresentados acima estão coerentes com os valores de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  existentes no solo, ou seja os tratamentos que apresentaram maior acidez trocável, apresentaram também valores de pH mais baixos. O único tratamento que não se adequou a esta explicação foi o tratamento T1, e acredita-se

que este decréscimo deva-se ao efeito residual da adubação mineral utilizada neste tratamento. De acordo com Malavolta (1981), os adubos podem provocar acidez no solo, e isto acontece, sobretudo, quando se utiliza o sulfato de amônia, pois acontece o seguinte processo no solo:

1. o sal se dissocia dando  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ;
2. o  $\text{NH}_4^+$  é absorvido mais rapidamente do que o  $\text{SO}_4^{2-}$ ;
3. a entrada preferencial de  $\text{NH}_4^+$  pela raiz é compensada pela saída do  $\text{H}^+$  oriundo por exemplo do  $\text{H}_2\text{CO}_3$  respiratório;
4. o fluxo de  $\text{H}^+$  para o exterior, que permite manter o equilíbrio eletrostático do meio faz baixar pH;
5. o processo de nitrificação do  $\text{NH}_4^+$ , também é outra fonte de  $\text{H}^+$  no solo.

Trabalhando com adubação mineral nitrogenada em algodão, Mello & Andrade (1973) observaram que o pH do solo baixou de 6,50 para 5,07 após a adição de sulfato de amônio. Em outro experimento, Malvolta (1981) cita que Abruña & Vicente (1967) relataram que em um campo de cana-de-açúcar recebendo diferentes doses de sulfato de amônio, o pH chegou a 3,5 com 80% de saturação por  $\text{Al}^{3+}$ .

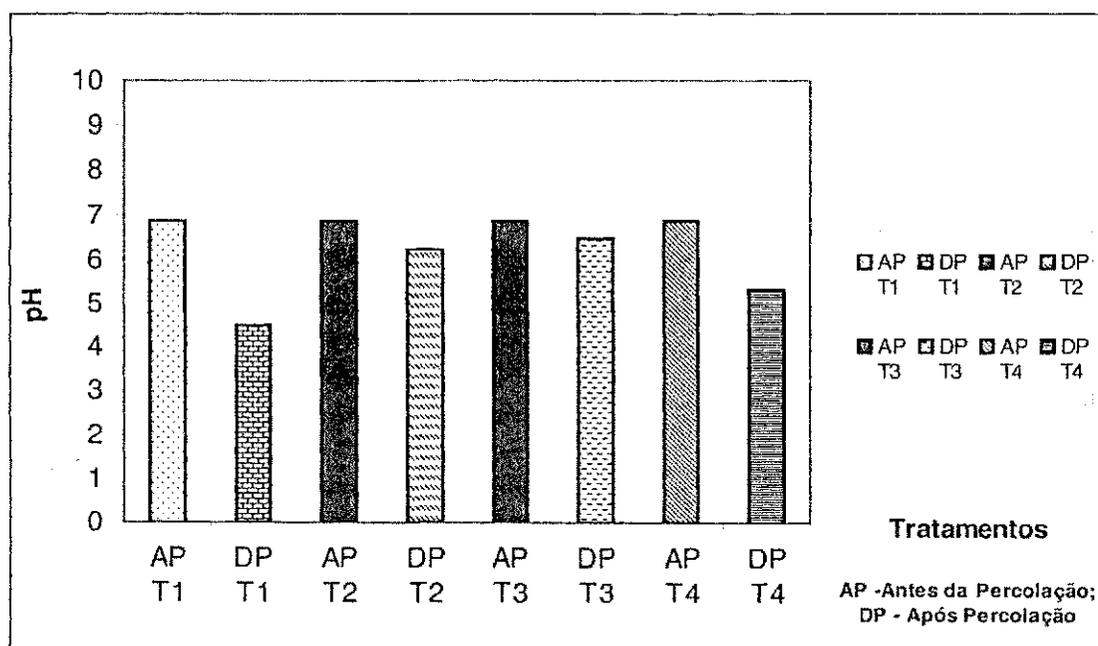


Figura 4.13 - Valores do pH dos solos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao término do experimento.

## 4.2- ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO

### 4.2.1 -- Parâmetros físico-químicos

#### 4.2.1.1 - pH

O pH é um índice que caracteriza o grau de alcalinidade ou acidez de um ambiente. Segundo Ayers e Westcot (1991), o pH normal para as águas de irrigação varia entre 6,5 a 8,4, e quando os valores do pH não se encontram dentro deste intervalo, pode haver sérios problemas de nutrição e toxicidade para as plantas, bem como problemas de incrustações e corrosões nos sistemas de irrigação.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4.4, observa-se que não houve grandes variações de pH para as águas dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 ao longo do experimento, e os valores do pH para as águas de irrigação e para as águas percoladas variaram de neutro a levemente básico.

Em T1, as águas percoladas apresentaram valor médio menor do que a água de irrigação. Antes da percolação, a água de irrigação apresentou valor médio igual a 7,73, e após a percolação, o pH médio da água foi de 7,25. Os demais tratamentos apresentaram a mesma tendência, e isto pode ser verificado na Figura 4.14. Estes decréscimos aconteceram devido ao intenso processo de nitrificação e desnitrificação existente no solo e as altas concentrações de nitrato nestas águas.

O valor do pH para a água de abastecimento já era esperado, devido as águas dos açudes nordestinos estarem armazenadas em solos com alto teor de carbonatos e bicarbonatos. Esta situação se agrava à medida que a estação de seca se aproxima, pois a evaporação sendo maior que a precipitação, ocasiona uma concentração maior de sais, influenciando no pH (Wright, 1981; Payne, 1986).

Segundo Ayers & Westcot (1991), o pH normal das águas destinadas à irrigação podem variar de 6,8 a 8,4, portanto, as águas utilizadas no experimento mostraram-se dentro dos padrões adequados.

Na Tabela 4.4 são mostrados os resultados médios, máximos e mínimos da qualidade das águas de abastecimento e residuária dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após irrigação.

**Tabela 4.4 – Resultados médios, mínimos e máximos da qualidade das águas dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após as irrigações.**

Parâmetros	Tratamentos							
	T1		T2		T3		T4	
	AP	DP	AP	DP	AP	DP	AP	DP
pH	7,73 7,19-7,92	7,25 6,82-7,80	7,99 7,69-8,46	7,25 6,64-7,85	7,99 7,73-8,46	7,18 6,75-7,90	7,30 7,09-7,44	7,06 6,07-8,08
Condutividade Elétrica (μ mho/cm)	664 550-750	1145 850-1200	1400 1200-1650	1596 1150-2200	1400 1300-1600	1677 1200-2350	1361 1200-1600	1565 1100-2200
Ortofosfato Solúvel (mg/L)	0,06 0,03-0,098	0,21 0,03-0,15	5,18 3,31-6,47	0,07 0,03-0,15	5,18 4,92-6,57	0,06 0,03-0,10	4,53 3,23-6,57	0,07 0,03-0,15
Amônia (mg de NH <sub>4</sub> /L)	0,96 0,00-2,24	1,94 1,12-3,92	38,7 31,10-55,00	1,55 1,12-3,36	38,7 21,80-53,30	2,37 1,12-3,92	48,7 38,60-59,73	2,34 1,12-5,60
Nitrato (mg de NO <sub>3</sub> /L)	0,87 0,21-1,00	36,8 13,99-82,37	1,22 0,14-1,48	43,70 26,3-82,4	1,22 0,14-1,40	42,90 26,3-72,98	0,89 0,14-1,49	48,90 17,10-98,11
Cálcio (mg Ca <sup>++</sup> /L)	95,7 33,3-169,2	334,0 183,3-613,4	158,7 86,5-211,5	339,5 246,8-451,2	158,7 199,9-211,5	335,2 211,5-416,0	153,19 14,1-425,6	302,8 232,7-458,3
Magnésio (mg Mg <sup>++</sup> /L)	124,9 49,4-192,2	120,2 26,6-232,7	151,5 56,4-266,0	117,4 6,7-166,0	151,5 91,7-206,2	95,4 26,6-183,3	166,4 14,1-425,6	98,5 13,3-199,5
Potássio (mg de K <sup>++</sup> /L)	6,8 5,2-8,3	21,0 10,0-22,0	20,4 10,0-20,0	23,6 22,0-26,2	20,2 10,0-20,0	24,1 22,0-27,3	17,6 15,2-19,5	24,5 20,0-24,6
Sólidos Totais (mg/l)	430 360-464	976 634-1709	797 720-989	1278 1003-1672	797 511-906	1371 1067-1776	851 682-1526	1323 880-2808
Sólidos Fixos (mg/l)	330 284-377	685 503-1096	671/680 606-803	936 654-1383	671 400-730	1014 694-1322	624 511-761	1048 748-2344
Sólidos Voláteis (mg/l)	100 22-172	291 56-613	127 39-379	342 145-634	127 39-265	357 137-595	227 44-765	275 92-544

AP - Antes Percolação DP - Após percolação; NR - Não realizado; T1 - Água de abastecimento + adubação mineral; T2 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de areia; T3 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de discos; T4 - Efluente do reator UASB + filtro de areia

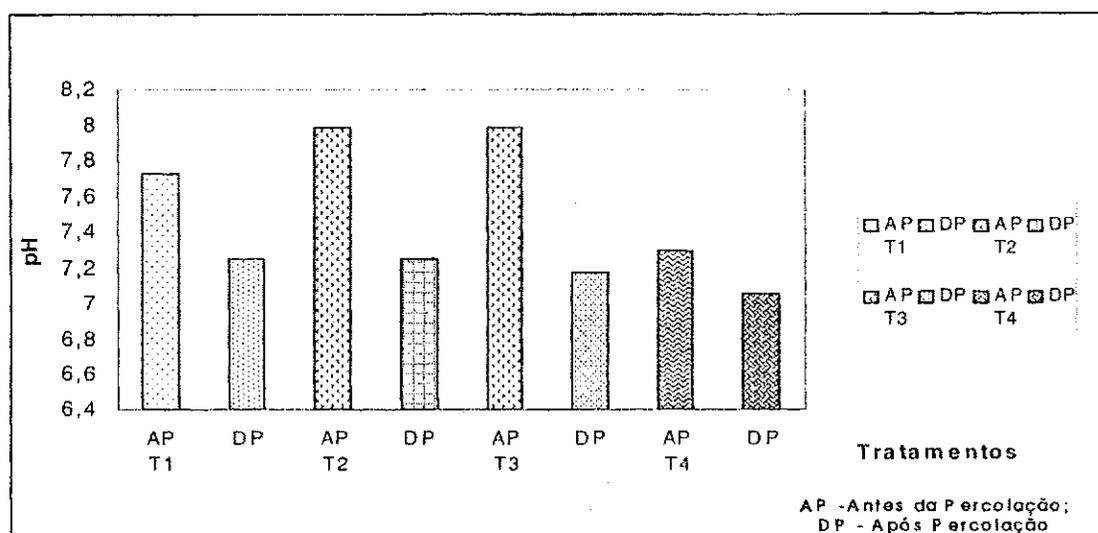


Figura 4.14 – Valores médios do pH para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.

#### 4.2.1.2 – Condutividade elétrica

A Condutividade elétrica é a medida resultante da aplicação de uma dada força elétrica, que é diretamente proporcional ao número de íons presentes na solução Ohlweir (1974). É de extrema importância a determinação da condutividade elétrica das águas empregadas na irrigação, principalmente as águas residuárias, devido as altas concentrações de sais existentes nestas. A falta de controle em relação à salinidade das águas pode acarretar problemas futuros como a queda de produtividade e degradação das áreas irrigadas.

Como mostrado na Tabela 4.4, os valores da condutividade elétrica aumentaram em todos os tratamentos após a percolação das águas de irrigação, este acréscimo já era esperado e ocorreu devido a lixiviação dos sais existentes no solo.

Para T1, a água de irrigação antes da percolação apresentou valor médio igual a 664  $\mu\text{mhos/cm}$ , e após a percolação da água apresentou valor médio igual a 1145  $\mu\text{mhos/cm}$ . O aumento médio na condutividade elétrica para este tratamento foi de 42%, após a percolação da água de irrigação.

As águas de T2 e T3 apresentaram um leve acréscimo na condutividade elétrica após a percolação da água de irrigação. As duas águas utilizavam o mesmo efluente de irrigação, e ambas apresentaram um valor médio de 1400  $\mu\text{mhos/cm}$ . Após a percolação no solo, a água de T2 apresentou valor médio de 1596  $\mu\text{mhos/cm}$ , enquanto que a água de T3 apresentou um valor médio igual a 1677  $\mu\text{mhos/cm}$ , representando, assim, um acréscimo igual a 14% e 20% para T2 e T3, respectivamente.

A condutividade elétrica da água do tratamento T4 evoluiu da mesma forma que as outras águas, e os valores médio da condutividade elétrica para as águas de irrigação e percoladas foram iguais a 1361  $\mu\text{mhos/cm}$  e 1565  $\mu\text{mhos/cm}$ , respectivamente, apresentando, desta forma, um aumento percentual igual a 15%.

Segundo Ayers e Westcot (1991), as águas que apresentarem condutividade elétrica menor que 700  $\mu\text{mhos/cm}$  podem ser utilizadas sem restrição, enquanto as águas que tiverem condutividade elétrica entre 700  $\mu\text{mhos/cm}$  a 3000  $\mu\text{mhos/cm}$  poderão ser utilizadas desde que haja um manejo adequado do solo, da cultura e do sistema de irrigação. Assim, a água do tratamento T1 não apresentou restrição quanto ao uso, enquanto que as águas dos tratamentos T2, T3 e T4 necessitam de um manejo adequado do conjunto água-solo-planta.

Para a cultura do pimentão, as águas com condutividade elétrica igual a 1500  $\mu\text{mhos/cm}$  podem propiciar uma queda de 10% no rendimento potencial (Ayers e Westcot, 1991).

Na Figura 4.15, são mostrados os valores médio para condutividade elétrica para todos os tratamentos.

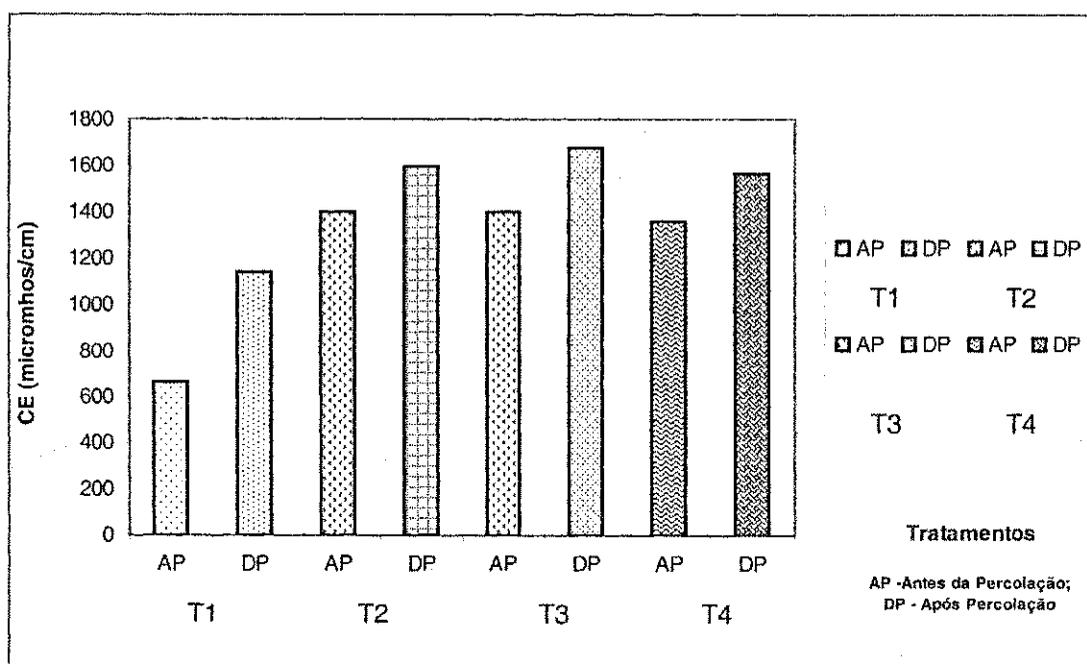


Figura 4.15 - Valores médios da CE (micromhos/cm) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.

#### 4.2.1.3 – Ortofosfato solúvel

O fósforo está presente em águas limpas e poluídas na forma de fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Os fosfatos são classificados em ortofosfatos solúveis, fosfatos condensados e fosfatos orgânicos. A origem dos fosfatos provém do uso de sabões e detergentes sintéticos, restos de alimentos e outras formas de matéria orgânica em decomposição e da utilização de fertilizantes na agricultura, onde os compostos à base de fósforo são levados para os corpos d'água através das chuvas.

O fósforo é um nutriente essencial para todos os organismos, sobretudo para as plantas, e geralmente é adicionado em altas quantidades com intuito de obter aumento na produção. As águas residuárias são uma importante fonte deste elemento, e quando utilizadas na irrigação restabelecem as fontes deste nutriente no solo, resultando em uma reserva deste fertilizante, o qual possui uma grande importância econômica na produção de culturas. Entretanto, quantidades excessivas de fósforo podem proporcionar deficiência induzida de cobre, ferro e zinco, sendo necessário aplicação destes micronutrientes no solo ou nas folhas das plantas (Feigin et al., 1991).

Na Tabela 4.4, observa-se que a concentração média de ortofosfato solúvel na água de irrigação, para o tratamento T1, foi de 0,06 mg/L e após a percolação foi de 0,21 mg/L. Este leve aumento de ortofosfato solúvel ocorreu devido à lixiviação do fósforo excedente do solo pela água.

Os tratamentos T2 e T3 apresentaram, após a percolação das águas, concentrações de ortofosfato solúvel muito baixas em relação a concentração deste elemento na água de irrigação. Os dois tratamentos utilizam a mesma água para irrigação, e ambos apresentaram uma concentração média de 5,18 mg/L. Após a percolação no solo, o tratamento T2 apresentou uma concentração média de 0,07 mg/L, enquanto que o tratamento T3 apresentou uma concentração de 0,06 mg/L.

Constatou-se também no tratamento T4, a remoção de ortofosfato solúvel após a percolação da água de irrigação. A concentração média de ortofosfato solúvel na água de irrigação foi igual a 4,53 mg/L, e após percolar o solo, as águas apresentaram valor médio de ortofosfato solúvel igual 0,07 mg/L.

A remoção de ortofosfato solúvel para os tratamentos T2, T3 e T4 foi aproximadamente igual a 98%, e isto pode ter ocorrido devido ao fósforo se fixar nas partículas do solo, e por causa disto, o fósforo fica retido no solo, sendo muito difícil sua lixiviação pelas águas de irrigação, bem como a extração deste nutriente pelas culturas.

São apresentados, na Figura 4.16, os teores médios de ortofosfato solúvel para os tratamentos estudados.

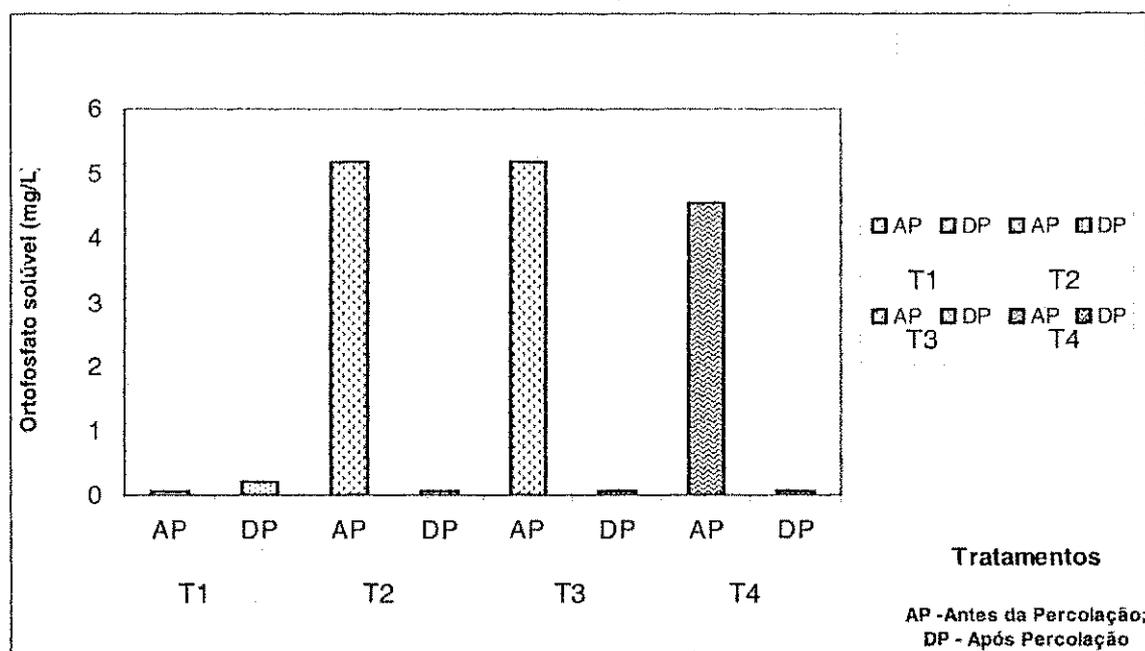


Figura 4.16- Valores médios de ortofosfato solúvel (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.

#### 4.2.1.4 – Nitrogênio amoniacal ( $NH_4$ )

As principais fontes de nitrogênio contidas nos corpos receptores e nas águas superficiais provém do lançamento de despejos industriais, excretas humanas e fertilizantes inorgânicos. Do nitrogênio total existente nas águas residuárias, aproximadamente 40% está na forma de amônia e 60% na forma orgânica, e em geral, o nitrogênio apresenta-se para estas águas na forma de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitratos, nitritos e nitrogênio gasoso.

Os compostos nitrogenados contidos nas águas de irrigação servem como nutrientes e estimulam o crescimento das plantas, entretanto quantidades excessivas causam o crescimento exagerado das culturas e retardo na maturação dos frutos, reduzindo a qualidade destes.

Os valores de nitrogênio amoniacal são apresentados na Tabela 4.4, e para o tratamento T1, a concentração média de nitrogênio amoniacal na água de irrigação foi igual a 0,96 mg/L e após a percolação foi de 1,94 mg/L. Este leve aumento se deu por causa do carreamento do nitrogênio contido no solo, adicionado pelas adubações feitas ao longo do experimento.

Os tratamentos T2 e T3 apresentaram, após a percolação das águas, pequenas concentrações de amônia em relação a concentração existente nos efluentes antes da percolação. Os dois tratamentos utilizavam o mesmo efluente para irrigação, e ambos apresentaram uma concentração média de amônia de 38,75 mg/L, e após a percolação, o tratamento T2 apresentou uma concentração média de amônia igual a 1,55 mg/L, enquanto que o tratamento T3 apresentou uma

concentração de 2,37 mg/L, e isto mostra que grande parte do nitrogênio amoniacal contido na água de irrigação foi retido no solo, ficando aparentemente disponível para as plantas.

O tratamento T4 se comportou de maneira semelhante aos tratamentos T2 e T3, apresentando uma concentração média de 48,72 mg/L na água de irrigação, após a percolação no solo, o valor médio de amônia para as águas deste tratamento foi igual a 2,34mg/L, representando uma remoção de 95% de nitrogênio amoniacal. Esta remoção aconteceu devido à pobreza excessiva do solo em relação ao nitrogênio, seqüestrando, desta maneira, uma parte deste nutriente, o qual era adicionado ao solo por meio das irrigações com as águas residuárias.

A evolução dos teores de nitrogênio nas águas de todos os tratamentos foi semelhante a evolução do ortofosfato solúvel, e esta pode ser observada na Figura 4.17.

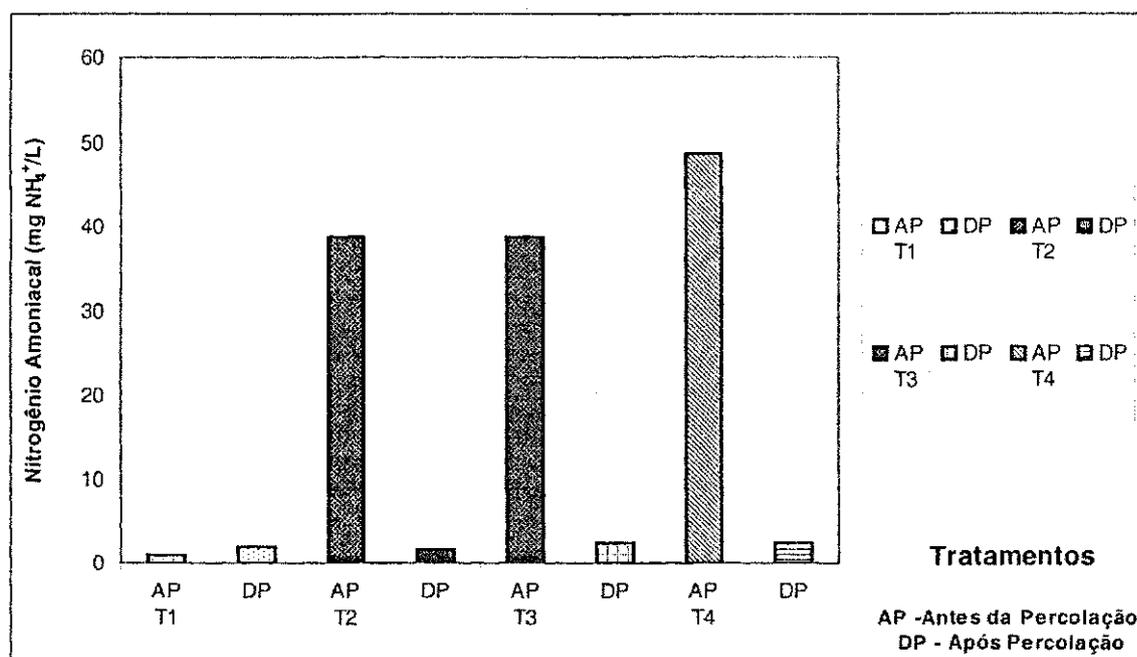


Figura 4.17 - Valores médios do nitrogênio amoniacal (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.

#### 4.2.1.5 - Nitrato

No ciclo biogeoquímico do nitrogênio, o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é resultante das transformações do nitrogênio existente no ar, no solo e nos restos orgânicos em amônia ( $\text{NH}_4$ ), e do processo de oxidação da amônia ( $\text{NH}_4$ ), convertendo-se em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) por meio de bactérias quimossintetizantes do solo, principalmente as *Nitrossomonas spp.* A segunda oxidação existente no ciclo, ou seja, a conversão do nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é realizada pelas bactérias *Nitrobacter spp.*

A evolução, ao longo do experimento, dos teores médios de nitrato existentes nas águas de irrigação e percoladas é mostrada na Figura 4.18.

Segundo Primavesi (1987), o nitrato é a forma de nitrogênio mais preferida a ser absorvida pelas plantas, por ser pouco tóxico aos vegetais, e por poder circular em maior concentração em sua seiva.

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) bloqueia a absorção de cloro nos solos salinos, bem como os ions de cloros existentes nos adubos, como o cloreto de potássio, e isto é extremamente importante, principalmente para as solanáceas como pimentão, tomate, batatinha e fumo, pois estas são vulneráveis a pequenas quantidades de cloro (Gouney, 1973).

Entretanto, os nitratos são muito lixiviáveis, podendo contaminar os corpos d'água e as águas subterrâneas, causando eutrofização do meio e representando riscos à saúde pública, pois altas concentrações deste elemento em águas de abastecimento causam doenças como a metahemoglobina infantil, ou síndrome do bebê azul.

O comportamento do nitrato no experimento foi o mesmo para todos os tratamentos, as concentrações nas águas de irrigação eram baixas, e aumentou bastante após a percolação.

Nos valores apresentados na Tabela 4.4, tem-se que o tratamento T1 apresentou uma concentração média de nitrato para a água de irrigação foi de 0,87 mg/L e após a percolação, a concentração média foi de 36,76 mg/L.

Os tratamentos T2 e T3 apresentaram uma concentração média de nitrato igual a 1,22 mg/L nas águas de irrigação, e após percolar o solo, os tratamentos T2 e T3 apresentaram uma concentração média de nitrato igual a 43,70 mg/L e 42,90 mg/L, respectivamente.

O tratamento T4 apresentou, na água de irrigação, uma concentração média de nitrato igual 0,89 mg/L, enquanto que as águas percoladas mostraram um valor médio de nitrato igual a 48,91 mg/L.

A elevação no teor de nitrato das águas percoladas pode ter acontecido devido aos intensos processos de nitrificação e desnitrificação existente no solo. Segundo Lima (1996) citado por Araújo (1999), a desnitrificação é um importante mecanismo de remoção de nitrogênio do solo, e esta remoção acontece devido ao nitrato ser muito lixiviável.

Uma atenção especial deve ser dada as altas concentrações de nitrato nas águas percoladas, pois estas podem poluir corpos receptores e lençóis freáticos, afetando a saúde dos consumidores destas águas. De acordo com a CETESB (1988), para as águas de classe especial, classe 1 e classe 2 destinadas ao abastecimento público e à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, só é permitido um teor até 10 mg de  $\text{NO}_3^-/\text{L}$ , sendo assim, as águas de irrigação utilizadas em todos os tratamentos apresentaram-se dentro do limite recomendado.

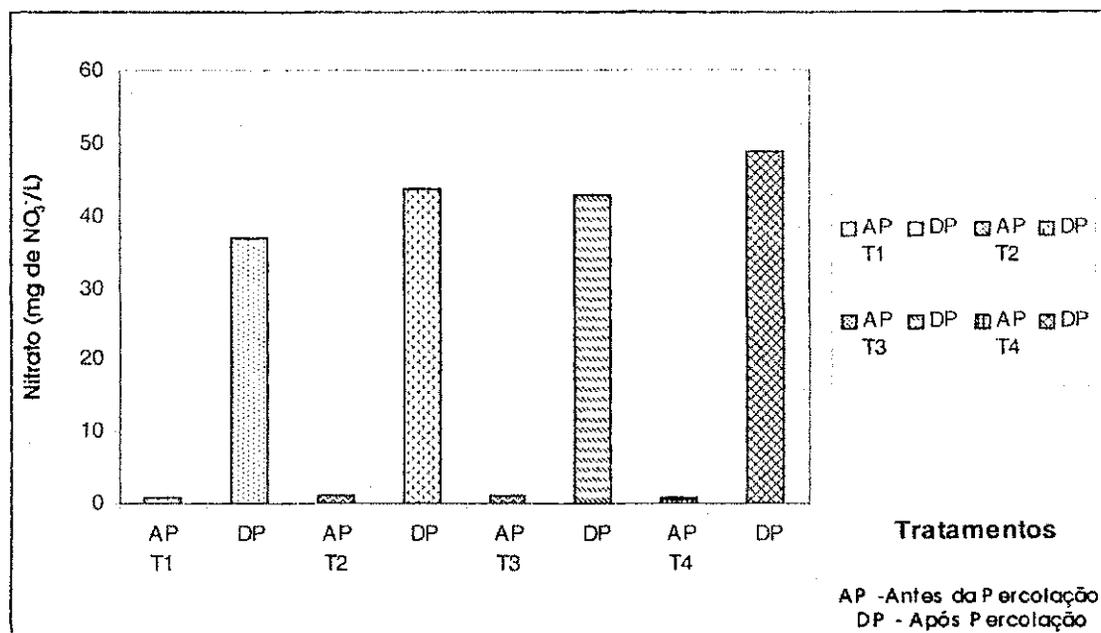


Figura 4.18- Valores médios do nitrato (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.

#### 4.2.1.6 – Sólidos totais, fixos e voláteis

Os sólidos totais fornecem valores e interpretações da quantidade de matéria sólida existente na água, na forma de substâncias em suspensão e dissolvidas. Os sólidos totais suspensos são aqueles retidos pelo processo de filtração, e a fração que passa pelo filtro são chamados de sólidos totais dissolvidos. Os sólidos totais são constituídos por duas frações: os sólidos totais fixos e os sólidos totais voláteis. Os primeiros correspondem ao material inorgânico e são obtidos através de um processo de combustão a 550 C°, enquanto que a segunda fração é constituída de materiais orgânicos que se volatilizam ou se decompõem em frações minerais (APHA, 1995).

A determinação dos sólidos totais de uma água residuária é de extrema importância no controle da poluição hídrica, pois altas concentrações de sólidos podem afetar de maneira significativa a qualidade da água dos corpos receptores, além de prejudicar as atividades fotossintéticas e comprometer os sistemas de irrigação.

Na Tabela 4.4 são mostrados os teores médios de sólidos totais e suas frações para os tratamentos T1, T2, T3 e T4. Os valores médios de sólidos totais presentes na água de irrigação do tratamento T1 foi de 430 mg/L, e após a percolação da água no solo, o valor médio foi de 976 mg/L. Neste tratamento, a fração inorgânica da água de irrigação antes da percolação apresentou valor médio de 330 mg/L, e as águas percoladas apresentaram uma concentração média de sólidos fixos igual a 623mg/L. Os sólidos voláteis, que representam a fração orgânica nos sólidos totais

apresentaram, no tratamento T1, um valor médio para a água de irrigação de 100mg/L, e após a passagem desta água no solo, as águas percoladas obtiveram um valor médio de 189 mg/L.

Nos tratamentos T2 e T3, o valor médio dos sólidos totais foi de 811 mg/L para a água de irrigação. Após a percolação da água no solo, as águas apresentaram resultados médios iguais a 1278 mg/L e 1371 mg/L, respectivamente. Em relação aos sólidos fixos existentes nos tratamentos T2 e T3, obteve-se para a água de irrigação uma concentração média de 671 mg/L, e após percolar o solo, o valor médio de sólidos fixos foi igual a 936 mg/L para o tratamento T2, e de 1014 mg/L para o tratamento T3. A concentração média de sólidos voláteis da água de irrigação antes da percolação foi de 127 mg/L para os dois tratamentos, e as águas percoladas apresentaram um valor médio de sólidos voláteis igual a 342 mg/L para o tratamento T2, e de 357 mg/L para o tratamento T3.

Para o tratamento T4, como é mostrado na Figura 4.19, o valor médio dos sólidos totais foi de 851 mg/L para a água de irrigação, e após a percolação no solo, obteve-se uma concentração média de sólidos totais igual a 1323 mg/L. Em relação aos sólidos fixos existentes no tratamento T4, a água de irrigação, antes e após percolação, apresentou uma concentração média de 624 mg/L e 1048 mg/L, respectivamente. A concentração média de sólidos voláteis da água de irrigação foi de 153 mg/L, e após a percolação das águas, este tratamento apresentou um valor médio de sólidos voláteis igual a 275 mg/L.

Os acréscimos dos sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis nas águas percoladas devem-se à lixiviação de parte da matéria orgânica e parte dos minerais existentes no solo, os quais foram carregados pelas irrigações diárias, e isto já era esperado. Ainda com relação aos ST, SF e SV nas águas percoladas, pode dizer que o fato da fração inorgânica ser maior que a fração orgânica deve-se aos teores de sais existentes no solo, os quais foram lixiviados pelas águas, e estes valores podem ser comprovados através dos altos valores de condutividade elétrica destas águas. As águas percoladas de todos os tratamentos apresentaram teores de sólidos totais maiores que os permitidos para a água de classe especial, classe 1 e classe 2, que é de 500 mg/L, segundo a CETESB (1988).

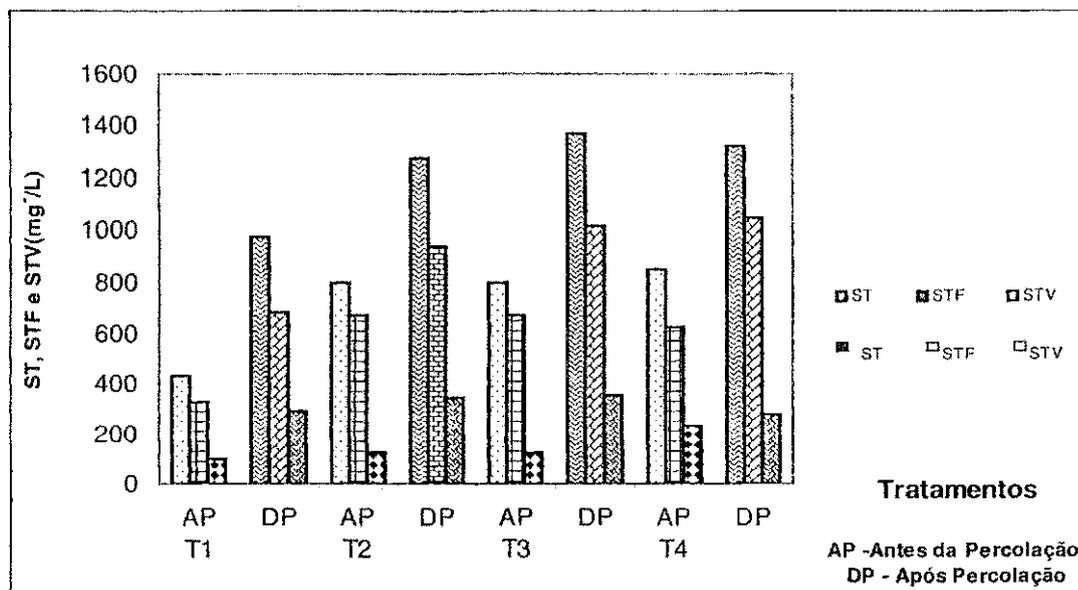


Figura 4.19 - Valores médios de sólidos totais, fixos e voláteis (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.

#### 4.2.1.7 – Cálcio

O cálcio é um nutriente indispensável para a nutrição vegetal e o equilíbrio mineral das plantas, e causa muitos efeitos no crescimento e desenvolvimento das plantas. A deficiência de cálcio nas plantas atrasa o amadurecimento, a senescência e a abscisão. Além disso, várias doenças estão relacionadas com a sua indisponibilidade, entre muitas, cita-se a podridão estilar, coração negro do tomate, e coração negro oco da batata. Os processos de divisão celular, movimentos citoplasmáticos e o aumento do volume celular estão intimamente ligados a presença do cálcio nas plantas (Malavolta et al., 1997).

As águas com altas concentrações de sais pouco solúveis, como o sulfato de cálcio, apresentam, quando aplicadas por aspersão, constantes problemas de incrustações em forma de depósitos brancos sobre as folhas, frutos e flores (Ayers e Westcot, 1991). Aliás, águas duras comprometem os sistemas de irrigação, bem como qualquer tipo de canalização ao longo do tempo, causando o incrustações e entupimentos.

Na Tabela 4.4 são apresentadas as concentrações médias de cálcio para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4, as quais variaram de 95,7 mg/L a 158,7 mg/L. As águas percoladas apresentaram concentrações médias de cálcio sempre superiores às de irrigação, devido a lixiviação do cálcio existente no solo. Para as águas percoladas, os valores médios de cálcio variaram de 303 mg/L a 339 mg/L.

As águas utilizadas para irrigação apresentaram teores de cálcio adequados para irrigação, que de acordo com Ayers & Westcot (1991), podem variar de 0 a 400 mg/L.

Na Figura 4.20 são apresentados os valores médios de cálcio para as águas de irrigação dos tratamentos estudados.

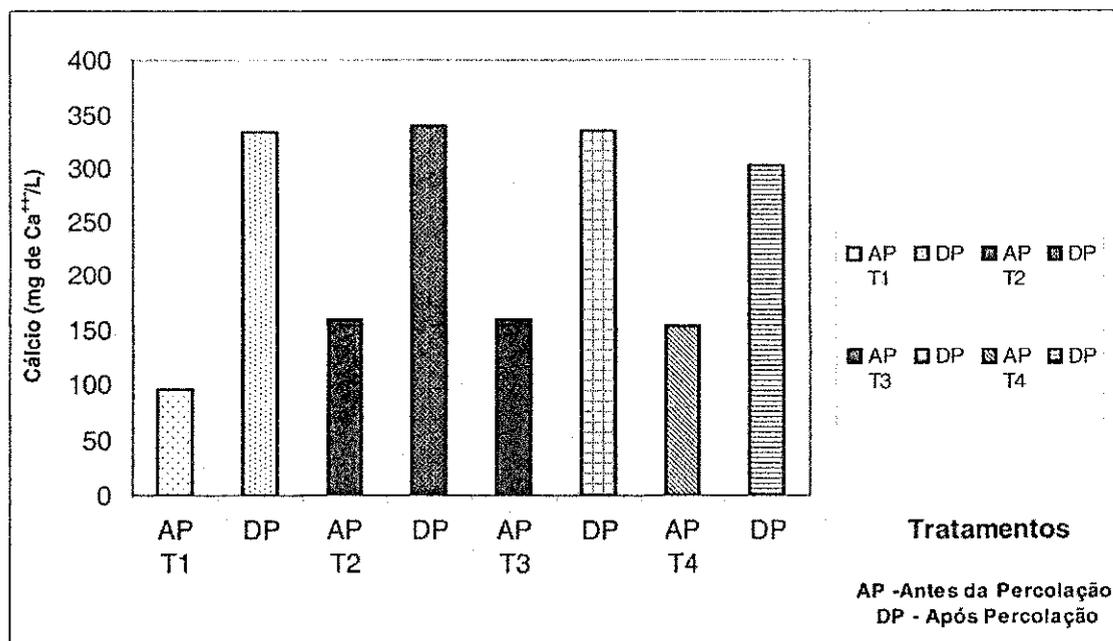


Figura 4.20 - Valores médios de cálcio (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.

#### 4.2.1.8 – Magnésio

As plantas absorvem o magnésio na forma  $Mg^{++}$ . O papel mais conhecido do magnésio na vida da planta refere-se a sua presença na molécula da clorofila, ou seja ele é imprescindível nas atividades fotossintéticas das plantas. O magnésio é um grande ativador de enzimas, e quase todas as enzimas fosforilativas dependem da presença deste nutriente. Este elemento participa nos processos de respiração, reações de sínteses de compostos orgânicos, absorção iônica e processos mecânicos, como expansão das raízes (Malavolta et al, 1997).

Ao longo do experimento, de acordo com os dados apresentados na Tabela 4.4, verificou-se para o magnésio, um comportamento inverso ao do cálcio, pois após a percolação das águas, houve uma redução na concentração deste íon. Os teores de magnésio variaram 124,9 mg/L a 158,2 mg/L, dependendo do tipo de água utilizada. Nas águas percoladas, os valores médios de magnésio variaram de 95,4 mg/L a 120,7 mg/L, como pode ser observado na Figura 4.21.

Com relação aos teores de magnésio existentes nas águas de irrigação, estes se mostraram maiores que os adequados, citados por Ayers & Westcot (1991), os quais deveriam variar de 0 a 60 mg/L.

Observando-se os teores de magnésio contidos nas águas de irrigação e nas águas percoladas, percebe-se que houve um decréscimo após a passagem destas pelo solo, isto aconteceu, principalmente, porque o solo não se encontrava com um teor adequado deste elemento, seqüestrando parte do magnésio adicionado pelas águas de irrigação. Segundo Daker (1994), no sistema água-solo-planta, apesar da variações de cultura para cultura, pode-se afirmar que a remoção do cálcio é sempre maior que a do magnésio.

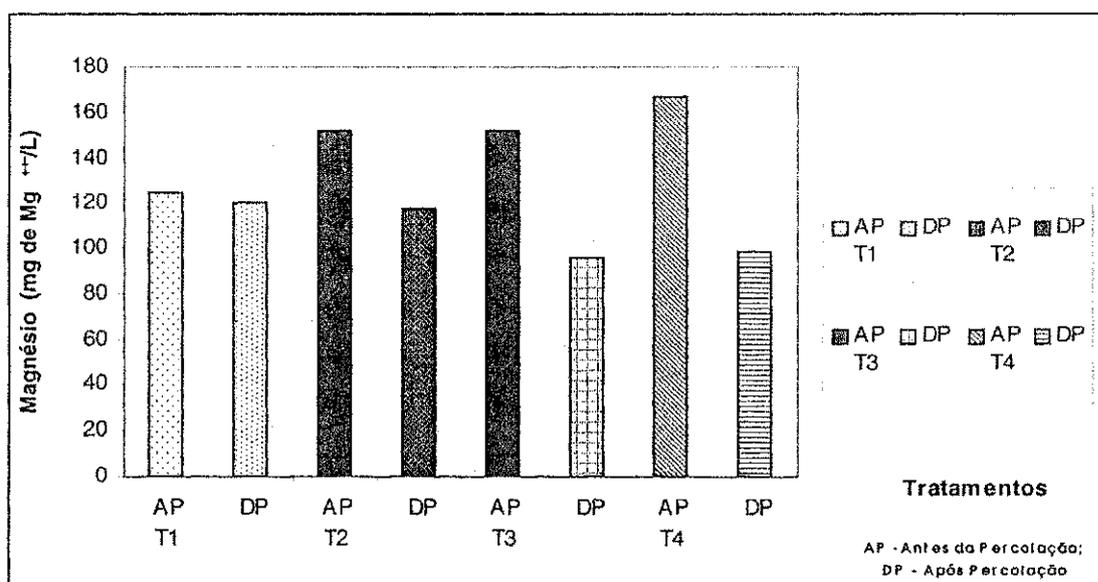


Figura 4.21 - Valores médios magnésio (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.

#### 4.2.1.9 – Potássio

A resistência vegetal ao frio, secas e doenças depende em larga escala de uma boa disponibilidade de potássio (Primavesi, 1987).

O potássio é absorvido pelas plantas na forma iônica  $K^+$ , e a absorção de potássio atinge seu máximo na presença de  $Ca^{++}$  no meio, embora que altas concentrações de cálcio no solo exerçam efeito inibidor na absorção de potássio. O potássio participa ativamente nos processos osmóticos da planta, principalmente na abertura e fechamento das células-guardas dos estômatos, regulando a perda de água das plantas propiciando o turgor das folhas. Além disso, o potássio trabalha na síntese de proteínas e na manutenção de sua estabilidade, na permeabilidade da

membrana e no controle do pH da planta (Malavolta et al., 1997). Porém altas concentrações de potássio podem induzir disponibilidade de magnésio para as plantas.

Ao longo do experimento, verificou-se que os teores médios de potássio para as águas de irrigação variaram de 6,8 mg/L a 20,4 mg/L, de acordo com os dados apresentados na Tabela 4.4. Após a percolação, as águas apresentaram valores médio de potássio iguais a 21,0 mg/L, 23,6 mg/L, 24,1 mg/L e 24,5 mg/L, para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente.

Os teores de potássio existentes nas águas de irrigação e percoladas ficaram acima dos valores considerados recomendados para irrigação, que segundo Ayers e Westcot (1991), deve variar de 0 a 2 mg/L. Observando-se os teores de potássio das águas de irrigação e das águas percoladas, percebe-se que houve uma pequena lixiviação dos solos dos tratamentos estudados. A lixiviação do potássio, observada na Figura 4.22, assim como a do cálcio, pode ter acontecido devido a queda do pH do solo, ocasionado pelas adubações realizadas no o tratamento T1 e pela adição de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  através das águas de irrigação.

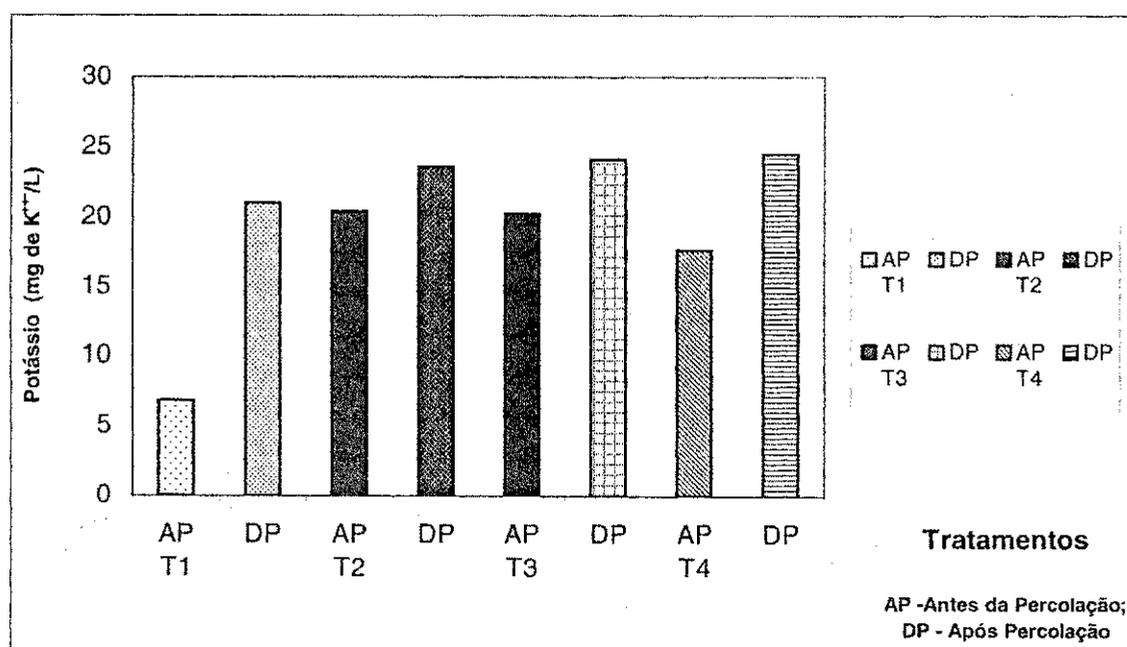


Figura 4.22- Valores médios de potássio (mg/L) para as águas de irrigação dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 antes e após a percolação no solo.

## 4.3 - PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

### 4.3.1 – Para as águas de irrigação

#### 4.3.1.1 – *Coliformes fecais*

Esses microorganismos patogênicos servem como indicadores de qualidade das águas potáveis, das águas residuárias, das culturas e dos solos. Uma elevada contaminação por coliformes fecais pode causar diversas doenças como diarreias, infecções graves e até a morte, e no caso da irrigação, deve-se sempre obedecer os padrões de qualidade de água, pois assim não haverá riscos reais de contaminação das culturas irrigadas, dos solos e do lençol freático.

As concentrações de coliformes fecais nas águas de irrigação apresentadas na Tabela 4.5 variaram bastante em função do tipo da água. Nas águas de irrigação e nas águas percoladas do tratamento T1 houve ausência de coliformes fecais, este resultado era esperado por se tratar de uma água de abastecimento público. Nos tratamentos T2 e T3, a concentração de coliformes fecais na água de irrigação foi de  $3,19 \times 10^4$  (UFC/100ml), enquanto que o tratamento T4 apresentou uma concentração de  $5,17 \times 10^6$  (UFC/100ml).

Após a percolação das águas de irrigação no solo, houve um decréscimo nas concentrações de coliformes fecais, e isto mostra a capacidade de retenção de microorganismos que o solo teve. As concentrações de coliformes fecais nas águas percoladas foram mínimas e variaram da ausência no tratamento T1 até uma casa logarítmica para os tratamentos T2, T3 e T4. Lewis et al. (1986) afirma que o processo de filtração exercido pelo o solo é um mecanismo altamente eficiente quanto à remoção de bactérias, protozoários e ovos de helmintos devido ao seu tamanho (> 25 micras), e os fatores que mais favorecem esta remoção são adsorção das partículas do solo, aeração, disponibilidade de alimentos, dessecação, radiação e temperatura. De acordo com a mesma fonte, estes fatores são responsáveis por cerca de 92 a 97% da remoção total dos microorganismos

As concentrações de coliformes fecais nas águas de irrigação variaram bastante em função da origem da água. A ausência de coliformes fecais na água de irrigação do tratamento T1 demonstra a boa qualidade da água de abastecimento público da cidade. Entretanto, as águas de irrigação dos tratamentos T2, T3 e T4 mostraram uma concentração alta destes organismos patogênicos, e isto ocorreu porque estas águas eram provenientes dos despejos domésticos de alguns bairros circunvizinhos.

Os valores de coliformes fecais encontrados nas águas de irrigação dos tratamentos T2, T3 e T4 ficaram acima do limite permitido pela WHO (1989), que deve ser menor que 200 UFC/100 ml para irrigação de hortaliças ingeridas cruas. Embora este valores estejam acima do

permitido, eles são uma realidade agrícola para as águas de irrigação utilizadas no Brasil. Trabalhando com irrigação em alfaces nos municípios de Sapé e Lagoa Seca (PB), Barros (1997) constatou que as águas superficiais dos reservatórios utilizadas para irrigação de hortaliças continham concentrações de coliformes fecais que variavam entre  $1,0 \times 10^3$  a  $7,9 \times 10^4$  UFC/100ml.

Um aspecto positivo da baixa concentração de coliformes fecais nas águas percoladas está no fato da carga poluidora ser menor para o meio ambiente.

Na Tabela 4.5 são apresentados os resultados médios da qualidade microbiológica das águas de abastecimento e residuária antes e após irrigação para os tratamentos T1, T2, T3 e T4.

**Tabela 4.5**—Resultados médios, máximos e mínimos da qualidade microbiológica das águas de abastecimento e residuária antes e após as irrigações para os tratamentos T1, T2, T3 e T4.

Parâmetros	Tratamentos							
	T1		T2		T3		T4	
	AP	DP	AP*	DP	AP*	DP	AP*	DP
Helminhos (ovo/L)	NR	NR	0	0	0	0	132/91	0
							66-166	
Coliformes Fecais (UFC/100ml)	0,00	0,00	$3,19 \times 10^4$	$1,11 \times 10^1$	$3,19 \times 10^4$	$2,69 \times 10^1$	$5,17 \times 10^6$	$3,15 \times 10^1$
			$1,8 \times 10^3$	0,00	$1,8 \times 10^3$	0,00	$5,00 \times 10^5$	0,00
			$1,12 \times 10^5$	$4,00 \times 10^1$	$1,12 \times 10^5$	$2,90 \times 10^2$	$1,48 \times 10^7$	$1,50 \times 10^2$

AP - Antes Percolação; DP - Após percolação; NR - Não realizado; T1 - Água de abastecimento + adubação mineral; T2 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de areia; T3 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de discos; T4 - Efluente do reator UASB + filtro de areia

#### 4.3.1.2 - Helminhos

Muitas espécies de helmintos tem o homem como hospedeiro, e alguns podem causar sérias doenças. Muitos tipos de helmintos são expelidos junto com as fezes humanas, e há apenas uma exceção, o *Schistosoma haematobium*, o qual é expelido pela a urina de pessoas contaminadas (Feachem et al., 1983). Os helmintos são um dos principais problemas da poluição hídrica, sobretudo para as águas residuárias utilizadas na irrigação, devido a resistência que oferecem quanto a sua eliminação, seja nos tratamentos de água ou mesmo no solo.

Não foram realizadas análises para a quantificação de helmintos no tratamento T1, uma vez que a água de irrigação utilizada fora água de abastecimento público. Também não houve presença de ovos de helmintos na água de irrigação e nas águas percoladas do tratamentos T2 e T3, isto se deu porquê o tratamento da água de irrigação ter sido realizado por lagoas de polimento, o qual é extremamente eficaz na eliminação de patógenos desta natureza, desde que se obedeça aos critérios de operação do sistema. Entretanto, de acordo com a Tabela 4.5, nas águas de irrigação do tratamento T4 foram encontrados em média 132 ovos/L, sendo considerada uma dose infectiva alta para ser lançada no solo e para a irrigação de culturas comestíveis, pois os limites recomendados

pelos critérios da WHO (1989), devem ser menores que um ovo de helmintos por litro ( $< 1$  ovo/L). As águas percoladas de todos os tratamentos não apresentaram ovos de helmintos, não sendo, portanto, uma fonte poluidora das águas dos corpos receptores e do lençol freático.

Contudo, é mister o uso adequado e racional desta água, bem como o manuseio rigoroso do sistema de irrigação, da águas, do solo e da cultura, principalmente nas épocas de colheitas, pois tanto os helmintos, como os outros patógenos podem causar doenças.

#### 4.3.2 – Para o solo

##### 4.3.2.1 – *Coliformes fecais e Salmonella spp.*

Os microorganismos patogênicos após serem excretados junto com as fezes podem sobreviver no ambiente e inclusive se multiplicarem. De acordo com Feachen et al. (1983), a sobrevivência dos microorganismos patogênicos no solo depende de fatores como temperatura, pH, umidade, luz solar, evaporação, matéria orgânica, adsorção e antagonismo da microflora do solo.

No solo, os coliformes fecais possuem um período de sobrevivência mais longo, principalmente em temperaturas mais frias, entretanto em temperaturas maiores que  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , estes podem ser eliminados em duas semanas (Shuval et al., 1985). Estudando como a salinidade, a umidade e a temperatura dos solos poderiam influenciar na sobrevivência da *Salmonella typhimurium*, Zibilski & Weaver (1978) observaram que a sobrevivência deste microorganismo foi inversamente proporcional a temperatura, mas não houve relação com o tipo de solo ou a umidade, e concluíram que a  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o tempo de sobrevivência variou de três a oitenta e quatro dias.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4.6, verifica-se que os solos dos tratamentos T2, T3 e T4, inclusive o solo antes das irrigações, sofreram contaminações fecais. Isto era de se esperar, pois as águas utilizadas na irrigação destes tratamentos possuíam uma concentração alta de coliformes fecais, além disso o solo já tinha uma contaminação fecal de seu lugar de origem. Somando-se aos dois fatores acima, a parada das irrigações se deu quinze dias antes da coleta do solo, e este tempo não foi suficiente para a eliminação destes patógenos. Em relação ao tratamento T1, pressupõe-se que o baixo pH do solo aliado ao baixo teor de umidade tenha sido suficiente para sua eliminação. Quanto a *Salmonella spp.*, todos os solos, antes e após a irrigação, mostraram ausência deste patógeno. Segundo Feachen et al. (1983), muitos estudos mostram que as *salmonellas* podem viver no solo por um período de meses em condições ideais, entretanto em climas quentes e com períodos longos de insolação, o tempo máximo de sobrevivência varia em torno de dois meses, podendo haver completa eliminação após duas semanas.

Nas Tabelas 4.6 e 4.7 são apresentados os resultados qualitativos dos parâmetros microbiológicos analisados para o solo antes e após as irrigações, bem como resultados médios dos parâmetros microbiológicos analisados para os frutos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente.

**Tabela 4.6 – Resultados qualitativos dos parâmetros microbiológicos analisados para o solo antes e após as irrigações para os tratamentos T1, T2, T3 e T4.**

Parâmetros	Tratamentos							
	T1		T2		T3		T4	
	AP	DP	AP	DP	AP	DP	AP	DP
<i>Coliformes Fecais</i>	Presença	Ausência	Presença	Presença	Presença	Presença	Presença	Presença
<i>Salmonella spp.</i>	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

AP - Antes Percolação; DP - Após percolação; NR - Não realizado; T1 - Água de abastecimento + adubação mineral; T2 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de areia; T3 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de discos; T4 - Efluente do reator UASB + filtro de areia

**Tabela 4.7 – Resultados médios dos parâmetros microbiológicos analisados para os frutos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4.**

Parâmetros	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
<i>Coliformes Fecais</i> (NMP/100g)	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
<i>Salmonella spp.</i>	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

AP - Antes Percolação; DP - Após percolação; NR - Não realizado; T1 - Água de abastecimento + adubação mineral; T2 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de areia; T3 - Efluente de lagoa de polimento + filtro de discos; T4 - Efluente do reator UASB + filtro de areia

### 4.3.3 – para os frutos

#### 4.3.3.1 – *Coliformes fecais e Salmonella spp.*

De modo geral, os microorganismos estão mais expostos as condições ambientais mais adversas na superfície das culturas, e o tempo de sobrevivência destes tende a ser menor do que no solo. A sobrevivência dos microorganismos patogênicos nas culturas depende de fatores como a temperatura, baixa umidade do ar e intensa luz solar, ou seja, a sobrevivência depende, sobretudo, das condições climáticas e ambientais (Bastos, 1992).

Vírus e bactérias excretadas não podem penetrar no tecido vegetal, salvo se estiver danificado, entretanto alguns tipos de patógenos podem ser encontrados na superfície das culturas quando são irrigadas ou fertilizadas com produtos contendo fezes (Feachen et al., 1983). De acordo com o mesmo autor, o tempo de sobrevivência dos patógenos nas culturas é bem menor do que em

outros ambientes, sendo que os cistos de protozoários são rapidamente mortos (2 a 10 dias), vírus, bactérias e helmintos sobrevivem um pouco mais (15 a 60 dias).

Trabalhando com reuso na irrigação de alfaces (*Lactuca sativa*, L.) em colunas experimentais de solo, Araújo (1999) constatou que a cultura não se poderia ser consumida, pois as mesmas obtiveram índices de coliformes fecais maiores do que o permitido pela Vigilância Sanitária (1997), que deve ser menor que 200 UFC/100g.

A qualidade microbiológica dos frutos cultivados durante o experimento, mostrou-se satisfatória para o consumo humano em relação aos dois microorganismos patogênicos avaliados, vide Tabela 4.7. Constatou-se ausência de *Salmonella spp.* em todos os tratamentos e a concentração de coliformes fecais, nos referidos tratamentos, foi menor do que 2,2 NMP/100g, estando, assim, de acordo com os critérios exigidos pela WHO (World Health Organization, 1989).

Sendo assim, de acordo com Duarte et al. (2002), as águas residuárias tratadas podem ser empregadas na irrigação de culturas comestíveis, desde que haja um bom tratamento do esgoto, um sistema de irrigação adequado, restrição do tipo da cultura a ser irrigada, cuidados na colheita, transporte e manuseio.

## 4.3 – MEDIDAS DE CRESCIMENTO E DE SUPERFÍCIE

### 4.3.1 – Altura de planta e diâmetro do caule

Segundo Benincasa (1986), o crescimento das plantas pode ser acompanhado a partir da contagem de unidades morfológicas como ramificações, folhas, flores, frutos, e são estas medidas que fornecem informações importantes quanto à fenologia das culturas, sendo muitas vezes utilizadas para detectar diferenças entre os tratamentos estabelecidos.

A evolução da altura média das plantas e do diâmetro médio dos caules dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 é apresentada nas Figuras 4.23 a 4.30. De acordo com os dados mostrados nestas figuras, observa-se que as plantas da variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T2, T3 e T4 se comportaram de maneira semelhante em relação aos dois parâmetros avaliados. As leituras foram realizadas aos setenta, noventa e cento e vinte dias. Aos setenta dias, os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram uma altura média igual a 37,3 cm, 38,3 cm e 40,7 cm, respectivamente; aos noventa dias, a altura média foi de 59,3 cm para T2, 55,7 cm para T3 e 58 cm para T4; aos cento e vinte dias, os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram altura média igual a 67,8 cm, 65,5 cm e 79 cm, respectivamente. O tratamento T1 apresentou uma altura média de 3,7 cm aos setenta dias, 13,5 cm aos noventa dias e 23,5 cm aos cento e vinte dias. Em relação ao diâmetro médio dos caules, as plantas dos tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram valores médios iguais a 7,2 cm, 9,2 cm e 11,3 cm aos setenta dias; aos noventa dias, as mesmas plantas apresentaram valores médios iguais a 9,2 cm, 9,3 cm e 9,7 cm; aos cento e vinte dias, os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram diâmetro médio de caule igual a 11,3 cm, 13,0 cm e 11,8 cm, respectivamente. O tratamento T1 apresentou um diâmetro médio de 2,0 cm aos setenta dias, 4,0 cm aos noventa dias e 5,7 cm aos cento e vinte dias.

Em relação a variedade Rubi-Giant, de acordo com os dados mostrados nas Figuras 4.27, 4.28, 4.29 e 4.30, pode-se observar que o comportamento da altura média e do diâmetro médio do caule das plantas desta variedade foi muito semelhante ao comportamento das plantas da variedade Yollo-Wonder, entretanto, devido a sua genética, a cultivar Rubi-Giant apresentou um porte menor. A altura média das plantas, aos setenta, noventa e cento e vinte dias, foi igual a 5,2 cm, 10,7 cm e 16,3 cm para T1; 33,2 cm, 45,7 cm e 53,0 para T2; 22,2 cm, 44,3 cm e 54,8 cm para T3; e 17,3 cm, 32,3 cm e 61,7 cm para T4. Enquanto que o diâmetro médio do caule aos setenta, noventa e cento e vinte dias, foi igual a 2,3 cm, 2,7 cm e 5,0 cm para T1; 7,3 cm, 7,7 cm e 9,3 para T2; 5,8 cm, 8,0 cm e 10,3 cm para T3; e 4,2 cm, 6,2 cm e 9,3 cm para T4.

Desta forma, nota-se que a altura média e o diâmetro médio do caule das duas cultivares dos tratamentos T2, T3 e T4 foi superior a do tratamento T1, apresentando um aumento médio nos valores da altura e no diâmetro do caule das plantas que variou de três a dez vezes durante o período de leitura. A disparidade destes dois parâmetros entre as plantas dos tratamentos é explicada pelo fato de que as águas de irrigação dos tratamentos T2, T3 e T4 serviram como uma fonte adequada de macronutrientes proporcionando um bom desenvolvimento e uma boa adaptação das plantas destes tratamentos.

#### **4.3.2 – Número de folhas e área foliar**

As medidas de superfície estão relacionadas principalmente com a determinação ou a estimativa da superfície fotossinteticamente ativa, e salvo pouquíssimas exceções, as folhas são responsáveis pelo processo da fotossíntese (Benincasa, 1986).

As leituras das medidas de superfície foram realizadas aos setenta, noventa e cento e vinte dias, e assim como as medidas de crescimento, aquelas mostraram número de folhas e área foliar bem distintas e relacionadas com o tipo de água utilizada para a irrigação.

O número médio de folhas apresentado para variedade Yollo-Wonder aos setenta, noventa e cento e vinte dias, variou de 6,3 a 26 para T1; de 27 a 115 para T2; de 37 a 111,7 para T3; e de 40 a 110,3 para T4. Em relação à variedade Rubi-Giant, o número médio de folhas, aos setenta, noventa e cento e vinte dias variou 9 a 3 para T1; de 38,3 a 76 para T2; de 23,7 a 79,3 para T3; e de 13,7, a 77,7 para T4. Observando-se os dados do número médio de folhas por planta, apresentados nas Figuras 4.31 a 4.38, constata-se a superioridade dos tratamentos T2, T3 e T4 em relação ao tratamento T1, e mais uma vez, esta superioridade está relacionada com o tipo de água utilizada na irrigação. Observa-se ainda, que houve uma queda muito brusca no número médio de folhas para o tratamento T1 aos cento e vinte dias, variedade Rubi-Giant, a qual foi ocasionada pelo efeito salino da adubação com cloreto de potássio. Segundo Malavolta (1981), o cloreto de potássio tem um índice salino muito alto, e se for aplicado muito próximo das sementes germinadas ou raízes ocasionará queimaduras, desfolhamentos e até a morte da planta. A primeira leitura do número médio de folhas em T4, variedade Rubi-Giant, mostrou-se bem abaixo do número médio de folhas em T2 e T3, e isto aconteceu por causas dos ataques constantes de vaquinhas e lagartas às plantas deste tratamento.

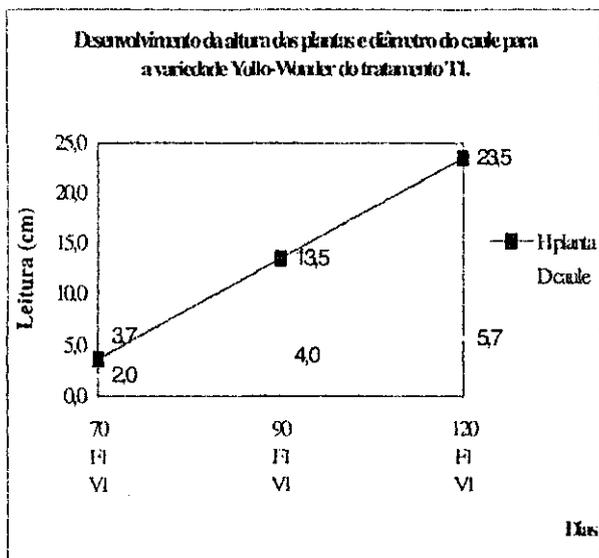


Figura 4.23 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T1.

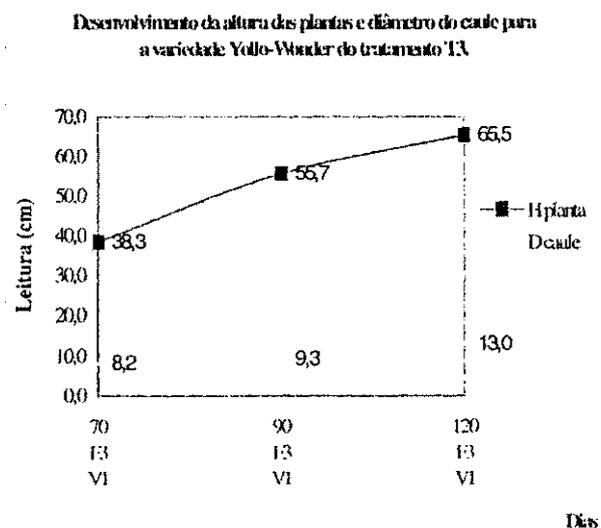


Figura 4.25 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T3.

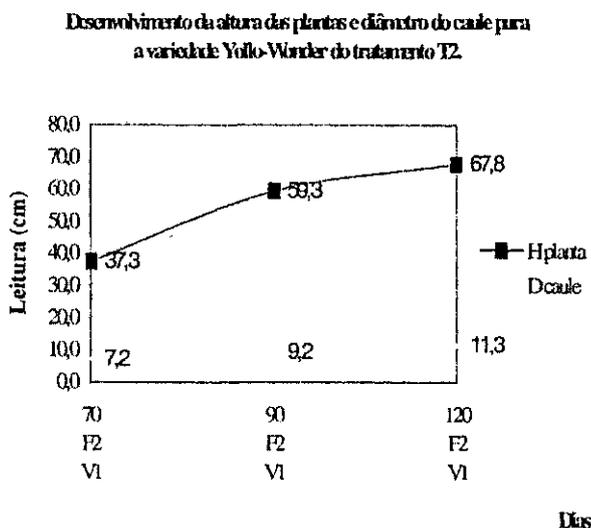


Figura 4.24 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T2.

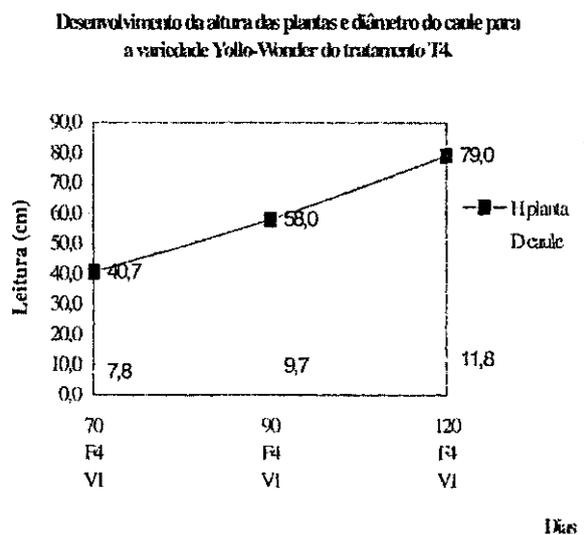


Figura 4.26 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T4.

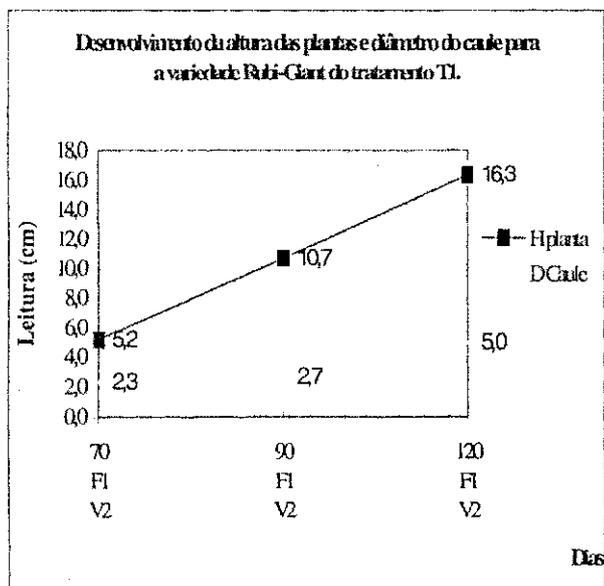


Figura 4.27 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Rubi-Giant dos tratamentos T1.

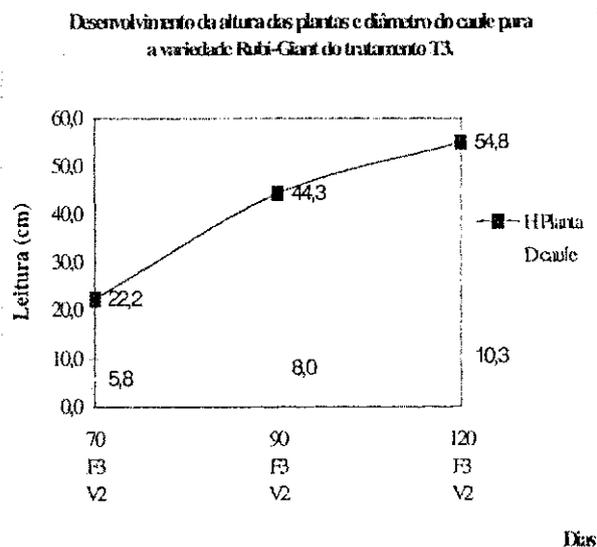


Figura 4.29 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Rubi-Giant dos tratamentos T3.

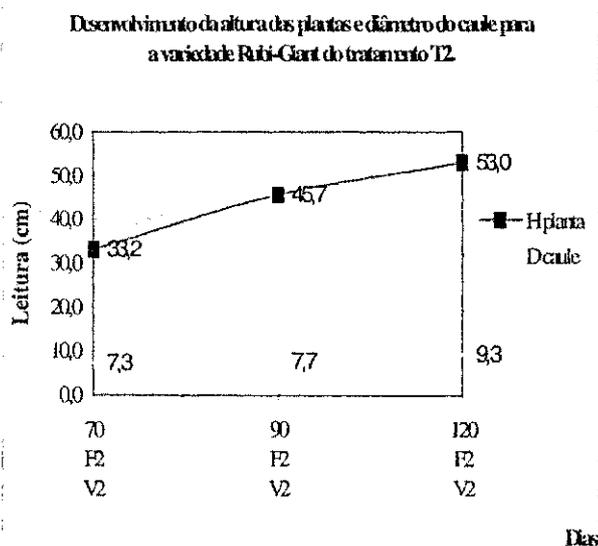


Figura 4.28 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Rubi-Giant dos tratamentos T2.

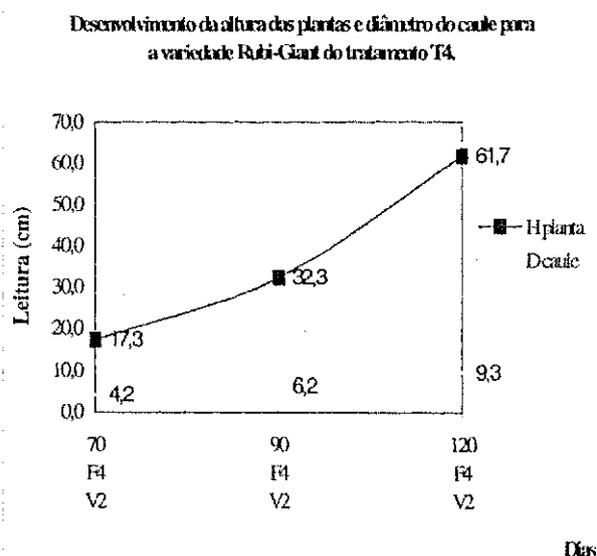


Figura 4.30 - Desenvolvimento da altura das plantas e diâmetro de caule para a variedade Rubi-Giant dos tratamentos T4.

De um modo geral, a variedade Rubi-Giant apresentou um número médio de folhas menor do que a variedade Yollo-Wonder por causa da diferenciação genética das cultivares em questão.

A evolução da área foliar média das duas cultivares para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 pode ser observada nas Figuras 4.32 a 4.39. A área foliar média apresentada para variedade Yollo-Wonder aos setenta, noventa e cento e vinte dias, variou de 25,2 cm<sup>2</sup> a 554 cm<sup>2</sup> para T1; de 824,5 cm<sup>2</sup> a 5267,7 cm<sup>2</sup> para T2; de 1174,7 cm<sup>2</sup> a 5836,2 cm<sup>2</sup> para T3; e de 1092,7 cm<sup>2</sup> a 4306,6 cm<sup>2</sup> para T4. Em relação à variedade Rubi-Giant, a área foliar média, aos setenta, noventa e cento e vinte dias esteve entre o intervalo de 45,3 cm<sup>2</sup> a 55,7 cm<sup>2</sup> para T1; de 1097,7 cm<sup>2</sup> a 3686,2 cm<sup>2</sup> para T2; de 551,9 cm<sup>2</sup> a 3036,5 cm<sup>2</sup> para T3; e de 202,9 cm<sup>2</sup> a 4061,0 cm<sup>2</sup> para T4.

Observando-se os dados apresentados, verifica-se que aos cento e vinte dias, as plantas da variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram valores médios de área foliar nove vezes maior do que as plantas do tratamento T1. As plantas da variedade Rubi-Giant apresentaram uma evolução semelhante a da variedade Yollo-Wonder, entretanto a área foliar média para as plantas dos tratamentos T2, T3 e T4 foram menores do que a apresentada da para variedade Yollo-Wonder, e estes resultados estão coerentes com o número médio de folhas, as medidas de crescimento e a produção encontrada para a variedade Rubi-Giant, já que a área foliar está diretamente relacionada com a produção e o desenvolvimento das plantas. Para a variedade Rubi-Giant, o aumento médio da área foliar das plantas dos tratamentos T2, T3 e T4 em relação ao tratamento T1 foi de 64 vezes, entretanto, deve-se salientar que o desfolhamento das plantas de T1 contribuiu para que este aumento fosse demasiado.

Trabalhando com os efeitos causados pelo estresse hídrico na cultura do pimentão, Oliveira (1995) mostrou que aos cento e vinte dias, a área foliar média, o número médio de folhas e número médio de frutos das plantas adubadas com adubação mineral e irrigadas com 100% da água disponível foi igual a 3201,2 cm<sup>2</sup>, 60 folhas e 2,7 frutos / planta, respectivamente.

Desta forma, verifica-se que as plantas irrigadas com água residuária demonstraram um bom desenvolvimento durante seu ciclo fenológico, e com isto obteve-se uma melhor adaptação e uma maior resistência às condições desfavoráveis como temperatura, umidade, doenças e pragas, proporcionando maiores produtividades.

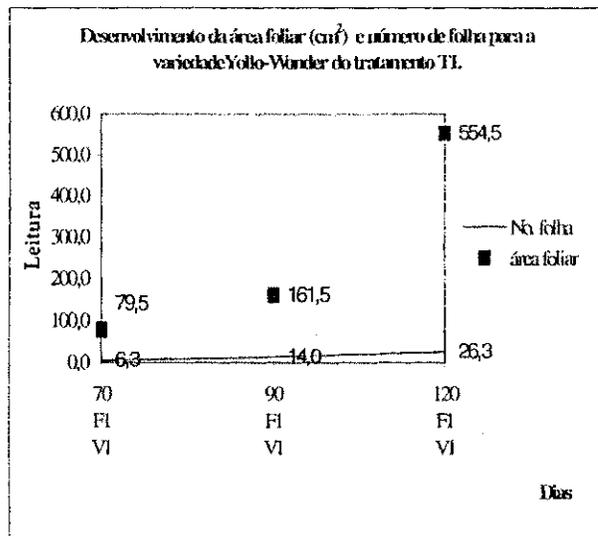


Figura 4.31 - Desenvolvimento área foliar (cm<sup>2</sup>) e do número de folhas para a variedade Yollo-Wonder do tratamento T1.

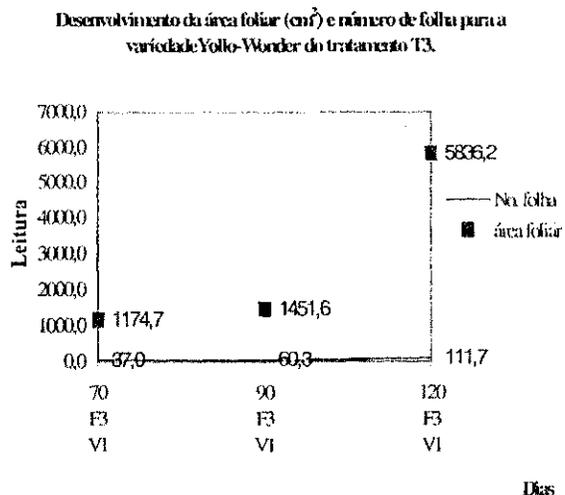


Figura 4.33 - Desenvolvimento área foliar (cm<sup>2</sup>) e do número de folhas para a variedade Yollo-Wonder do tratamento T3.

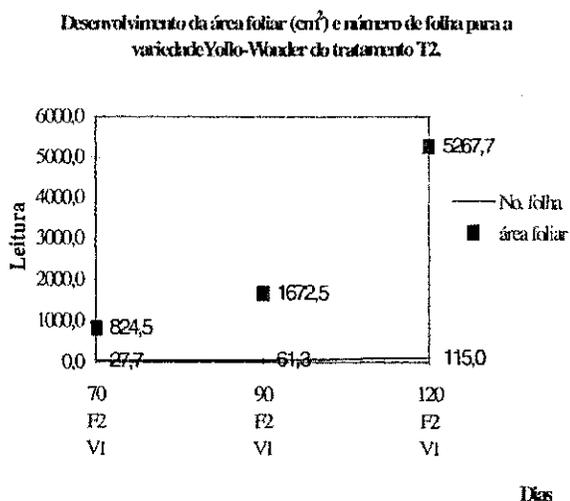


Figura 4.32 - Desenvolvimento área foliar (cm<sup>2</sup>) e do número de folhas para a variedade Yollo-Wonder do tratamento T2.

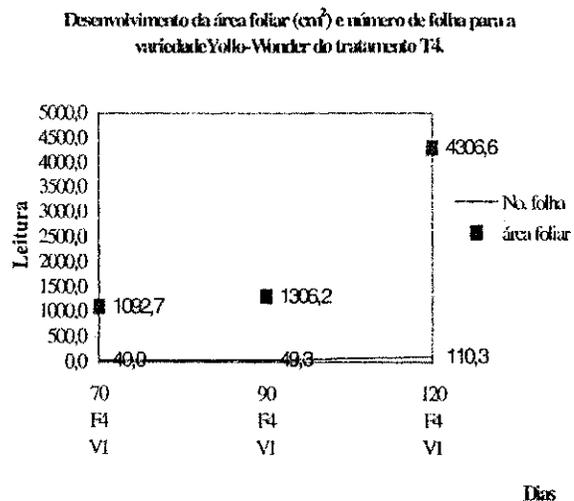


Figura 4.34 - Desenvolvimento área foliar (cm<sup>2</sup>) e do número de folhas para a variedade Yollo-Wonder do tratamento T4.

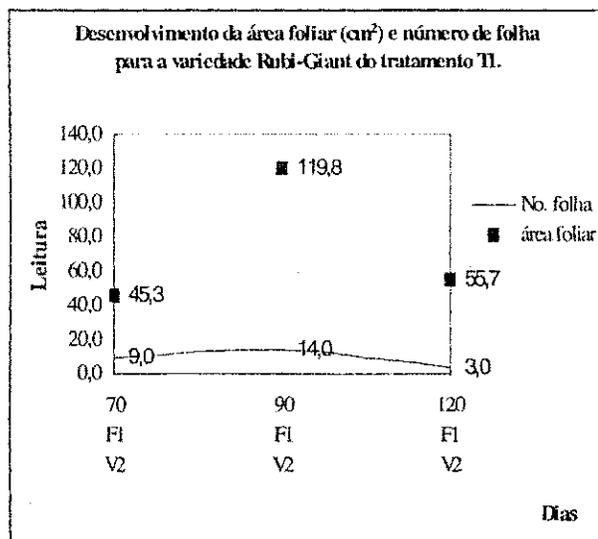


Figura 4.35 - Desenvolvimento área foliar (cm<sup>2</sup>) e do número de plantas para a variedade Rubi-Giant do tratamento T1.

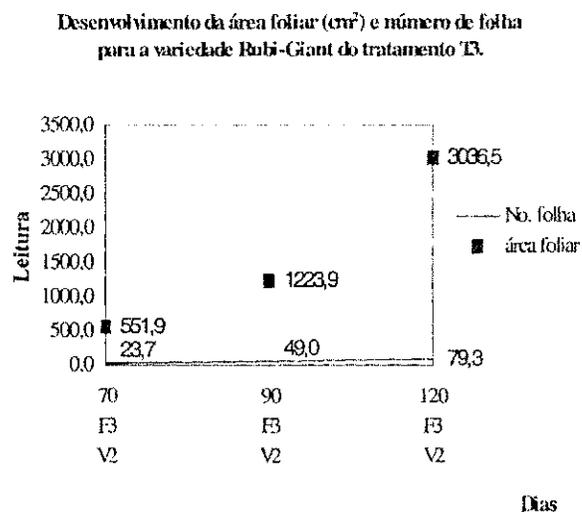


Figura 4.37 - Desenvolvimento área foliar (cm<sup>2</sup>) e do número de plantas para a variedade Rubi-Giant do tratamento T3.

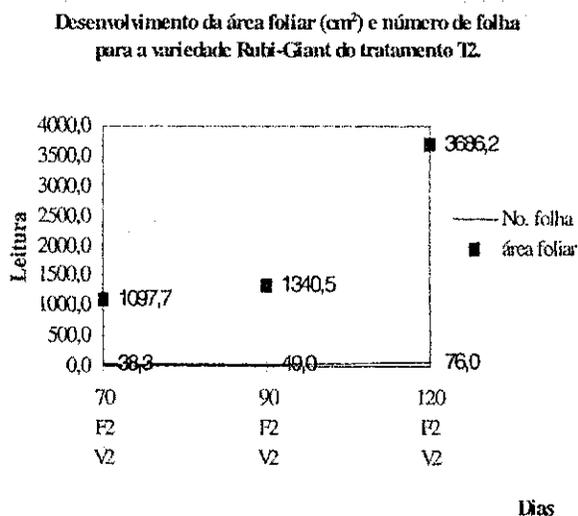


Figura 4.36 - Desenvolvimento área foliar (cm<sup>2</sup>) e do número de plantas para a variedade Rubi-Giant do tratamento T2.

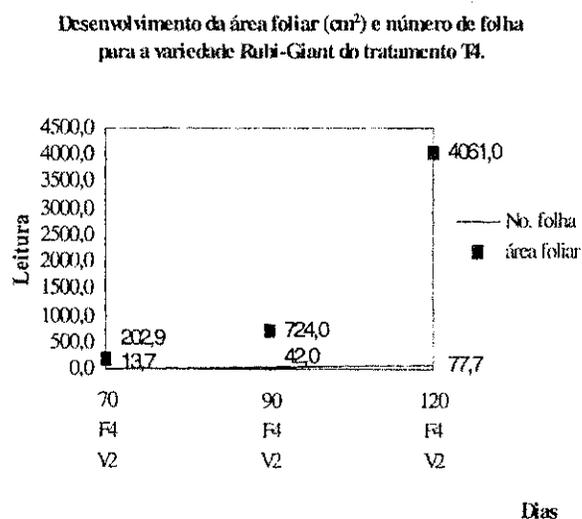


Figure 4.38 - Desenvolvimento área foliar (cm<sup>2</sup>) e do número de plantas para a variedade Rubi-Giant do tratamento T4.

#### 4.4 – COMPONENTES DE PRODUÇÃO

São mostrados na Tabela 4.8, os componentes da produção das variedades V1 e V2 cultivadas durante o experimento para os tratamentos T1, T2, T3 e T4. Os componentes de produção analisados foram número médio de frutos, peso médio dos frutos, produção média de frutos e rendimento médio de frutos para três repetições dos referidos tratamentos.

**Tabela 4.8** –Componentes da produção das variedades Yollo-Wonder e Rubi-Giant cultivadas durante o experimento para os tratamentos T1, T2, T3 e T4.

Tratamentos	variedades	No. médio de frutos/ planta	Peso médio dos frutos/planta (g)	Produção/planta (Kg)	Rendimento (t/ha)
T1	V1	4	101	0,40	12,5
T1	V2	6	117	0,70	21,9
T2	V1	15	133	2,00	62,5
T2	V2	6	105	0,63	19,7
T3	V1	8,6	117	1,01	31,6
T3	V2	8,3	117	0,97	30,3
T4	V1	13,3	108	1,44	45,0
T4	V2	6	126	0,76	23,8

V1- Variedade Yollo-Wonder; V2- Variedade Rubi-Giant; T1 – Água de abastecimento + adubação mineral; T2 – Efluente de lagoa de polimento + filtro de areia; T3 – Efluente de lagoa de polimento + filtro de discos; T4 – Efluente do reator UASB + filtro de areia;

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4.8, pode-se observar que houve uma tendência da variedade Yollo-Wonder produzir mais frutos do que a variedade Rubi-Giant, entretanto isto não aconteceu no tratamento T1. A diferença no número de frutos produzidos entre as variedades ocorreu devido ao período mais longo de maturação dos frutos da variedade Rubi-Giant, fazendo com que as plantas desprendessem uma quantidade maior de nutrientes e de energia para amadurecê-los, isto é, ao invés de uma certa fração de nutrientes ser utilizada para o nascimento de novos frutos, esta era utilizada para o amadurecimento dos mesmos. Além disso, como a variedade Yollo-Wonder é mais rústica, as plantas provavelmente se adaptaram melhor as condições impostas durante o experimento. Alguns autores consideram que uma planta é considerada fértil se produzir mais do que quatro pimentões, e segundo (Pereira,1990), se uma planta produz de 12 a 15 frutos, pode-se esperar rendimentos acima da média.

Em relação à variedade Yollo-Wonder, o número de frutos médio por planta para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 foram iguais a 4, 15, 8,6 e 13,3, respectivamente, e isto representou um percentual médio de 10, 36, 21 e 33% de toda produção desta variedade (Figura 4.39). Para a variedade Rubi-Giant, o número de frutos médio por planta foi igual a 6, 6, 8,3 e 6 para os

tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente, representando, assim, um percentual médio que variou de 23 a 31% de toda produção para esta variedade (Figura 4.40).

A produção normal esperada de frutos, em gramas, dependo das boas condições climáticas e nutricionais do solo, segundo Pereira (1990), varia de 640g/planta a 1280g/planta. De acordo com os dados da Tabela 4.8, observa-se que as plantas da variedade Yollo-Wonder dos tratamentos T2 e T4 tiveram uma produção acima da média, apresentando, assim, valores iguais a 2000 g/planta e 1440 g/planta, respectivamente. Em relação à variedade Rubi-Giant, os tratamentos T1, T3 e T4 apresentaram valores iguais a 700 g/planta, 970 g/planta e 760 g/planta, respectivamente, desta forma, a produção para estes tratamentos ficou dentro da faixa considerada adequada para produção (Figura 4.44).

O tratamento T1 para a variedade Yollo-Wonder apresentou uma produção igual 400 g/planta, ficando, assim, bem abaixo do limite considerado adequado (Figura 4.43).

O rendimento em toneladas por hectare, em Minas Gerais, nos anos de 1980 a 1983, segundo Estanislau (1984), foi de 20,9, 18,3 e 20,3 t/ha, porém segundo a autora não é difícil conseguir colheitas de 36,0 t/ha. Segundo Pereira (1990), o rendimento adequado varia de 20 a 40 t/ha, sendo que o autor considera acima da média rendimentos de 40 t/ha. No experimento, como pode ser observado na Figura 4.45, os maiores rendimentos foram obtidos para variedade Yollo-Wonder do tratamentos T2, T3 e T4, os quais apresentaram valores iguais a 65,2 t/ha, 31,6 t/ha e 45,0 t/ha, respectivamente, e para a mesma variedade o tratamento T1 apresentou um rendimento de 12,5 t/ha. Estes resultados apresentaram um aumento de aproximadamente 2,5, 4 e 5 vezes os tratamentos T3, T4 e T2 em relação ao tratamento T1.

Em relação a variedade Rubi-Giant, os tratamentos T1, T3 e T4 se apresentaram na faixa de rendimento considerada adequada, isto é, variando de 20 a 40 t/ha. Estes tratamentos mostraram resultados iguais a 21,9 t/ha, 30,3 t/ha e 23,8 t/ha, respectivamente. Não houve grandes aumentos ou decréscimos de rendimentos entre os tratamentos, contudo os tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentaram um percentual médio de produção desta variedade igual a 23, 21, 31 e 25%, respectivamente.

Desta forma, todos os tratamentos tiveram rendimentos aceitáveis, com exceção dos tratamentos T1 para a variedade Yollo-Wonder e T2 para a variedade Rubi-Giant, entretanto os melhores resultados se deram para os tratamentos T2 e T4, variedade Yollo-Wonder, os quais utilizavam água residuária para a irrigação das culturas. Sendo assim, conclui-se que a utilização destas águas é de grande interesse tanto para agricultura, como para o meio ambiente como todo, pois é uma ótima fonte de macronutrientes, diminuindo a adição de fertilizantes na agricultura, os quais junto com os pesticidas são uma das maiores fontes poluidoras dos corpos aquáticos e dos

lençóis freáticos. Contudo é necessário lembrar que o uso das águas residuária para agricultura deve obedecer aos critérios de qualidade estipulados por organizações responsáveis pela qualidade dos alimentos, bem como escolher o sistema de irrigação adequado, além de manejar adequadamente o conjunto água-solo-planta.

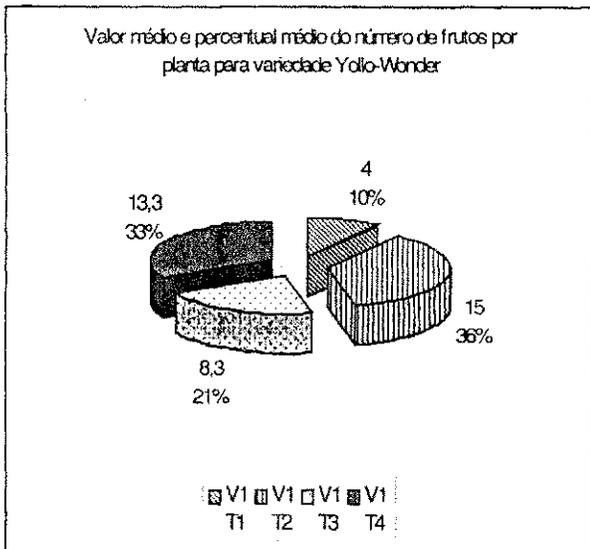


Figura 4.39 - Valor médio e percentual médio de frutos por planta para variedade Yollo-Wonder.

Valor médio e percentual médio do peso dos frutos (g) por planta para variedade Yollo-Wonder

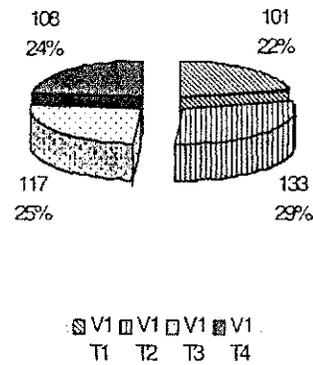


Figura 4.41 - Valor médio e percentual médio do peso dos frutos por planta para variedade Yollo-Wonder.

Valor médio e percentual médio do número de frutos por planta para variedade Rubi-Giant

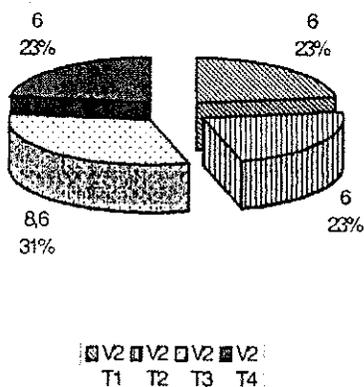


Figura 4.40 - Valor médio e percentual médio de frutos por planta para variedade Rubi-Giant.

Valor médio e percentual médio do peso dos frutos (g) por planta para variedade Rubi-Giant

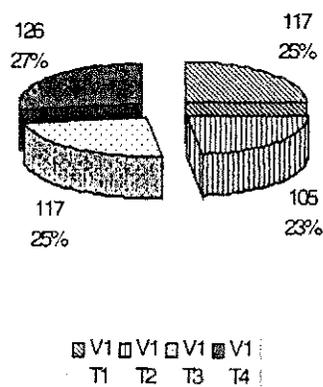


Figura 4.42 - Valor médio e percentual médio do peso dos frutos por planta para variedade Rubi-Giant.

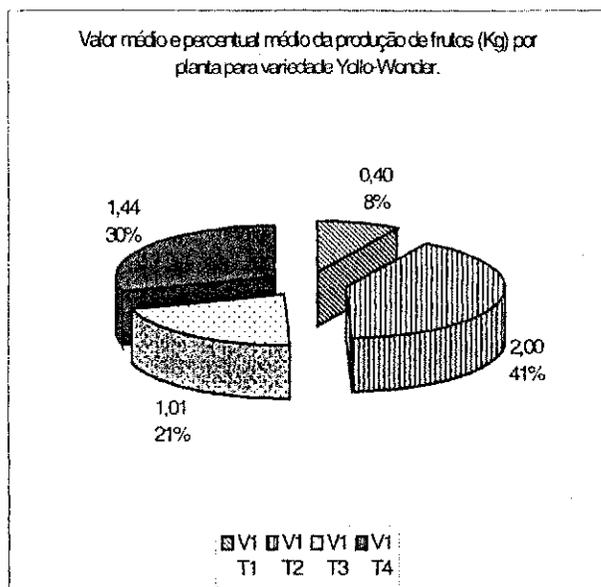


Figura 4.43 - Valor médio e percentual médio da produção (Kg) de frutos por planta para variedade Yollo-Wonder.

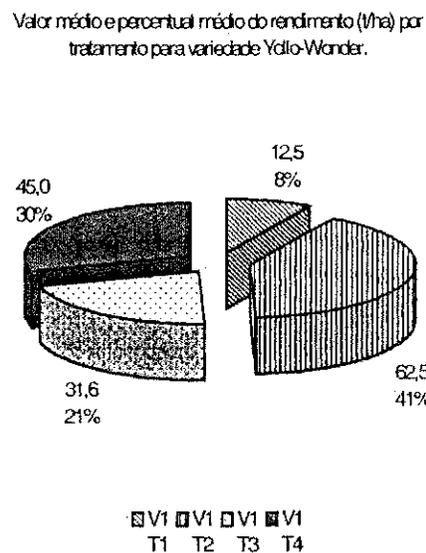


Figura 4.45 - Valor médio e percentual médio do rendimento (t/ha) de frutos por tratamento para variedade Yollo-Wonder.

Valor médio e percentual médio da produção de frutos (Kg) por planta para variedade Rubi-Giant.

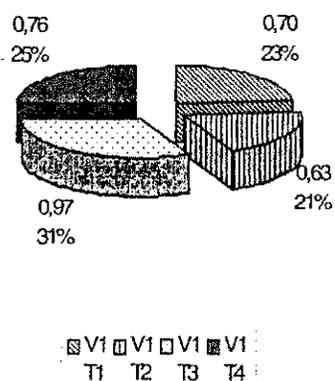


Figura 4.44 - Valor médio e percentual médio da produção (Kg) de frutos por planta para variedade Rubi-Giant.

Valor médio e percentual médio do rendimento (t/ha) por tratamento para variedade Rubi-Giant.

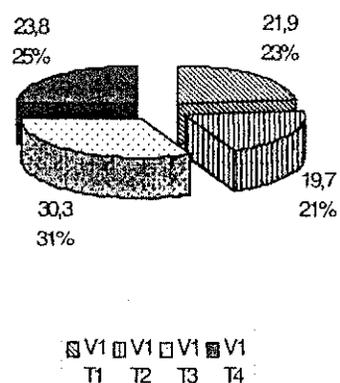


Figura 4.46 - Valor médio e percentual médio do rendimento (t/ha) de frutos por tratamento para variedade Rubi-Giant.

---

---

## Conclusões

---

---

## 5.0 - CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo permitiram concluir que:

1. A produtividade do pimentão de todos os tratamentos está coerente com a realidade agrícola do campo, entretanto os tratamentos T2 e T4 apresentaram produtividade acima da média, que normalmente varia de 20 a 40 (t/ha);
2. Os resultados da qualidade microbiológica dos frutos foram satisfatórios e atenderam aos critérios exigidos pela WHO (World Health Organization, 1989), podendo, assim, ser consumidos sem causar riscos aos consumidores destes produtos;
3. As águas residuárias tratadas podem ser empregadas na irrigação de culturas comestíveis, desde que haja um bom tratamento do esgoto, escolha-se um sistema de irrigação adequado, restrinja-se o tipo da cultura a ser irrigada e tenha-se cuidados na colheita, transporte e manuseio;
4. As águas residuárias mostraram ser fonte adequada de macronutrientes para a cultura irrigada, pois supriu as necessidades nutricionais destes nas plantas;
5. Os resultados da avaliação microbiológica e físico-química mostraram que a água de abastecimento público encontra-se dentro dos padrões de qualidade para classe especial de acordo como a CETESB (1988);
6. Os resultados médios dos coliformes fecais para as águas de irrigação dos tratamentos T2, T3 e T4 não atenderam aos critérios exigidos pelo CONAMA e pela WHO (World Health Organization, 1989), ficando muito acima do permitido, entretanto devido ao manejo do experimento, isto não veio prejudicar o seu desempenho.
7. As águas de irrigação do tratamento T4 apresentaram concentrações de ovos de helmintos superiores ao limite permitido para irrigação de hortaliças ingeridas cruas. As águas dos tratamentos T2 e T3 não apresentaram organismos desta natureza, o que comprova a eficiência de sistema de tratamento por lagoas de polimento na remoção deste patógeno;
8. As águas residuárias apresentaram uma condutividade elétrica elevada, mostrando, assim, que deve haver um manejo adequado das irrigações e do solo, sob pena de problemas futuros de salinização e queda de produção;

9. Com exceção do nitrato, as águas percoladas não apresentaram nenhuma carga poluidora química ou microbiológica que pudesse poluir o meio ambiente, e isto comprova a propriedade depuradora que o solo possui;
10. O nitrato merece uma atenção especial, pois ele é muito lixiviável no solo podendo poluir as águas subterrâneas, contribuindo, assim, para a disseminação de doenças;
11. Como a maioria dos solos do Nordeste, o solo antes da irrigações se mostrou pobre em macro e micronutrientes e matéria orgânica, contudo as águas residuárias utilizadas nos tratamentos T2, T3 e T4 e a adubação mineral utilizada em T1 supriram as necessidades de macronutrientes das plantas;
12. Mesmo após as irrigações, o solo mostrou deficiência de  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{Zn}^{2+}$ , evidenciando a pobreza inicial do solo em relação a estes elementos, e o baixo teor destes elementos nas águas de irrigação;

## Recomendações

## 6.0 – RECOMENDAÇÕES

Para trabalhos posteriores são sugeridas as seguintes recomendações:

1. Avaliar o efeito residual dos sais e dos nutrientes no solo causado pela irrigação com águas residuárias;
2. Avaliar a evolução das formas de nitrogênio no solo;
3. Experimentar a utilização de águas residuárias na agricultura em escala real através de métodos de irrigação por sulcos e subsuperficial;
4. Experimentar outras culturas.

---

---

## Referências Bibliográficas

---

---

## 7.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRUÑA, F., VICENTE, J. C., (1967). **Sugarcane Yields as Related to Acidity of a Humic Tropic Ustisol**. Agron. J. 59: 330-331.
- ANDERSON, D. L., BOWEN, J. E. (1992). **Nutrição da Cana-de-Açúcar**. Piracicaba, SP. 40p.
- APHA-AWWA-WPCF (1989). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association 17<sup>a</sup> Edition, Washington D.C.
- APHA-AWWA-WPCF (1995). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association 17<sup>a</sup> Edition, Washington D.C.
- ARAÚJO, A. L. (1999). **Desempenho de Colunas Experimentais de Solo Irrigadas com Água Superficial poluída e Cultivadas com Alface (*Lactuca sativa*, L.)**. Campina Grande, PB. 130p [Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Paraíba].
- AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. (1991). **A Qualidade da Água na Agricultura**. Tradução: H. R. Gheyi e J.F. de Medeiros. Campina Grande, PB. UFPB/PRAI/CCT. 218p (Tradução de: Water Quality for Agriculture. FAO, Rome, 1985). 218p.
- BARROS, A.J.M. (1997). **Caracterização Físico-Química e Sanitária das águas Residuárias Usadas na Irrigação de Hortaliças (Alfaces – *Lactuca sativa*, L.) e dos solos irrigados nos Municípios de Sapé e Lagoa Seca (PB)**. Campina Grande, PB. 130p [Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Paraíba].
- BASTOS, R. K. X. (1992). **Bacteriological Aspects of Drip and Furrow Irrigation with Treated Wastewater**. Leeds, England. 179p [PhD – Thesis – University of Leeds Department of Civil Engeneering].
- BASTOS, R. K. X. & MARA, D.D. (1993). **Avaliação dos Critérios e Padrões de Qualidade Microbiológica de Esgotos Sanitários Tendo em Vista sua Utilização na Agricultura**. Anais\_In: 17<sup>o</sup> CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA – ABES. v.2, Tomo 1, p422 – 439.
- BENINCASA, M.M.P. (1986). **Análise de Crescimento de Plantas (Noções Básicas)**. Jaboticabal, SP. 41p.
- CASALI, V.W.D. & COUTO, F.A.A. (1984). **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, MG. v. 10, nº. 113. 89p.

- CAVALCANTE, R. B. (1997). **Reuso de Efluente de Lagoa de Estabilização: Aspectos Sanitários do Capim e do Solo**. Campina Grande, PB. 104p. [Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Paraíba].
- CEBALLOS, B. S. O. (1990). **Microbiologia Sanitária, In: Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente: Novos Conceitos**. Ed. Sérgio Rolim Mendonça – ABES/UFPB, João Pessoa. p89-148.
- CEBALLOS, B. S. O. (1995). **Utilização de Indicadores Microbiológicos na Tipologia de Ecossistemas Aquáticos do Trópico Semi-árido**. São Paulo. SP. 195p. [Tese de Doutorado – Instituto de Ciências Biomédicas de São Paulo].
- CETESB, (1988). **Guia de Coleta e Preservação de amostras de água**. São Paulo, SP. 150p.
- de LIMA, V.L.A. (1998). **Efeitos da Qualidade da Água de Irrigação e da Fração de Lixiviação sobre a Cultura do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Condições de Lísímetro de Drenagem**. Viçosa, MG. p87. [Tese de Doutorado – Universidade de Viçosa].
- DAKER, A. (1984). **Irrigação e Drenagem: a água na agricultura**. Rio de Janeiro, RJ. 543p.
- DROZDOWICZ, A. et al. (1991). **Microbiologia Ambiental. In: Tratado de Microbiologia**. V.1. 2ª Ed. Melhoramentos.
- DUARTE, A.S., de LIMA, V.L.A., van HAANDEL, A.C., & de ALVA, I.D.M. (2002). **Avaliação da Qualidade Microbiológica do Pimentão (*Capsicum annuum* L.) Irrigado com Água Residuária Tratada**. Salvador, BA. Trabalho apresentado no XXI CONBEA (Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola).
- EMBRAPA, (1979). **Manual e Métodos de Análises de Solos. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo**. Rio de Janeiro, RJ. 60p
- EMBRAPA, (2001). **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos** Rio de Janeiro, RJ.
- EHRlich, P.R. & EHRlich, A.N. (1974). **População, Recursos, Ambientes, Problemas de Ecologia Humana**. São Paulo, SP. Ed. Polígmo. 509p.
- EMATER (1979). **Sugestões de Adubação para o Estado da Paraíba**. João Pessoa, PB.
- ESTANISLAU, M.L.L. (1984). **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, MG. v. 10, nº. 113. 89p.
- FEACHEM R.G., BRADLEY, D.J., GARELICK, H. & MARA, D.D. (1983). **Sanitation and Disease – Health Aspects of Excreta and Wastewater Management**. Chichester: John Wiley & Sons.
- FEIGIN, A., RAVINA, I. & SHALHEVET, J. (1991). **Irrigation with Treated Sewage Effluent**. Advanced Series in Agricultural Science; v.17 Spring-Verlang – Berlin –Germany. 216p.

- FERNANDES, P.D. (1971). **Estudos de Nutrição Mineral do Pimentão (*Capsicum annuum L.*), Variedades Avelar e Ikeda. Absorção e Deficiências de Macronutrientes.** Piracicaba, SP. [Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – São Paulo].
- FILGUEIRA, F.A.R. (1981). **Manual de Olericultura: cultura e comercialização de hortaliças.** São Paulo, SP. Agronômica Ceres. 337p.
- FILGUEIRA, F.A.R. (2000). **Manual de Olericultura: cultura e comercialização de hortaliças.** São Paulo, SP. Editora Agronômica Ceres. 337p.
- GOMES, H.P. (1999). **Engenharia de Irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento.** Campina Grande, PB. 3ª. Edição. 412p.
- GOUNEY, P. (1973). **Observaciones sobre el Comportamiento del vegetal en presencia de ions de cloro.** Revista Potasa, 5/3.
- HAMMER, M. J. (1979). **Sistemas de Abastecimento de Água e Esgoto.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. (Tradução de: Water and Wastewater Technology).
- INFORME AGROPECUÁRIO (1984). Belo Horizonte, MG.
- KÖNIG, A. (1987). **Reuso de Águas Residuárias na Agricultura: uma alternativa para a produção agrícola e controle da poluição ambiental.** Campina Grande, PB. 40p.
- LEWIS, W.J., FOSTER, S.S.D., DRASAR, B.S. (1986). **O Risco de Poluição do Lençol por Sistemas de Disposição Local de Esgotos.** Ministério do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasília. 92p.
- LÉON, G., & CAVALINNI, J. M. (1996). **Curso de Tratamiento y Uso de Águas Residuales.** Lima, Peru. OPS, CEPIS. 109p.
- LIMA, M.R.P. (1996). **Estudo da Remoção dos Nutrientes Nitrogênio e Fósforo de Esgoto Sanitário Através de Infiltração Rápida em Solo Arenoso de Alta Permeabilidade.** Vitória, ES. [Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Espírito Santo – Vitória]. 145p.
- L.M.R.S. – Laboratório de Meteorologia e Sensoriamento Remoto. Campina Grande, PB.
- MALAVOLTA, E. (1974). **Manual de Química Agrícola: Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas.** Piracicaba, SP. Editora Agronômica Ceres. 727p.
- MALAVOLTA, E. (1981). **Manual de Química Agrícola: adubos e adubação.** Piracicaba, SP. Editora Agronômica Ceres. 594p.
- MALAVOLTA, E. (1997). **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba, SP. Fundação POTAFOS. 315p.
- McBRIDE, M.B. (1994). **Environmental Chemistry of Soils.** Oxford University Press, New York, EUA.

- MELLO, F.A., ANDRADE, R.G. (1973). **A influência de Alguns Adubos Nitrogenados sobre o pH do Solo**. Piracicaba, SP. Revista Agrícola. 48(2-3): 69-78.
- MENDONÇA, S.R. (1990). **Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente: novos conceitos**. João Pessoa, PB. 388p.
- MARA, D.D. (1974). **Bacteriology for Sanitary Engineers**. Edinburgh, England. Editora Livinstone. 209p.
- MARA, D.D. & CAIRNCROSS, S. (1989). **Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excretas in Agriculture and Aquaculture**. Genebra, Italy.
- OHLWEILER, O.A. (1974). **Química Analítica Quantitativa**. Rio de Janeiro, RJ. Livros Técnicos e Científicos, v. 3. 347p.
- OLIVEIRA, E.L. (1995). **Efeito do Estresse Hídrico sobre as Características da Cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. Campina Grande, PB. [Tese de Mestrado – Universidade Federal da Paraíba – Paraíba]. 86p.
- PAYNE, A.I. (1986). **The Ecology of Tropical Lakes and Rivers**. Chichester, John Wiley & Sons. 301p.
- PAZ, M.C.F. (1998). **Avaliação das Propriedades Microbiológicas, Biológicas e Agronômicas de Quatro Compostos Orgânicos do Estado da Paraíba**. Areia, PB. [Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Paraíba – Paraíba]. 80p.
- PEREIRA, A.L. (1990). **A Cultura do Pimentão**. Fortaleza, CE. DNOCS. 50p.
- PINTO, C.M.F., de PÁDUA, J.G., CASALI, V.W.D. (1984). **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, MG. v. 10, n°. 113. 89p.
- PRIMAVESI, A. (1987). **Manejo Ecológico do Solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, SP. Editora Nobel. 543p.
- RICHARDS, L.A. (1954). **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils**. Washington US. Salinity Lab. 160p. (Agriculture handbook).
- SAMPAIO, E.S. (1998). **Fisiologia Vegetal: teoria e experimentos**. Ponta Grossa, PR. Editora UEPG. 190p.
- SANTOS, V. A. (1997). **Rendimento do Capim Elefante (*Pennisetum purpureum*) Irrigado com Água Residuária Tratada**. [Dissertação de Mestrado – DEC – UFPB]. Campina Grande – PB. 120p.
- SHUVAL, H., ADIN, A., FATTAL, B., RAWITZ, E. & YEKUTIEL, P. (1985). **Health Effects of Wastewater Irrigation and their Control in Developing Countries**. The World Bank. Integrated Resource Recovery Project Series Number GLO/80/004. 340p.